



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ

Tema:

**DISEÑO ESTRUCTURAL Y ENSAMBLE DE PARTES MÓVILES DE
UNA IMPRESORA 3D DE RESINA MSLA “ESTEREOLITOGRAFÍA
ENMASCARADA” PARA LA FABRICACIÓN DE AUTOPARTES.**

AUTORES:

ENDARA VEGA MARCO PATRICIO

GUALZAQUI SARABIA ERICK DANIEL

DIRECTOR: ING JORGE LUIS MELO OBANDO MSC.

Ibarra, 2023

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es "DISEÑO ESTRUCTURAL Y ENSAMBLE DE PARTES MÓVILES DE UNA IMPRESORA 3D DE RESINA MSLA "ESTEREOLITOGRAFÍA ENMASCARADA" PARA LA FABRICACIÓN DE AUTOPARTES" presentado por el señor: Gualzaqui Sarabia Erick Daniel con número de cédula 1004556286, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 08 días del mes Noviembre del 2023

Atentamente



Ing. Jorge Melo MSc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es "DISEÑO ESTRUCTURAL Y ENSAMBLE DE PARTES MÓVILES DE UNA IMPRESORA 3D DE RESINA MSLA "ESTEREOLITOGRAFÍA ENMASCARADA" PARA LA FABRICACIÓN DE AUTOPARTES" presentado por el señor: Endara Vega Marco Patricio con número de cédula 1003485248, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 8 días del mes de noviembre del 2023

Atentamente



Ing. Jorge Melo MSc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

| DATOS DE CONTACTO | | | |
|-----------------------------|--|------------------------|------------|
| CÉDULA DE IDENTIDAD: | 1004556286 | | |
| APELLIDOS Y NOMBRES: | Gualzaqui Sarabia Erick Daniel | | |
| DIRECCIÓN: | Ibarra – La Florida | | |
| EMAIL: | edgualzaquis@utn.edu.ec | | |
| TELÉFONO FIJO: | 062 632 016 | TELÉFONO MÓVIL: | 0987413651 |

| DATOS DE CONTACTO | | | |
|-----------------------------|--|------------------------|------------|
| CÉDULA DE IDENTIDAD: | 1003485248 | | |
| APELLIDOS Y NOMBRES: | ENDARA VEGA MARCO PATRICIO | | |
| DIRECCIÓN: | NATABUELA | | |
| EMAIL: | mpendarav@utn.edu.ec | | |
| TELÉFONO FIJO: | (06)2535118 | TELÉFONO MÓVIL: | 0981870988 |

| DATOS DE LA OBRA | |
|--------------------------------|--|
| TÍTULO: | Diseño estructural y ensamble de partes móviles de una impresora 3d de resina MSLA “estereolitografía enmascarada” para la fabricación de autopartes |
| AUTOR (ES): | Endara Vega Marco Patricio y Gualzaqui Sarabia Erick Daniel |
| FECHA: DD/MM/AAAA | 08/11/23 |
| SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO | |
| PROGRAMA: | <input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO |
| TITULO POR EL QUE OPTA: | Ingeniero Automotriz |
| ASESOR /DIRECTOR: | Ing. Jorge Luis Melo Obando |

2. CONSTANCIAS

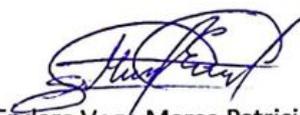
Los autores **Endara Vega Marco Patricio** y **Gualzaqui Sarabia Erick Daniel** manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 08 días del mes de noviembre de 2023

AUTORES:



Gualzaqui Sarabia Erick Daniel
1004556286



Endara Vega Marco Patricio
1003485248

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado es dedicado a mis padres, por ser mi inspiración y mi apoyo incondicional durante todo el camino, tanto personal como académico.

A mis hermanos, por impulsarme a ser mejor en mi vida académica y poder ser su inspiración a mejorar.

A todos los integrantes de mi familia que han estado pendientes en el camino de velar por que todo me vaya bien buscando convertirme en una mejor persona y transitar por el camino correcto.

Erick Gualzaqui

Dedico este trabajo a mis padres, quienes siempre me han apoyado en cada paso de mi educación y a mis amigos, cuyo aliento y amistad me han dado fuerza para llegar hasta aquí.

A todos aquellos que creyeron en mí cuando yo mismo dudaba, esta tesis es un testimonio de su fe en mi capacidad.

Marco Endara

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento a mi supervisor, el Ing. Jorge Melo. MSc., por siempre estar presto a brindar su orientación experta, confianza y demás consejos para la vida estudiantil como para el desarrollo del presente trabajo.

A la Universidad Técnica del Norte, así como a los distinguidos docentes que imparten las diferentes asignaturas en la carrera de Ing. Automotriz, que me han compartido su sabiduría y experiencias en el campo educativo y profesional en el transcurso del día a día.

Erick Gualzaqui

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi supervisor, el Ingeniero Jorge Melo MSC., por su orientación experta, apoyo constante y paciencia a lo largo de este proyecto. Sin su guía, esta tesis no habría sido posible.

Agradezco sinceramente a mi familia por su amor incondicional y apoyo emocional durante todo este viaje académico. Su sacrificio y aliento me han impulsado a seguir adelante.

Mi gratitud se extiende a todos aquellos cuyas obras e investigaciones previas contribuyeron al fundamento teórico de este trabajo.

Marco Endara

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | PÁGINA |
|---|---------------|
| RESUMEN..... | xvi |
| ABSTRACT..... | xvii |
| INTRODUCCIÓN..... | xviii |
| CAPITULO I..... | 1 |
| 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... | 1 |
| 1.1 Objetivos..... | 1 |
| 1.1.1 Objetivo General..... | 1 |
| 1.1.2 Objetivos Específicos..... | 1 |
| 1.2 Antecedentes..... | 1 |
| 1.3 Formulación del problema..... | 2 |
| 1.4 Justificación..... | 2 |
| 1.5 Alcance..... | 3 |
| 1.6 Procesos de manufactura en el campo automotriz..... | 3 |
| 1.6.1 Diseño mecánico:..... | 3 |
| 1.7 Ensamble..... | 3 |
| 1.8 Impresión 3D..... | 4 |
| 1.8.1 Ventajas de la Impresión 3D..... | 4 |
| 1.8.2 ¿Cómo funciona la impresión 3D?..... | 4 |
| 1.9 Softwares para impresión 3D..... | 4 |
| 1.9.1 Cura..... | 4 |
| 1.9.2 Chitubox..... | 5 |
| 1.9.3 Slicer..... | 5 |
| 1.9.4 Impresoras 3D..... | 5 |
| 1.10 Tipos de tecnologías de impresión 3D..... | 5 |
| 1.10.1 Modelado por deposición fundida FDM (Fused Deposition Modeling)..... | 6 |
| 1.10.2 Estereolitografía SLA (Stereo Lithography Apparatus)..... | 6 |
| 1.10.3 Procedimiento digital de luz DLP (Digital Light Processing)..... | 6 |
| 1.10.4 Sinterizado selectivo por láser SLS (Selective Laser Sintering)..... | 6 |
| 1.10.5 Impresión por filamento (polímeros)..... | 7 |
| 1.10.6 Impresión MSLA (Masked Stereo Lithography Apparatus)..... | 7 |
| 1.11 Material de aporte en impresoras 3D..... | 7 |
| 1.11.1 Materiales más usados en impresoras 3D más comerciales..... | 8 |
| 1.11.2 Material SLA/MSLA:..... | 8 |
| 1.12 Ventajas y desventajas del uso de impresión 3D SLA/MSLA..... | 9 |
| 1.13 Posibles fallos de impresión..... | 10 |
| 1.13.1 Fallos en impresión 3D de Resina..... | 10 |
| 1.13.2 Desajustes en la impresión..... | 10 |
| 1.13.3 Desprendimiento de capas..... | 11 |
| CAPITULO II..... | 12 |
| 2. MATERIALES Y METODOS..... | 12 |
| 2.1 Métodos de Investigación..... | 12 |
| 2.1.1 Enfoque Investigativo..... | 12 |
| 2.2 Materiales y equipos..... | 13 |

| | | |
|---------------------------------------|---|-----------|
| 2.2.1 | Equipos y Herramientas | 13 |
| 2.2.2 | Tarjeta Madre | 13 |
| 2.2.3 | Pantalla Monocromática LCD..... | 14 |
| 2.2.4 | Placa de Construcción | 14 |
| 2.2.5 | Motor paso a paso..... | 15 |
| 2.2.6 | Rieles guía de movimiento | 16 |
| 2.2.7 | Varilla roscada con tornillo de avance | 16 |
| 2.2.8 | Ventiladores..... | 16 |
| 2.2.9 | Calibrador pie de Rey | 17 |
| 2.2.10 | Fuente de luz UV | 18 |
| 2.2.11 | Material de Aporte | 18 |
| 2.3 | Metodología | 18 |
| 2.3.1 | Selección de Impresora 3D MSLA..... | 19 |
| 2.3.2 | Requisitos de Diseño | 20 |
| 2.3.3 | Volumen de Impresión | 20 |
| 2.3.4 | Elementos de Construcción | 20 |
| 2.3.5 | Diseño CAD | 21 |
| 2.3.6 | Estructura..... | 21 |
| 2.3.7 | Placas Laterales | 21 |
| 2.3.7.1 | Placa lateral Derecha | 21 |
| 2.3.7.2 | Placa Lateral Izquierda | 22 |
| 2.3.7.3 | Placa Frontal | 22 |
| 2.3.7.4 | Placa Posterior | 23 |
| 2.3.8 | Placa Superior..... | 24 |
| 2.3.9 | Placa inferior..... | 24 |
| 2.3.10 | Eje Z de Impresión | 25 |
| 2.3.10.1 | Guía Lineal de Movimiento | 25 |
| 2.3.10.2 | Patín de guía lineal de movimiento | 26 |
| 2.3.10.3 | Soporte Guía Lineal de Movimiento..... | 26 |
| 2.3.10.4 | Acople de placa de construcción..... | 27 |
| 2.3.11 | Otros Componentes | 27 |
| CAPÍTULO III..... | | 28 |
| 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | | 28 |
| 3.1 | Análisis Diseño Estructura..... | 28 |
| 3.2 | Análisis del diseño de la base de la estructura..... | 28 |
| 3.3 | Análisis de elementos finitos de la estructura..... | 29 |
| 3.3.1 | Configuración previa al análisis de elementos Finitos | 29 |
| 3.3.2 | Configuración de la Interacciones del Diseño..... | 29 |
| 3.3.3 | Criterios de mallado | 29 |
| 3.3.4 | Análisis del diseño de toda la estructura | 30 |
| 3.4 | Ensamble de estructura de la impresora 3D de resina MSLA | 32 |
| 3.5 | Proceso de Obtención de una pieza automotriz usando la impresora 3D | 33 |
| 3.5.1 | Detalles de pieza Automotriz a diseñar | 33 |
| 3.5.2 | Diseño 3D usando el software SolidWorks..... | 34 |
| 3.6 | Ajustes de parámetros de impresión previa a impresión de Rejilla..... | 35 |
| 3.6.1 | Ajustes Generales de parámetros de Impresión..... | 35 |

| | | |
|---|--|-----------|
| 3.7 | Matriz de Validación..... | 35 |
| 3.7.1 | Matriz de Validación con tiempo de exposición 2 segundos | 36 |
| 3.7.2 | Matriz de validación con tiempo de exposición 2.3 segundos | 37 |
| 3.8 | Margen de error de piezas de prueba impresas..... | 37 |
| 3.9 | Control del programa para procesado de las piezas de prueba..... | 37 |
| 3.9.1 | Asignación de área de impresión de la Pieza de prueba..... | 39 |
| 3.9.2 | Condiciones y usos de soportes de impresión en piezas de Prueba..... | 40 |
| 3.9.3 | Renderización y estimación de tiempo de impresión en piezas de prueba..... | 41 |
| 3.9.4 | Limpieza de la pieza con Alcohol | 42 |
| 3.9.5 | Curado de la pieza..... | 42 |
| 3.9.6 | Curado mediante exposición al sol..... | 43 |
| 3.9.7 | Impresión de piezas de prueba para obtención de margen de error..... | 43 |
| 3.9.7.1 | Pieza de Prueba 1 | 43 |
| 3.9.7.2 | Pieza de Prueba 2..... | 44 |
| 3.9.7.3 | Pieza de Prueba 3 | 45 |
| 3.9.7.4 | Pieza de Prueba 4..... | 45 |
| 3.10 | Margen de error obtenido en piezas de prueba impresas..... | 46 |
| 3.11 | Impresión del Prototipo de Rejilla de Aire Peugeot 206..... | 47 |
| 3.11.1 | Asignación de área de impresión de rejilla de Aire Peugeot 206..... | 47 |
| 3.11.2 | Condiciones y usos de soportes de impresión..... | 47 |
| 3.11.3 | Renderización y estimación de tiempo de impresión..... | 48 |
| 3.11.4 | Limpieza de impurezas en rejilla de Aire Peugeot 206..... | 48 |
| 3.11.5 | Curado de la pieza..... | 49 |
| 3.11.6 | Curado mediante exposición al sol..... | 49 |
| 3.11.7 | Prototipo 1 | 50 |
| 3.11.8 | Prototipo 2 | 51 |
| 3.11.9 | Prototipo 3 | 51 |
| 3.11.10 | Prototipo 4 | 52 |
| 3.12 | Impresión de perilla de calefacción | 53 |
| 3.12.1 | Asignación de área de impresión de Perilla de Calefacción | 54 |
| 3.12.2 | Condiciones y usos de soportes de impresión..... | 55 |
| 3.12.3 | Renderización y estimación de tiempo de impresión..... | 56 |
| 3.12.4 | Curado de la pieza..... | 56 |
| 3.12.5 | Manipulación de la pieza post impresión..... | 56 |
| 3.12.6 | Limpieza de impurezas..... | 56 |
| 3.12.7 | Curado mediante exposición al sol..... | 57 |
| 3.13 | Acabado final de la perilla..... | 58 |
| CAPÍTULO IV | | 59 |
| 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | | 59 |
| 4.1 | CONCLUSIONES | 59 |
| 4.2 | RECOMENDACIONES | 61 |
| Bibliografía..... | | 62 |
| ANEXOS..... | | 66 |

ÍNDICE DE TABLAS

| TABLA NÚM. | DESCRIPCIÓN | PÁGINA |
|---------------|---|--------|
| 1.1 | Materiales usados en impresión SLA/MSLA | 9 |
| 2.1 | Detalles necesarios motor de pasos..... | 15 |
| 2.2 | Características Ventilador..... | 17 |
| 2.3 | Volumen de Impresión..... | 20 |
| 2.4 | Elementos de Construcción..... | 20 |
| 2.5 | Medidas Placas Derecha e Izquierda | 22 |
| 2.6 | Medidas Placa Frontal..... | 22 |
| 2.7 | Medidas Placa Posterior..... | 24 |
| 2.8 | Medidas Guía Lineal de Movimiento | 26 |
| 3.1 | Ajustes y resultados de mallado..... | 30 |
| 3.2 | Análisis de deformación | 31 |
| 3.3 | Dimensiones de rejilla seleccionada | 34 |
| 3.4 | Dimensiones de Pieza de Prueba Simulada | 38 |
| 3.5 | Medidas Obtenidas Pieza de Prueba 1 Impresa | 44 |
| 3.6 | Medidas Obtenidas Pieza de Prueba 2 Impresa | 44 |
| 3.7 | Medidas Obtenidas Pieza de Prueba 3 Impresa | 45 |
| 3.8 | Medidas Obtenidas Pieza de Prueba 4 Impresa | 46 |
| 3.9 | Obtención Margen de Error | 46 |
| 3.10 | Configuración para impresión de prototipo 1 | 50 |
| 3.11 | Configuración para impresión prototipo 2..... | 51 |
| 3.12 | Configuración para impresión prototipo 3..... | 52 |
| 3.13 | Configuración para impresión prototipo 4..... | 53 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| FIGURA NÚM. | DESCRIPCIÓN | PÁGINA |
|----------------|---|--------|
| 1.1 | Tecnologías de Impresión como material de Aporte Resina | 5 |
| 1.2 | Ajustes previos de Impresión..... | 10 |
| 1.3 | Ajustes de la resina previo a impresión | 11 |
| 1.4 | Desprendimiento de capas | 11 |
| 2.1 | Dobladora..... | 13 |
| 2.2 | Tarjeta Madre Fuente: Anycubic.com | 13 |
| 2.3 | Pantalla Monocromática LCD | 14 |
| 2.4 | Placa de Construcción..... | 14 |
| 2.5 | Motor Paso a Paso..... | 15 |
| 2.6 | Rieles guía de movimiento..... | 16 |
| 2.7 | Varilla roscada con tornillo de avance..... | 16 |
| 2.8 | Ventilador | 17 |
| 2.9 | Calibre Pie de Rey 200mm/8`` | 17 |
| 2.10 | Fuente de luz ultravioleta..... | 18 |
| 2.11 | Resina Uv Tough Anycubic..... | 18 |
| 2.12 | Diagrama de Flujo Construcción y Ensamble | 19 |
| 2.13 | Placa Lateral Derecha | 21 |
| 2.14 | Placa Lateral Izquierda | 22 |
| 2.15 | Placa Frontal | 23 |
| 2.16 | Placa Posterior | 23 |
| 2.17 | Placa Superior | 24 |
| 2.18 | Placa Inferior..... | 25 |
| 2.19 | Guía lineal de Movimiento | 25 |
| 2.20 | Patín para guía lineal de movimiento..... | 26 |
| 2.21 | Soporte guía lineal de movimiento | 27 |
| 2.22 | Acople de placa de Construcción..... | 27 |
| 3.1 | Diseño de la base de la estructura y componentes..... | 28 |
| 3.2 | Configuración Interacciones y Mallado..... | 29 |
| 3.3 | Mallado de Estructura y eje de Movimiento..... | 30 |
| 3.4 | Simulación Estructura de Impresora..... | 31 |

| | | |
|-------------|---|----|
| 3.5 | Análisis de deformación | 32 |
| 3.6 | Ensamble de Estructura Impresora 3D | 32 |
| 3.7 | Estructura de la Impresora | 33 |
| 3.8 | Rejilla de aire Peugeot 206 | 33 |
| 3.9 | Diseño de rejilla en 3D | 35 |
| 3.10 | Matriz de Validación..... | 36 |
| 3.11 | Matriz de Validación con tiempo de exposición 2s | 36 |
| 3.12 | Matriz de validación con tiempo de exposición 2.3s | 37 |
| 3.13 | Diseño 3D de pieza de prueba para obtención de margen de error | 38 |
| 3.14 | Vista Frontal y dimensiones de pieza de prueba..... | 38 |
| 3.15 | Vista superior y dimensiones de pieza de prueba | 39 |
| 3.16 | Asignación correcta de área de impresión pieza de prueba | 39 |
| 3.17 | Asignación errónea de área de impresión pieza de prueba | 40 |
| 3.18 | Asignación errónea de soportes | 40 |
| 3.19 | Estimación de tiempo de impresión en pieza de prueba | 41 |
| 3.20 | Estimación tiempo de impresión usando soportes en pieza de prueba | 41 |
| 3.21 | Limpieza de impurezas de la pieza de prueba | 42 |
| 3.22 | Curado de piezas de Prueba | 43 |
| 3.23 | Pieza de Prueba 1 Impresa | 44 |
| 3.24 | Pieza de Prueba 2 Impresa | 44 |
| 3.25 | Pieza de Prueba 3 Impresa | 45 |
| 3.26 | Pieza de Prueba 4 Impresa | 45 |
| 3.27 | Asignación de área de impresión de rejilla de aire | 47 |
| 3.28 | Soportes aplicados en rejilla de aire..... | 48 |
| 3.29 | Estimación de tiempo de impresión de rejilla de aire | 48 |
| 3.30 | Limpieza de rejilla post impresión..... | 49 |
| 3.31 | Curado de rejilla de aire post impresión | 49 |
| 3.32 | Prototipo 1..... | 50 |
| 3.33 | Impresión prototipo 2..... | 51 |
| 3.34 | Impresión prototipo 3..... | 52 |
| 3.35 | Impresión prototipo 4..... | 53 |
| 3.36 | Diseño 3D de Perilla de Calefacción | 54 |
| 3.37 | Asignación de área de impresión de perilla | 55 |

| | | |
|--------------|--|----|
| 3.38 | Vista inferior en área de impresión de perilla..... | 55 |
| 3.39 | Estimación de tiempo de impresión de perilla..... | 56 |
| 3.40 | Limpieza de impurezas post impresión de perillas..... | 57 |
| 3.41 | Curado de perilla post impresión..... | 57 |
| 3.42 | Resultado de Impresión de la perilla de calefacción..... | 58 |
| I.1 | Propiedades de la resina Anycubic “Uv Tough Resin”..... | 66 |
| I.2 | Variedad de colores de la resina Anycubic “Uv Tough Resin”..... | 66 |
| II.1 | Estructura Impresora de Resina..... | 67 |
| II.2 | Ensamble de Impresora de Resina..... | 68 |
| II.3 | Esquema de ensamble de Estructura base..... | 69 |
| II.4 | Planos de Placa Frontal..... | 70 |
| II.5 | Planos Tapa Lateral Derecha..... | 71 |
| II.6 | Planos Tapa Lateral Izquierda..... | 72 |
| II.7 | Planos de Tapa Posterior..... | 73 |
| II.8 | Planos de Tapa Superior..... | 74 |
| II.9 | Plano de Tapa Inferior..... | 75 |
| II.10 | Planos Riel de Desplazamiento Lineal..... | 76 |
| II.11 | Planos de Patín..... | 77 |
| II.12 | Plano de Riel de movimiento..... | 78 |
| II.13 | Plano de Base de eje de movimiento..... | 79 |
| II.14 | Plano de Tapa del Eje de Movimiento..... | 80 |
| II.15 | Plano de Soporte placa de construcción..... | 81 |
| II.18 | Planos de perilla de Calefacción..... | 82 |
| II.19 | Planos de Pieza Prototipo..... | 83 |
| II.20 | Planos de Rejilla de Calefacción..... | 84 |
| III.1 | Dimensiones Motor Paso a Paso..... | 85 |
| IV.1 | Impresora Ensamblada con Partes Móviles..... | 85 |
| IV.2 | Diseño de Rejilla en Programa de Procesado Previo a Impresión..... | 86 |
| IV.3 | Vista inferior de Perilla de Calefacción..... | 86 |
| IV.4 | Proceso de Impresión de Rejilla..... | 87 |
| IV.5 | Rejilla Impresa en Resina Uv Tough de Anycubic..... | 87 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| ANEXO NÚM. | DESCRIPCIÓN | PÁGINA |
|-----------------------|--|---------------|
| I | Propiedades y características de la resina Anycubic “Uv Tough Resin” | 66 |
| II | Planos generales de partes y piezas prototipo..... | 67 |
| III | Dimensiones de Motor de Pasos | 85 |
| IV | Resultados obtenidos de ensamble e impresiones de piezas prototipo..... | 86 |

RESUMEN

El presente escrito trata sobre el diseño y construcción de la estructura de una impresora 3D, además del ensamble de todas sus respectivas partes móviles que van desde la placa de impresión hasta el eje de movimiento de la misma, todo ello con el fin de ser usada en el campo automotriz, con un enfoque hacia la reproducción de autopartes por medio de un material de aporte como la resina gracias a sus diversas prestaciones, de entre ellas el gran acabado final que se logra en conjunto con la tecnología de impresión planteada, es por ello que se enfoca en el uso de la impresión 3D MSLA por sus siglas en inglés (Masked Stereo Lithography Apparatus), es decir por estereolitografía enmascarada. La característica principal de esta tecnología de impresión y que la diferencia de otras es que usa una pantalla LCD monocromática por sus siglas en inglés pantalla de cristal líquido, su peculiaridad es que permite visualizar un solo color en ella y a su vez, con diversas luces ultravioleta emitidas a través de la misma permitiendo que se vayan formando progresivamente en los lugares donde haga contacto la luz con el material de aporte las diversas capas que irán formando así la estructura de la pieza impresa. Adicionalmente se realizó un diseño 3D de todas las piezas que conforman la estructura para posteriormente construirla y por ello se desarrollaron diferentes pruebas que permiten conocer la fiabilidad de la impresora y su comportamiento al momento de imprimir diversas piezas. Además se realizaron pruebas de impresión en varias piezas prototipo, de entre ellas una rejilla y una perilla que por sus diferentes geometrías y características permitieron conocer tanto el margen de error que ofrece la impresión MSLA, como también poder verificar su confiabilidad al momento de realizar varias impresiones y poder asegurar así un correcto funcionamiento de la misma.

PALABRAS CLAVE: Resina, Impresión 3D, MSLA estereolitografía enmascarada, formato, calibración, monocromática, fotoresina, curación, diseño.

ABSTRACT

This document deals with the design and construction of the structure of a 3D printer, in addition to the assembly of all its respective moving parts that go from the printing plate to its axis of movement, all with the purpose of being used in the automotive field, with a focus on the reproduction of auto parts through a filler material such as resin thanks to its various benefits, including the great final finish that is achieved in conjunction with the proposed printing technology, which is why which focuses on the use of 3D printing MSLA (Masked Stereo Lithography Apparatus), that is, masked stereolithography. The main characteristic of this printing technology and what differentiates it from others is that it uses a monochromatic LCD screen, liquid crystal display, its peculiarity is that it allows you to display a single color on it and, at the same time, with various ultraviolet lights. emitted through it, allowing the various layers to progressively form in the places where the light makes contact with the filler material that will thus form the structure of the printed piece. Additionally, a 3D design was made of all the parts that make up the structure to later build it and therefore different tests were developed that allow us to know the reliability of the printer and its behavior when printing various parts. In addition, printing tests were carried out on several portotype pieces, including a grid and a knob that, due to their different geometries and characteristics, allowed us to know both the margin of error offered by MSLA printing, as well as being able to verify its reliability when making several impressions and thus be able to ensure its correct functioning.

KEYWORDS: Resin, 3D printing, MSLA masked stereolithography apparatus, format, calibration, monochrome, photoresin, curing, design.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el Ecuador ha experimentado un incremento en la cantidad de vehículos presentes en las calles, entre los cuales se encuentran tantos vehículos nuevos, seminuevos y vehículos viejos. Con dicho incremento de los mismos, se ha vuelto más notorio, el nivel de dificultad para obtener pequeñas piezas de repuesto (en su mayoría plásticas como tapones, aletas de ventilación, capuchones de contenedores, etc.), las cuales solo pueden obtenerse al adquirir el paquete de múltiples piezas a un precio elevado o incluso en ocasiones siendo imposible adquirirlas debido a que no existen en el mercado local.

El objetivo de esta tesis, es diseñar y construir la estructura de una impresora 3D de resina MSLA y ensamblar las diversas partes móviles para la reproducción de autopartes, permitiendo que sea posible obtener piezas plásticas de repuesto que cumplan con las características necesarias y en el número requerido.

El marco teórico de esta tesis aborda desde los distintos programas utilizados para el diseño 3D, los distintos tipos de ensamble que pueden utilizarse, los sistemas de impresión 3D existentes, los diversos programas destinados a la conversión de archivos de diseño 3D al lenguaje de la impresora, hasta los distintos fallos que puede presentar una impresora 3D al momento de mandar a imprimir un objeto.

La metodología, a su vez, establece los distintos materiales y herramientas que se ha utilizado para la fabricación del cuerpo de la impresora, así como el proceso que se ha seguido para el ensamble de la misma.

En el capítulo de análisis y resultados, se realizan múltiples pruebas de funcionamiento para garantizar que la maquina no presente deformaciones o fallos en su estructura al momento de su utilización, así como un análisis de índice de error entre impresiones, garantizando un alto nivel de calidad en sus impresiones.

En última instancia, en el capítulo de conclusiones y recomendaciones, se presenta el resultado obtenido teniendo en consideración los distintos objetivos específicos planteados, y las recomendaciones a tener en cuenta en lo que respecta al uso de la impresora como a las medidas de seguridad que se deben tomar.

CAPITULO I

1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Diseñar y construir la estructura de una impresora 3D de resina MSLA y ensamblar las diversas partes móviles para la reproducción de autopartes.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Definir un modelo de impresora 3D de resina e identificar características y generalidades del material de impresión que cumplan con las características necesarias para la reproducción de autopartes.
- Desarrollar el diseño estructural y selección de las diferentes partes móviles que conforman la impresora 3D de resina MSLA.
- Realizar la construcción de la estructura y ensamblaje de las diferentes partes móviles.
- Producir un prototipo de autoparte que cumpla con las características que brinda la impresora 3D de resina MSLA.

1.2 Antecedentes

La idea de la impresión de sólidos y de las impresoras 3D surgió en conjunto con la creación y comercialización de las impresoras de tinta en 1977. La impresión 3D se trata de la fabricación de objetos tangibles que previamente pasaron por un archivo digital por medio de aportación de material como en este caso, resina. En impresión 3D, partiendo de un archivo digital (modelo 3D), se utilizan diferentes procesos aditivos en los que se aplican sucesivamente capas de material para crear un objeto tangible, siendo así algo innovador. Chuck Hull, fue el principal inventor de esta tecnología, la cual se ha mantenido en constantes mejoras, pues a través de diferentes procesos de optimización se pudieron obtener diferentes materiales que con determinadas características se obtienen muy buenos resultados con variedad de acabados.

El uso de esta tecnología se enfoca en diferentes ramas, como la ingeniería, la medicina, gastronomía, así como en áreas como la arquitectura y construcción. La facilidad de obtener réplicas a escala de un sin fin de objetos fue lo que propulsó el uso de dicha impresión, pues por sus acabados y variados usos propone ser un avance en el campo no solo profesional sino también académico (Jorquera Ortega, 2017).

1.3 **Formulación del problema**

En la actualidad, en el Ecuador el mercado de las impresoras 3D se encuentra en expansión, y por ende el mercado de la impresión de piezas 3d se encuentra en apogeo, por lo cual se está optando por utilizar impresoras 3D para la fabricación de repuestos de autopartes que conforman el vehículo, ejemplos de ella tenemos tapas, rines, etc. Ya sea para la bomba de combustible, los pistones y otros elementos del motor, pues dichas piezas del vehículo actualmente para ser adquiridas, es necesario adquirir todo el conjunto ya sea de la bomba o de otro sistema que se requiera. Mediante la impresión 3D sería posible producir los elementos que el cliente necesite. (Alvarado, 2018).

La tecnología de impresión en 3D está logrando grandes avances, en diversas ramas de la ciencia y en el campo laboral, pero por qué no, ¿en el campo académico enfocado en la carrera de ingeniería automotriz?, es de esta manera que nace el problema de la presente investigación: ¿Es posible la reproducción eficaz de autopartes por medio de una impresora 3D de resina MSLA y que dichas autopartes puedan ser utilizada como material didáctico para las clases de la carrera de Ingeniería Automotriz en las asignaturas de diseño asistido por computador y CAM/CAE?

1.4 **Justificación**

La impresión 3D de resina, es un invento que, si bien fue desarrollado alrededor de los años noventa, la aparición de la primera impresora con un fin comercial fue en el año 2006 (López, 2021). Debido a su practicidad y eficacia en la obtención de piezas permite que pueda ser usada en varios campos con usos ilimitados. Su aplicación abarca campos como el de la medicina e ingeniería, por su práctico uso en la obtención de prótesis, maquetas e incluso piezas automotrices funcionales respectivamente. La calidad que se puede obtener con la impresión de resina sigue en desarrollo, existen una variedad de las mismas que pueden ser usadas ya aplicadas con un enfoque profesional por las prestaciones y calidad que aporta el material de impresión.

Actualmente en la carrera de ingeniería Automotriz de la Universidad Técnica del Norte no cuenta con los equipos necesarios que puedan ser usados en la enseñanza aplicada en modelos a escala de diferentes piezas automotrices que pueden ser obtenidas por medio de las diferentes asignaturas de diseño, es por eso que para crear un mejor entorno de aprendizaje y mayor interactividad con la aplicación de modelos creados durante el proceso de enseñanza sea posible ejecutarlos y obtenerlos en la vida real, más no solo apreciarlos en un ordenador.

1.5 Alcance

El presente tema de tesis está enfocado en generar el diseño estructural y el ensamblaje de diferentes piezas móviles que conforman una impresora 3D de resina MSLA enfocada a la fabricación de autopartes que puedan ser utilizadas como repuestos automotrices MSLA Por medio de una pantalla monocromática LCD que permite una gran calidad de impresión y durabilidad, facilitando la enseñanza en las materias especializadas en diseño de la carrera y así mismo, en la producción de repuestos automotrices en miras al campo profesional.

Finalmente, la incorporación del equipo generado para el uso de la carrera de ingeniería automotriz en la universidad Técnica del Norte, en la ciudad Ibarra.

1.6 Procesos de manufactura en el campo automotriz

1.6.1 Diseño mecánico:

El primer paso dentro del proceso de manufactura en el campo automotriz es el diseño mecánico, donde se establecerá la forma y características que tendrán las diferentes piezas y el vehículo en sí. Generalmente el proceso de diseño se lo realiza en dos pasos, primero a mano para generar un boceto con la idea general y luego se lo digitaliza mediante un programa de dibujo asistido, para la aplicación de detalles.

Dentro del área diseño asistido por computador, contamos con programas de diseño y simulación especializados tanto gratuitos como de paga, los cuales facilitan el tema de desarrollar el diseño digital de una pieza u objeto y determinar de mejor manera el comportamiento que tendrá al ser construido. Uno de los programas de diseño asistido que podemos encontrar ano gratuito como pagado es, el programa SolidWorks, el cual brinda la opción de realizar diseños tanto 2D como 3D y establecer las propiedades de los materiales de la pieza para un mejor estudio de su comportamiento al momento de construirlo. Una vez terminado el diseño en digital, se puede proceder a la elaboración de las piezas siguiendo las medidas y dimensiones especificadas en el diseño, y a su respectivo ensamblaje. (Jorquera Ortega, 2017)

1.7 Ensamble

Dentro del campo automotriz, para la fabricación o manufactura de un vehículo automotor, se utiliza principalmente dos tipos de montajes o ensambles, los cuales son el ensamble fijo o por soldadura, y el ensamble por conectores (tornillos, chapas, bisagras, etc.).

1.8 Impresión 3D

La impresión 3D, también llamada manufactura por adición (inglés), es un conjunto de procesos que producen objetos a través de la adición de material en capas que corresponden a las sucesivas secciones transversales de un modelo 3D. (AUTODESK, 2022)

1.8.1 Ventajas de la Impresión 3D

- Tener un modelo 3D realista y a todo color para transferir mucha más información además de crear modelos con una imagen de computadora Física 3D rápido y fácil y rentable para una variedad de aplicaciones.
- Acelerar el tiempo de comercialización.
- Comprimir ciclos de diseño de los prototipos que desees a través de la impresión 3D sin salir de tu oficina, reduciendo el tiempo de creación de prototipos.
- Reducir los costos de desarrollo.

1.8.2 ¿Cómo funciona la impresión 3D?

Para realizar una impresión 3D, en primera instancia, a un modelo digital en 3D de la pieza a imprimir se lo corta en cientos de capas finas mediante un software para exportarlo en formato de código G. Este formato de código G es un lenguaje que la impresora 3D lee para saber cuándo y dónde depositar el material, así como el tiempo que le tomara realizar la impresión de la pieza. (Dassault Systèmes, 2018)

Para el momento de mandar a imprimir una pieza es posible tomar un modelo digital en 3D, que se encuentre guardado o establecido con formato stl. (formato, compatible con la mayoría de los programas de impresión 3D) Este archivo será cargado dentro del software de impresión preferido del usuario (Chitubox, CURA, Slicer, Fusión 360, entre otros). Dentro del programa se establecerá las condiciones de impresión (velocidad de impresión, espesor de hilo de impresión, punto de inicio de la impresión, etc.) para asegurar que se obtendrá la mayor calidad al momento de imprimir el modelo deseado.

1.9 Softwares para impresión 3D

1.9.1 Cura

Es un software desarrollado por Ultimaker para hacer la impresión 3D más fácil y ágil. Incluye todas las funciones necesarias para preparar e imprimir un archivo, es decir, integra laminación y control. Está totalmente preconfigurado para funcionar con la impresora 3D Ultimaker.

1.9.2 Chitubox

ChiTuBox es un software diseñado específicamente para enhebrar (o cortar) modelos 3D para imprimir. Se puede descargar ChiTuBox y usarlo sin problemas, ya que es completamente gratuito. Se utiliza en impresoras 3D con tecnología SLA (o estereolitografía).

1.9.3 Slicer

Tiene un mecanismo de laminación moderno, es de código abierto desarrollado completamente dirigido por una comunidad activa, está dirigido por varios fabricantes de aparecer como opción principal en Repetir-Host. Ahorra mucho Problemas para registrar parámetros de laminación porque lógicamente agrupados.(Sánchez, 2015)

1.9.4 Impresoras 3D

Una impresora 3D es un dispositivo capaz de crear un objeto sólido tridimensional mediante la adición de material. Proceso de fabricación Tradicionalmente son sustractivos, es decir, crean formas a partir de la eliminación de exceso de material. Las impresoras 3D confían en modelos 3D para definir qué se puede imprimir.(Sánchez, 2015)

1.10 Tipos de tecnologías de impresión 3D

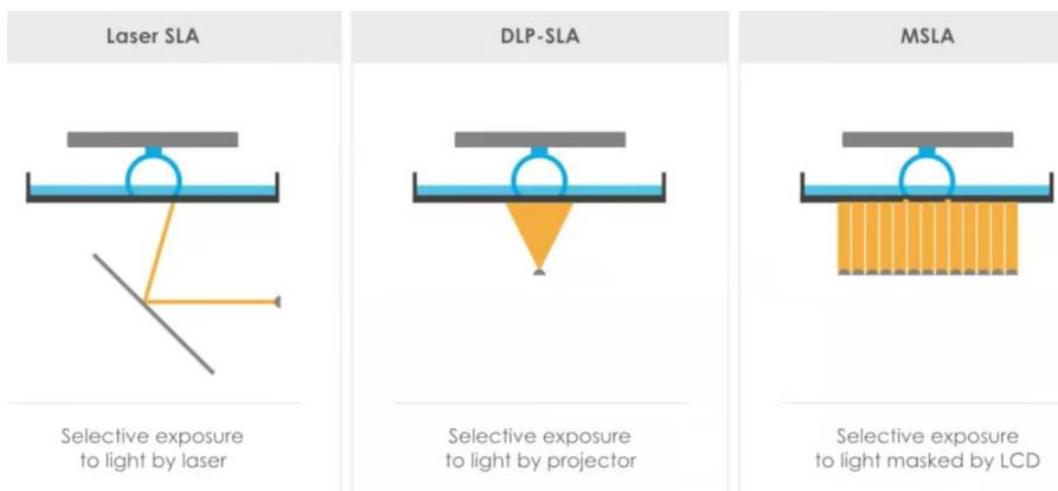


Figura 1.1 Tecnologías de Impresión como material de Aporte Resina
(Hanaphy, 2023)

El proceso de impresión 3D permite fabricar objetos físicos a partir de un modelo digital (en formato STL). Para ello existen diversas tecnologías de impresión 3D disponibles en el mercado actual. FDM, DLP, SLA, SLS y mucho más, son algunos de los acrónimos (siglas) con los que nos referimos a estas tecnologías. (Romero, 2019)

Dentro del mercado ecuatoriano, las tecnologías que predominan sobre las demás son: SLA y FDM.

1.10.1 Modelado por deposición fundida FDM (Fused Deposition Modeling)

El modelado por deposición fundida por sus siglas en inglés FDM, se trata de un tipo de impresión 3D en el cual se utiliza filamento plástico como material de impresión, el cual se calienta para formar un hilo moldeable, para después depositarlo en la base por capas hasta formar la pieza deseada. (Romero, 2019)

1.10.2 Estereolitografía SLA (Stereo Litography Apparatus)

Estas impresoras conocidas como aparato por estereolitografía por sus siglas en inglés SLA, se llaman comúnmente impresoras de resina y se sitúan entre las principales tecnologías de impresión 3D. La característica principal de este tipo de impresora es el elevado nivel de detalles y la buena tolerancia dimensional que puede conseguir, por lo que permite crear modelos funcionales, siempre y cuando, los ensayos a realizarse no sean muy exigentes. Además, gracias a los diversos tipos de resina disponibles en el mercado, permite diferentes acabados como metalizados, pintados, etc. Por lo tanto, si comparamos las piezas obtenidas de esta impresora con las de impresoras filamento (FDM) podemos decir que con la estereolitografía podemos obtener piezas de mejor calidad. (Romero, 2019)

1.10.3 Procedimiento digital de luz DLP (Digital Light Processing)

Las impresoras de procesamiento digital de luz por sus siglas en inglés DLP son las que están acercándose a un uso doméstico a la impresión 3D en resina. Estas funcionan con los mismos materiales que las impresoras de resina (SLA), pero son más fáciles de fabricar. En la actualidad, se están construyendo impresoras 3D bajo la tecnología DLP utilizando haces de luz o pantallas de móvil para curar o endurecer la resina en lugar del complejo sistema de láseres del SLA. (Romero, 2019)

1.10.4 Sinterizado selectivo por láser SLS (Selective Laser Sintering)

La tecnología de sinterizado selectivo por láser por sus siglas en inglés SLS es similar a la SLA. La diferencia es que las impresoras SLS utilizan el material en polvo en lugar de resina líquida. Este tipo de tecnología de impresión SLS se encarga de fundir y unir las partículas de polvo mediante un láser para crear una estructura sólida. Una vez terminada la impresión del objeto, se deberá dejarlo enfriar antes de sacarlo de la impresora.

Este tipo de impresora dispone de dos recipientes, uno para el polvo de resina y otro donde se generará la pieza. A través de un rodillo se homogeniza una capa de polvo resina como base

donde se crea la pieza. A continuación, el láser procede a unir las partículas de esa capa. El proceso continúa, mientras se va desplazándose hacia abajo el recipiente para comenzar con la siguiente capa. (Romero, 2019)

1.10.5 Impresión por filamento (polímeros)

La tecnología de las impresoras 3D de filamento (FDM) trata en ir depositando un hilo de plástico derretido, capa por capa, hasta formar la estructura de una pieza sólida. Debido al desarrollo que ha tenido esta tecnología, existen materiales muy variados para imprimir y su disponibilidad es aún mayor. Existen diversos materiales de filamento como son: PLA, ABS, PG, PTU, TP, Nylon, ASA y materiales compuestos. (Camarillo, 2020)

Este tipo de impresión se utiliza comúnmente para la fabricación tanto de moldes para fundición, como para la creación de modelos escala para exhibición. Otra de las tecnologías de impresión 3D con gran acogida, al igual que la impresión FDM, es la impresión SLA o también conocida como impresión de resina.

1.10.6 Impresión MSLA (Masked Stereo Lithography Apparatus)

La tecnología de impresión conocida como aparato de estereolitografía enmascarada por sus siglas en inglés MSLA es una variante de la tecnología SLA que permite producir piezas de resina a una mayor velocidad por un menor coste. Se utiliza con material de resinas de alto rendimiento para uso industrial. (Weerg, 2023)

La Estereolitografía enmascarada MSLA es un proceso de impresión 3D o de fabricación aditiva que utiliza resinas líquidas sensibles a los rayos UV. Estos rayos UV se utilizan para imprimir un área determinada (a través de una máscara) del área de impresión que se solidificará. Capa tras capa, se ira construyendo el objeto deseado, de abajo hacia arriba. La singularidad de esta tecnología 3D es el alto grado de definición que se puede alcanzar, ya que cada nivel posee 50 μm . Las resinas que se utilizan como material en estas impresoras se caracterizan por permitir un acabado extremadamente homogéneo y liso. (Weerg, 2023)

1.11 Material de aporte en impresoras 3D

Las impresoras dirigidas al uso de resina SLA van formando el modelo a imprimir de un líquido foto curable, capa por capa, hasta formar la pieza sólida. En otras palabras, utiliza material liquido el cual se procede a curar para obtener una pieza sólida. Para este modelo de impresoras existen diversos materiales de resinas que se dividen en: estándar, flexibles, coloreables y para uso dental. (Camarillo, 2020)

Las impresoras de tipo SLA pueden utilizar una pantalla LCD o un láser que las vuelve más precisas, y, por lo tanto, su precio se eleva. El volumen de impresión que posee la impresora es reducido debido al área de impresión que abarca el elemento(láser) que se encarga del proceso de curar la resina. Respecto al tiempo que toma fabricar una pieza, es relativamente menor comparado con la impresora de tipo FDM, y se puede lograr una calidad de impresión mayor sin comprometer demasiado el tiempo de impresión. (Camarillo, 2020)

Para la impresión mediante resina, el programa Chitobox es uno de los programas más recomendados, pues posee una mayor velocidad de laminado con respecto a otros programas, además de brindar la posibilidad de realizar piezas huecas y con agujeros de drenaje, así como la generación de soportes manual o automáticamente.

1.11.1 Materiales más usados en impresoras 3D más comerciales

En lo que respecta a la impresión 3D, existen diversos materiales que pueden ser utilizados, dependiendo del tipo de pieza que se desee imprimir, y su función. Dentro de los materiales de impresión podemos encontrar: Material FDM (plásticos estándar), Material SLA (resinas) y Material SLS (sintetizado selectivo por láser), así como materiales metálicos, y resinas orgánicas con fines médicos. (Formlabs, 2023)

1.11.2 Material SLA/MSLA:

Los materiales en la impresión 3D son varios, pero existen algunas similitudes entre ellos a pesar de estar enfocados para diferentes tipos de tecnologías de impresión, pero en el caso de las impresiones MSLA o SLA pueden ser usadas las mismas resinas ya sea por sus características o por la forma de acción durante la impresión.

Es importante mencionar que para la tecnología MSLA existen muchas marcas compatibles con la tecnología lo que facilita su adquisición, así como su aplicación, en este caso se enunciarán las de la marca Formlabs que son muy conocidas como se aprecia en la Tabla 1.2. En dónde también se aprecian las diferentes aplicaciones en dónde pueden ser aplicadas cada una de ellas, pues al existir una gran variedad es muy importante tener claro el fin que se las quiere dar, mencionando que incluso el color de la misma debe ser tomado en cuenta, pues de requerir grandes detalles, un color como el polo sería la mejor opción y que serviría como base para ser pintado posteriormente de ser necesario y remover cualquier imperfección.

Tabla 1.1 Materiales usados en impresión SLA/MSLA

| MATERIALES | | |
|-----------------------|--|---|
| DE | CARACTERÍSTICAS | APLICACIONES |
| FORMLABS | | |
| Resinas estándar | Alta resolución, acabado de la superficie liso y mate | Modelos conceptuales Prototipos estéticos |
| Clear Resin | El único material completamente transparente para la impresión 3D en plástico | Piezas que requieren transparencia óptica |
| Draft Resin | Uno de los materiales más rápidos para la impresión 3D 4 veces más rápida que las resinas estándar, 10 veces más rápida que el FDM | Prototipos iniciales Iteraciones rápidas |
| ResinaTough y Durable | Materiales resistentes, funcionales y dinámicos Capaces de soportar sin romperse impactos y esfuerzos de compresión, estiramiento y flexión | Carcasas y bastidores Dispositivos de sujeción y de fijación Prototipos de desgaste |

Fuente: (S.A., 2023)

1.12 Ventajas y desventajas del uso de impresión 3D SLA/MSLA

Ventajas:

- Material resistente.
- Alto nivel de detalles.
- Múltiples áreas de aplicación.

Desventajas:

- Alto costo de material.
- Tiempo de impresión.
- Mayor cuidado en manipulación del material de aporte.

1.13 Posibles fallos de impresión

Los fallos que pueden presentarse al momento de realizar una impresión 3D, varía dependiendo tanto del material como del tipo de impresora que se utilice y para poder obtener un resultado que cumpla con los requerimientos al momento del diseño.

1.13.1 Fallos en impresión 3D de Resina

El uso de resina como material de impresión conlleva que se deban configurar ciertos parámetros de manera previa dependiendo el tipo de resina a usar, como resultado de la falta de experticia al momento de manipular una impresora 3D de resina tenemos los fallos más comunes que pueden llegar a presentarse se enunciarán en los siguientes apartados.

1.13.2 Desajustes en la impresión

Al momento de realizar una impresión, puede presentarse fallos en los ajustes de impresión, lo cual puede generar que la pieza impresa presente deformaciones o colapse. Entre los fallos que pueden darse encontramos un fallo en la velocidad de impresión al no revisar las configuraciones recomendadas por el fabricante del material a usar, fallo en el espesor de impresión de las primeras capas que ocasiona se desprenda la pieza conforme avanza la impresión ocasionando pérdidas de material, así como posibles daños en mecanismos de la impresora.

| Machine | Resin | Print | Gcode | Advanced |
|-------------------------------|-----------|-------|--------------------------|------------------------|
| Layer Height: | 0,050 | mm | Bottom Lift Distance: | 5,000 + 0,000 mm |
| Bottom Layer Count: | 8 | | Lifting Distance: | 5,000 + 0,000 mm |
| Exposure Time: | 6,000 | s | Bottom Retract Distance: | 5,000 + 0,000 mm |
| Bottom Exposure Time: | 50,000 | s | Retract Distance: | 5,000 + 0,000 mm |
| Transition Layer Count: | 0 | | Bottom Lift Speed: | 65,000 & 0,000 mm/min |
| Transition Type: | Linear | | Lifting Speed: | 65,000 & 0,000 mm/min |
| Waiting Mode During Printing: | Restin... | | Bottom Retract Speed: | 150,000 & 0,000 mm/min |
| Rest Time Before Lift: | 0,000 | s | Retract Speed: | 150,000 & 0,000 mm/min |
| Rest Time After Lift: | 0,000 | s | | |
| Rest Time After Retract: | 0,000 | s | | |

Figura 1.2 Ajustes previos de Impresión

El tipo de resina con el que se vaya a trabajar tiene determinadas configuraciones ya que sus características necesitan ajustes específicos principalmente en los tiempos de exposición y dependiendo el tipo de resina a usar cada marca aportará sus respectivas configuraciones, pero es importante mencionar que los parámetros a revisar son los tiempos de exposición, pues de ello dependerá que se creen capas uniformes y resistentes.

| Tipo de resina | Resina básica | Resina a base de plantas | Resina artesanal DLP | Resina resistente flexible | Resina de lavado con agua+ | Resina estándar+ | Resina tipo ABS+ | Resina a base de plantas+ | Resina similar al ABS Pro | Resina de alta transparencia |
|----------------------|---------------|--------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|------------------|------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------|
| Altura de la capa | 0,05 mm | 0,05 mm | 0,05 mm | 0,05 mm | 0,05 mm | 0,05 mm | 0,05 mm | 0,05 mm | 0,05 mm | 0,05 mm |
| Tiempo de exposición | 2s | 2,3 s | 2.5s | 2s | 2s | 2s | 2s | 2s | 2s | 4s |

Figura 1.3 Ajustes de la resina previo a impresión
(S.A.,2023)

1.13.3 Desprendimiento de capas

Sucede comúnmente, cuando la altura entre capas y la velocidad de impresión es mayor a la necesaria y sucede al configurar mal y no guiarse con la imagen de ajustes de resinas y no haber realizado pruebas previas ya que en ocasiones dichos ajustes no son los exactos, ya que depende de ciertos factores secundarios, ya sea el clima, la cantidad de resina depositada, entre otros. Lo que hace necesario siempre realizar pruebas previas con archivos específicos y configurar ya imprimiendo muestras y no solo generando impresiones partir de los ajustes de fábrica ya que no siempre serán los correctos.



Figura 1.4 Desprendimiento de capas
(S.A., 2023)

CAPITULO II

2 MATERIALES Y METODOS

2.1 Métodos de Investigación

Para el correcto desarrollo del presente trabajo se aplicaron tres metodologías de investigación que son enunciadas a continuación.

Metodología Documental

En el presente trabajo se usó esta metodología ya que era necesario generar información práctica y confiable en cuanto a las diferentes tecnologías de impresión existentes, pues al estar enfocados a obtener una impresora de tecnología MSLA es necesario entender su funcionamiento.

Metodología Experimental

Se aplicó una diferente serie de experimentos para poder lograr resultados eficientes para la reproducción de autopartes con la mayor exigencia de la impresora, para lo cual se contrastó con la información documentada previamente y logrando así que las pruebas realizadas sean posibles de reproducir y entender de manera fácil.

Metodología Analítica

Se ejecutó una metodología analítica para poder lograr pruebas prácticas y con resultados confiables pues dicha metodología permite tomar todos los aspectos analizados y a partir de ahí, generar conclusiones de gran calidad y confiabilidad.

2.1.1 Enfoque Investigativo

En el presente trabajo realizado se lo realiza con el fin de poder desarrollar el diseño estructural de una impresora 3D de tecnología MSLA, así como el ensamble de las diferentes partes móviles que la conforman para así obtener una impresora funcional que pueda ser usada en los laboratorios de la carrera por las diferentes materias a fines de la misma y de esa manera posteriormente analizar los beneficios que genera este tipo de tecnología en el campo automotriz, específicamente en la reproducción de autopartes que cumplan con el volumen de impresión óptimo de la impresora y poder así conjugar todo lo aprendido durante el proceso de aprendizaje de la carrera con el uso de la impresión 3D para poder tener un panorama más amplio en cuanto a diseño y obtención de partes automotrices.

2.2 Materiales y equipos

2.2.1 Equipos y Herramientas

Para el desarrollo de las placas que son el eje fundamental de la impresora se necesitó un equipo representado en la figura 2.1 capaz de doblar dichas placas del material seleccionado en la tabla 2.4 y generar así la forma deseada para su creación.



Figura 2.1 Dobladora

2.2.2 Tarjeta Madre

La placa base es la parte más importante pues permite producir un dispositivo electrónico funcional, ya que permite que se conecten todos los componentes necesarios para que funcione dicho dispositivo, en este caso se usará una placa base, pues de modelos existentes en el mercado es accesible adquirirla.

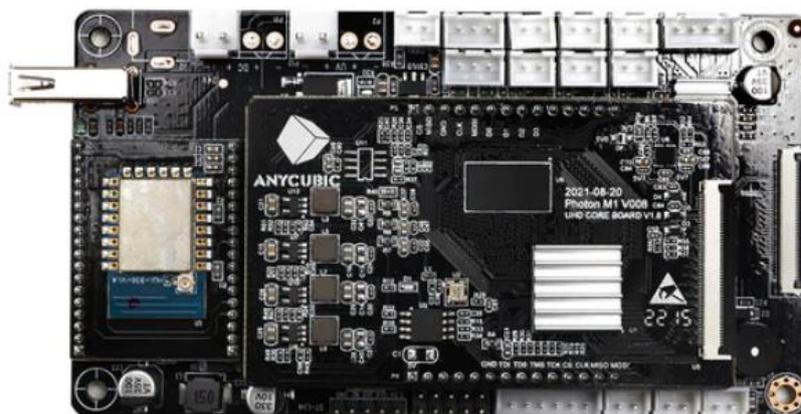


Figura 2.2 Tarjeta Madre
(Ion, 2020)

Como se aprecia en la tarjeta madre existe un gran proceso de electrónica detrás y por ello su uso es indispensable para que sea posible controlar de manera óptima todos los procesos realizados por la máquina.

2.2.3 Pantalla Monocromática LCD

En este tipo de pantallas se pueden apreciar diferencias notables a una pantalla LCD convencional, pues como su nombre lo enuncia, en este tipo de pantallas solo se pueden generar un color aparte de su color de fondo que es el negro.

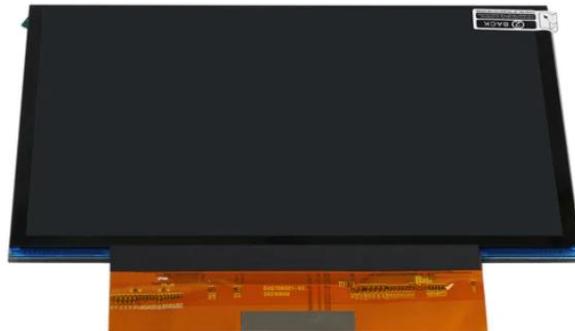


Figura 2.3 Pantalla Monocromática LCD
(Luo, 2023)

Para su aplicación se la usa en impresoras de tecnología MSLA por permitir el paso de esa única luz y ocasiona que las capas vayan formándose y a su vez curándose lo que permite se genera la pieza.

2.2.4 Placa de Construcción

La placa de construcción es de suma importancia ya que su calidad y funcionamiento permitirá obtener un pieza correcta, pues dependiendo del material de la misma y sus acabados, puede generar que al momento de las primeras capas no se realicen correctamente y el proceso de impresión fracase, así mismo, al concluir la impresión definirá que tan fácil se puede retirar la pieza, pues de ser un material muy liso permitirá retirar la pieza pero también se correrá riesgos de que la pieza se deforme al retirarla.



Figura 2.4 Placa de Construcción
(S.A. 2022)

2.2.5 Motor paso a paso

Para el correcto funcionamiento al momento de realizar la impresión es necesario el motor de pasos para que el movimiento en el eje Z se desarrolle, es así que la obtención de dicho motor es fundamental, ya que de acuerdo con (Kubala,2011) la ventaja de este tipo de motor el movimiento puede ser monitoreado y por sus características de no producir mucho torque son ideales para equipos pequeños.



Figura 2.5 Motor Paso a Paso
(Sánchez, 2015)

Las especificaciones del motor de pasos es importante especificarlas para lo cual se lo detalla en la tabla 2.1 con dicha información se puede tomar en cuenta los parámetros y la correcta configuración del mismo para un funcionamiento correcto con los demás componentes que conforman la impresora 3D.

Tabla 2.1 Detalles necesarios motor de pasos

| Detalles Motor Paso a Paso | |
|----------------------------|----------------------|
| Ángulo de paso | 1.8° (200 pasos/rev) |
| Corriente nominal | 1.2 A |
| Resistencia | 3.3 Ohmios |

Fuente: (S.A., 2023)

Como se aprecia en la tabla 2.1 se ubicaron tres parámetros en la selección del motor de pasos como son el ángulo de paso, corriente nominal y resistencia, se lo hizo para tener una referencia de los valores que no afecten el rendimiento correcto de la máquina.

2.2.6 Rieles guía de movimiento

Los rieles guía son elementos indispensables en máquinas de impresión 3D, ya que permite el movimiento fluido en una dirección determinada según la necesidad y requerimientos del diseño.



Figura 2.6 Rieles guía de movimiento
(S.A., 2017,pág3)

2.2.7 Varilla roscada con tornillo de avance

El Tornillo sin fin que se encuentra en el eje Z de la impresora es el que en conjunción con los rieles permite se realice el movimiento a la hora de regular dicho eje, así como también al momento de realizarse una impresión pues su giro es el que permite que los rieles guía de movimiento suban o bajen según se lo requiera.



Figura 2.7 Varilla roscada con tornillo de avance

2.2.8 Ventiladores

Los ventiladores permiten que todos los elementos internos de la impresora trabajen a una temperatura óptima, puesto que la impresora dependiendo las horas de impresión que en ocasiones son grandes periodos de tiempo ocasiona que todos los componentes se sobrecalienten de tal manera que el paso de aire es fundamental y para ello el uso de 4 ventiladores es de suma importancia.



Figura 2.8 Ventilador
(Mars, 2021)

Es muy importante tener en cuenta las especificaciones del fabricante ya que de ello dependerá el correcto funcionamiento de los ventiladores y así asegurar la vida útil de los mismos, así como también del equipo, en base a dichas especificaciones se enuncian a continuación en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Características Ventilador

| Características Ventilador | |
|-------------------------------|---------|
| Tipo Conector de alimentación | 2 Pines |
| Voltaje | CC 24V |

Fuente: (Mars, 2021)

2.2.9 Calibrador pie de Rey

El calibrador pie de rey es una herramienta necesaria para la adquisición de las diversas medidas que se plantean diseñar, en base a conseguir resultados correctos y precisos, es por eso que las medidas que arroja son confiables y se las puede tomar en cuenta para la realización del diseño.



Figura 2.9 Calibre Pie de Rey 200mm/8``
(Ma, 2011).

2.2.10 Fuente de luz UV

La fuente de Luz en este caso es ultravioleta, pues por sus características permite que la resina se endurezca, es así que se van formando sucesivamente cada capa y por ello es la parte más importante de la impresora junto con la pantalla monocromática.



Figura 2.10 Fuente de luz ultravioleta
(Li, 2022).

2.2.11 Material de Aporte

Para la obtención de piezas impresas la calidad de la resina determinará todas sus cualidades, por ello dependiendo del uso que se enfoque aplicar a la pieza se debe manipular la resina adecuada, para la reproducción de piezas se usará la resina de la marca Anycubic como se aprecia en la Figura 2.10.



Figura 2.11 Resina Uv Tough Anycubic
(Arunan, 2023).

2.3 Metodología

El desarrollo del presente trabajo fue realizado con una organización previa mediante una ruta de procesos en donde se determina que la búsqueda y recopilación de las diferentes fuentes bibliográficas son de vital importancia, pues al ser un tema del cual no existe documentación

amplia, es importante que dichas fuentes deben estar acompañadas de la experimentación que será desarrollada según la Figura 2.11

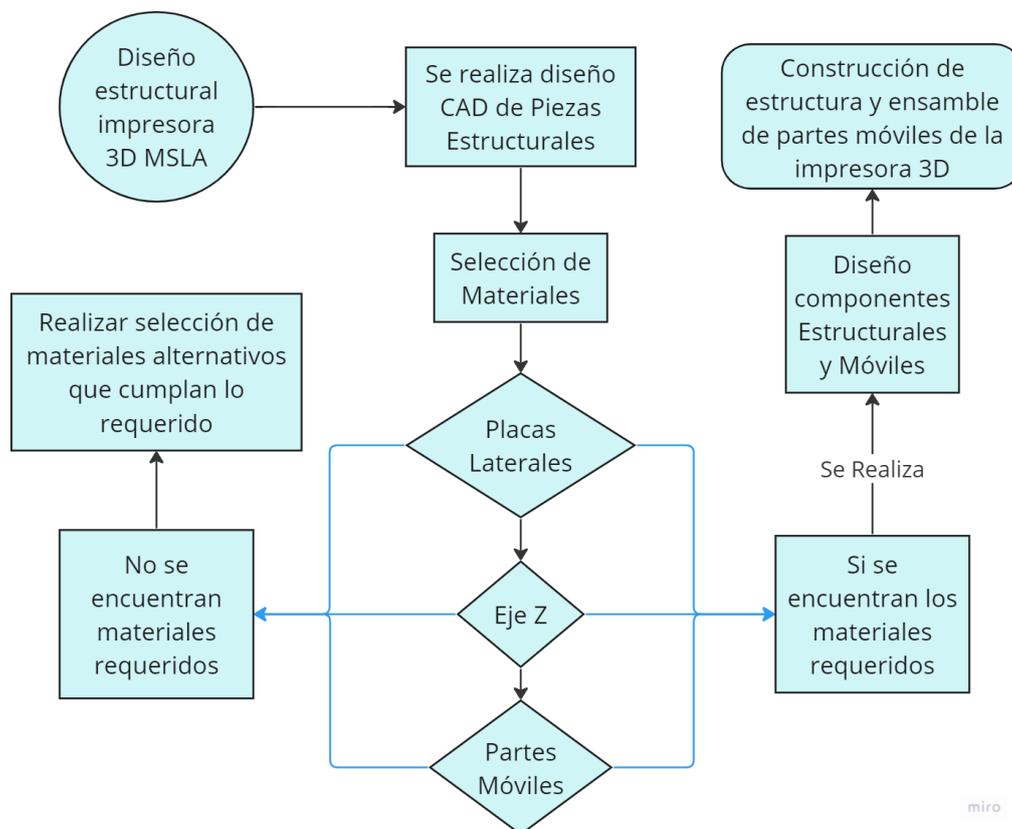


Figura 2.12 Diagrama de Flujo Construcción y Ensamble

Además de las fuentes se realizarán diferentes simulaciones de la estructura obtenida para poder verificar en un medio virtual su funcionamiento, continuando así con la experimentación aplicando dicha simulación en la vida real por medio de la obtención de la impresora seleccionada.

Finalmente se obtendrá un diseño 3D de la estructura de una impresora, así como de sus partes móviles, haciendo posible la reproducción de la misma.

2.3.1 Selección de Impresora 3D MSLA

La impresora a desarrollar se realizará el diseño y ensamble contará con tecnología de nombre estereolitografía enmascarada MSLA, de la cual su material de aporte es la resina.

Las impresoras MSLA que se pueden encontrar en el mercado son de precios accesibles si se requieren pequeños volúmenes de impresión, pero de ser el caso que se necesiten piezas más grandes, esa brecha de precios irá aumentando, para lo cual, se conseguirán las partes

funcionales de una impresora dañada de la marca Anycubic para poder montarla con los diseños y partes móviles accesibles en el mercado.

2.3.2 Requisitos de Diseño

Para realizar el diseño estructural de la impresora 3D se hará uso del programa de nombre SolidWorks. Por medio del uso del programa se desarrollarán los diferentes elementos que conforman la estructura de la impresora 3D y permitiendo realizar una simulación por medio del análisis de elementos finitos.

2.3.3 Volumen de Impresión

En la impresión de autopartes se necesita un volumen óptimo de impresión que permita reproducir piezas de diferentes tamaños y no solo limitarse a partes pequeñas del vehículo, por ello se planteó obtener un volumen de impresión apto para piezas medianas y pequeñas del vehículo, medidas que se aprecian en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3 Volumen de Impresión

| Volumen de Impresión | |
|----------------------|---------|
| Largo | 19.7 cm |
| Ancho | 12.2 cm |
| Alto | 24.5 cm |

Mediante la tabla de elementos de construcción se pueden apreciar todos los elementos adquiridos que conformarán la estructura, así como existirán piezas que serán reproducidas mediante impresión para poder abaratar costos.

2.3.4 Elementos de Construcción

Tabla 2.4 Elementos de Construcción

| ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN | |
|---------------------------|----------------------------------|
| Plancha de aluminio | 4 Piezas a medidas especificadas |
| Rodamiento KH1218 | 2 |
| Ansi B18.2.2 32x2 SR HMS | 20 |

Para poder asegurar que el diseño sea funcional con el modelo de impresora 3D de resina se lo cotejará con medidas de impresoras existentes en el mercado, y de las partes funcionales de la impresora dañada que fue adquirida previamente, así como empresas en las cuales por medio de catálogos se pueden pedir los materiales necesarios para que pueda cumplir con todas las exigencias y seguridades al momento de imprimir.

2.3.5 Diseño CAD

El diseño CAD de la estructura de la impresora será desarrollado mediante el uso de SolidWorks.

2.3.6 Estructura

Parte fundamental de la impresora también es la estructura pues de su resistencia y diseño depende la duración y el correcto funcionamiento durante el tiempo de vida de la impresora, la razón principal de diseñar una estructura estable es lograr que la impresión sea de gran calidad de detalle y gran funcionalidad.

2.3.7 Placas Laterales

Parte Fundamental es la estructura que puede ser tratada como el chasis de la impresora, es así que las placas que la conforman deben tener todos los detalles necesarios para poder almacenar dentro todos los componentes electrónicos principales para el funcionamiento de la impresora.

2.3.7.1 Placa lateral Derecha

La placa lateral derecha es de suma importancia pues es en donde estarán ubicados los puertos de entrada de corriente para su funcionamiento, así como también la entrada de la memoria USB para poder realizar la impresión de los archivos almacenados.

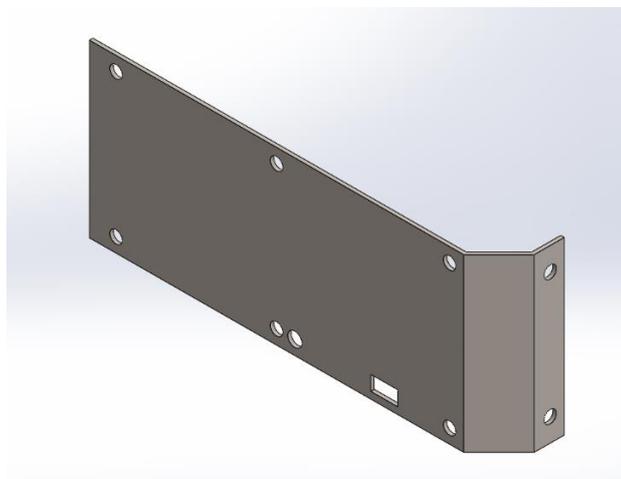


Figura 2.13 Placa Lateral Derecha

2.3.7.2 Placa Lateral Izquierda

En esta placa se cuenta con el soporte de igual manera que en la placa derecha de los soportes que mantendrán unidos las partes superior e inferior del chasis de la impresora.

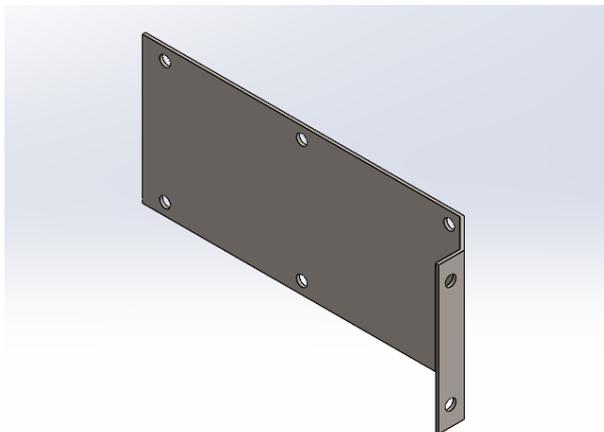


Figura 2.14 Placa Lateral Izquierda

En la tabla 2.5 se detallan las medidas de las dos placas Derecha e Izquierda.

Tabla 2.5 Medidas Placas Derecha e Izquierda

| Medidas Placa Lateral Derecha e Izquierda | |
|---|-------|
| Largo mm | 255.5 |
| Alto mm | 97 |
| Grosor mm | 2 |

2.3.7.3 Placa Frontal

La placa Frontal es muy importante ya que en ella estará la pantalla de comando de la impresora, con la cual se podrán seleccionar los diferentes archivos a imprimir, así como los ajustes respectivos de niveles de luz UV que puede aportar la máquina.

Tabla 2.6 Medidas Placa Frontal

| Medidas Placa Lateral Derecha e Izquierda | |
|---|-----|
| Largo mm | 350 |
| Alto mm | 97 |
| Grosor mm | 2 |

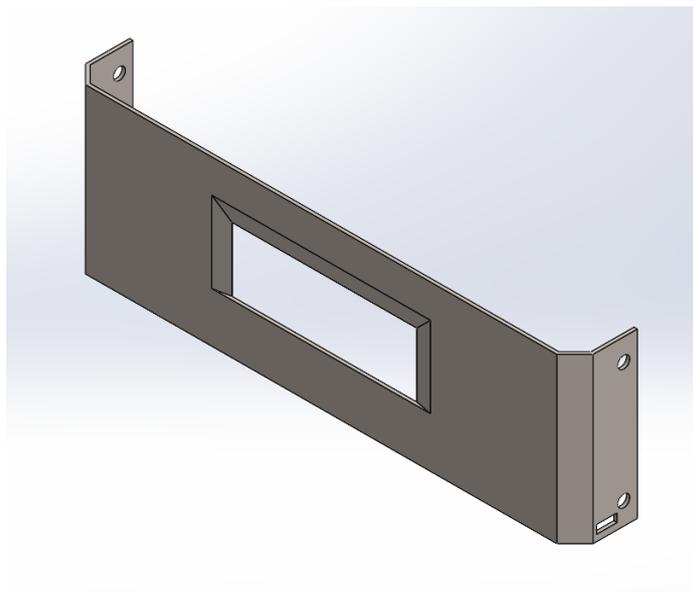


Figura 2.15 Placa Frontal

2.3.7.4 Placa Posterior

La placa Posterior cumple un papel fundamental al contar con dos orificios que permiten el paso de aire hacia los diferentes ventiladores instalados en el interior de la impresora, es por eso que se debe tomar muy en cuenta el tamaño de los mismos.

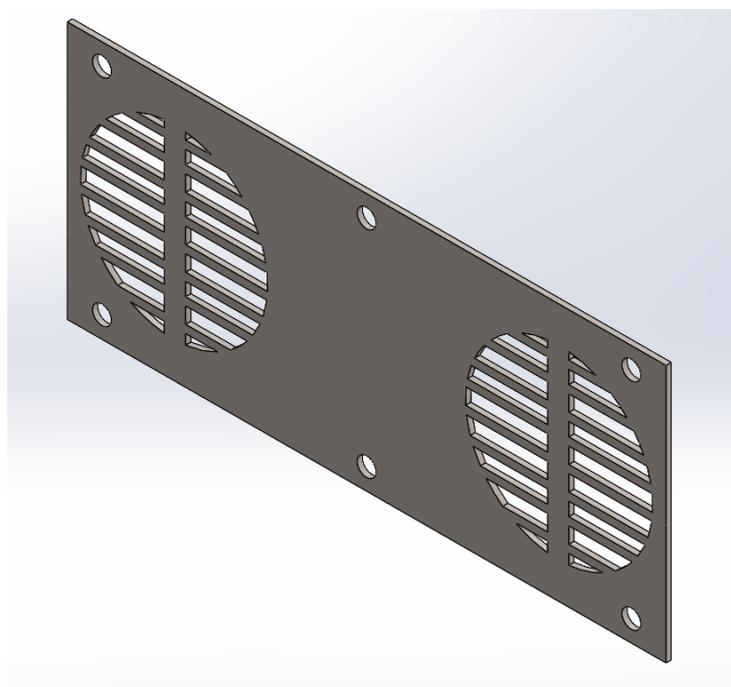


Figura 2.16 Placa Posterior

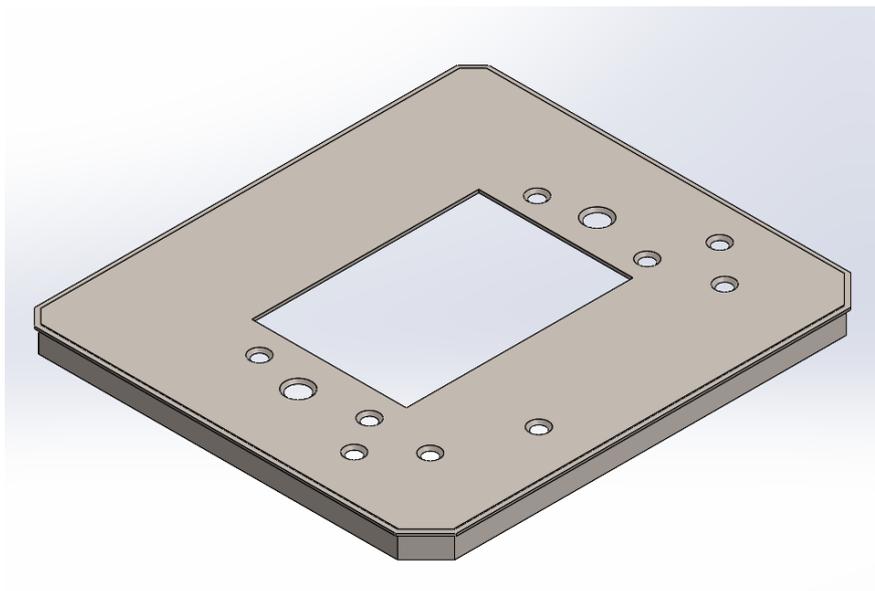
Como se aprecia en la Figura 2.16 al contar con las diferentes entradas de aire para la ventilación del equipo, se precisa que existen igualmente entradas de aire en la parte inferior, pero mencionando que como se aprecia en la tabla 2.7 son de un grosor bajo.

Tabla 2.7 Medidas Placa Posterior

| Medidas Placa Posterior | |
|-------------------------|-----|
| Largo mm | 224 |
| Alto mm | 97 |
| Grosor mm | 2 |

2.3.8 Placa Superior

El diseño de la placa superior se realizó en base a las especificaciones de la pantalla LCD monocromática, en dónde se ubicará la misma que permite se desarrolle la impresión, así como el curado de la pieza al momento de ejecutar una impresión según se requiera, además de ello se debe enfatizar en la importancia de los orificios que se aprecian en la superficie de la Imagen 2.17, pues es ahí en dónde se realizara el acople con la placa inferior.

**Figura 2.17** Placa Superior

2.3.9 Placa inferior

La placa inferior fue diseñada tomando en cuenta que al igual que la placa trasera permite por medio de orificios el paso de aire hacia los ventiladores, permitiendo que los componentes se mantengan en estado óptimo y no sufrir percances en caso de requerir imprimir por varias horas y que además de ello como se aprecia en la Figura 2.18 cuenta con un borde en su contorno lo cual permite que al momento de juntarla con las demás placas se selle de manera que no pueda ingresar polvo que pueda ingresar por las uniones de las diversas placas.

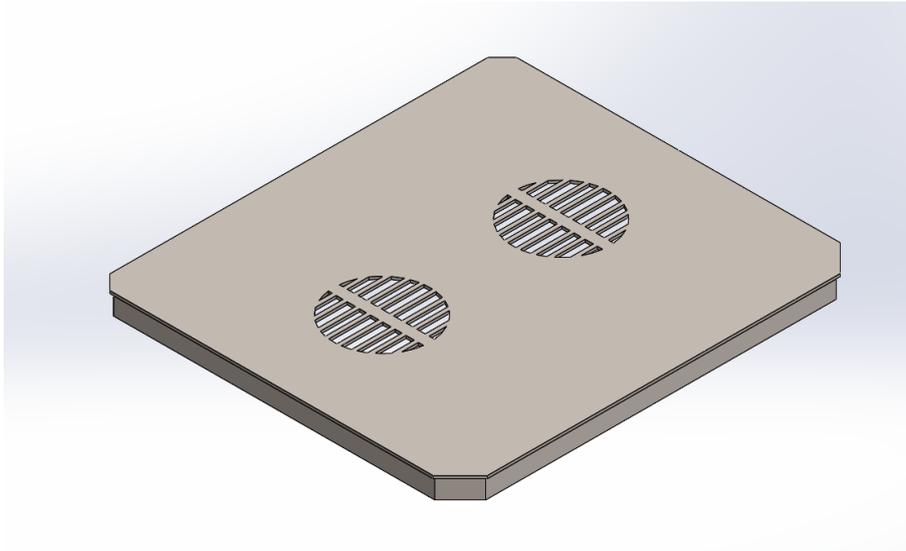


Figura 2.18 Placa Inferior

2.3.10 Eje Z de Impresión

El movimiento durante la impresión es desarrollado fundamentalmente en el eje Z, a diferencia de otros tipos de impresoras. Se diseñó un eje Z enfocados en el mismo modelo seleccionado ya que en el mercado existen ya materiales dedicados para temas de impresión 3D lo que facilita el proceso de diseño.

2.3.10.1 Guía Lineal de Movimiento

La guía lineal de movimiento es un artículo de fácil acceso en el medio local, por estar presentes en todas las impresoras 3D, permite el movimiento en el eje Z, así como son los que por medio de la pantalla de mando permite regular la impresión.

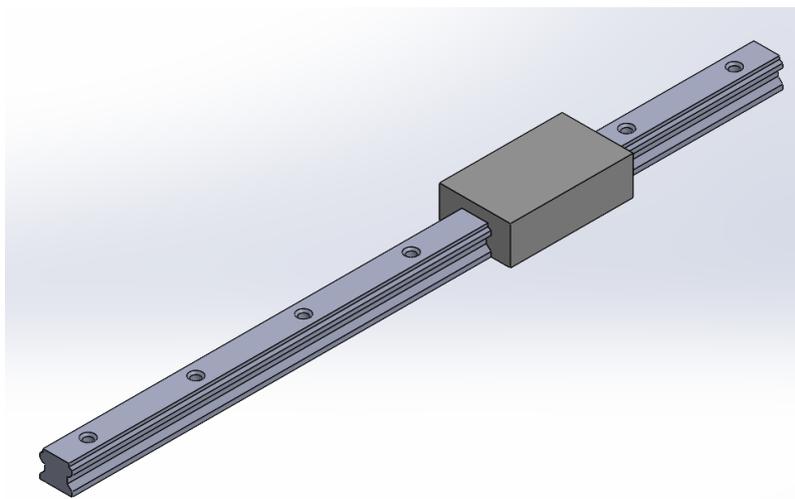


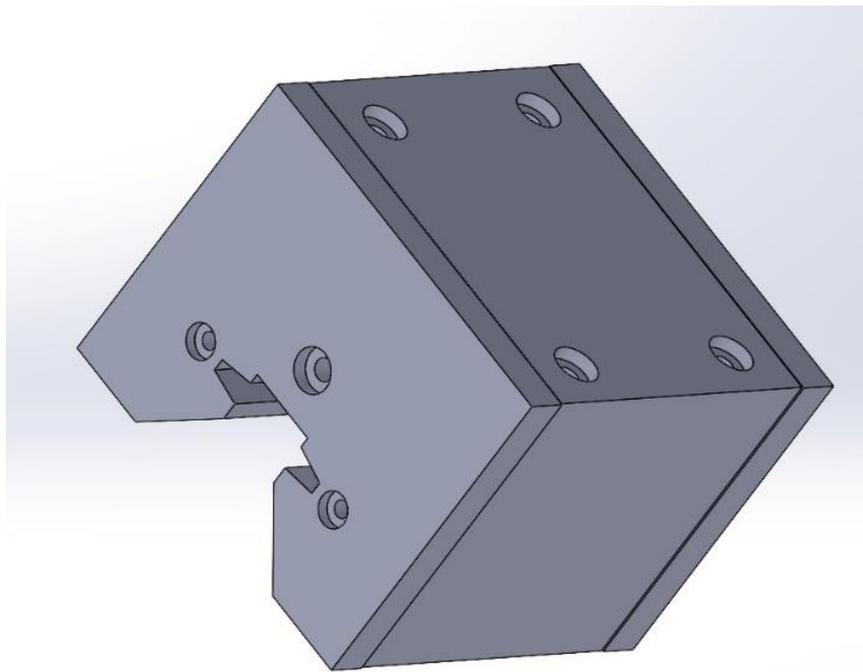
Figura 2.19 Guía lineal de Movimiento

Tabla 2.8 Medidas Guía Lineal de Movimiento

| Medidas Guía Lineal de Movimiento | |
|-----------------------------------|------|
| Largo mm | 24.5 |
| Alto mm | 300 |
| Grosor mm | 25 |

2.3.10.2 Patín de guía lineal de movimiento

El acople que viene ya ubicado en la guía de movimiento viene al adquirir la guía de movimiento, pues vienen en conjunto, es así que para desarrollar la simulación del comportamiento y las cargas que estas partes soportarían se desarrolla el diseño del mismo, además de ser muy importante ya que a él va sujeta la placa de construcción que es donde se concentrará el mayor esfuerzo.

**Figura 2.20** Patín para guía lineal de movimiento.

2.3.10.3 Soporte Guía Lineal de Movimiento

El soporte guía de impresión es parte fundamental de la estructura ya que a él está ligado no solo la guía lineal de movimiento, sino que también está formando parte sólida de la estructura que conforman las placas, además que como se aprecia en la Figura 2.21 se necesita que mantenga una buena resistencia pues por las diversas impresiones que se realizarán hace necesario que su duración deba ser extensa y de gran confiabilidad.

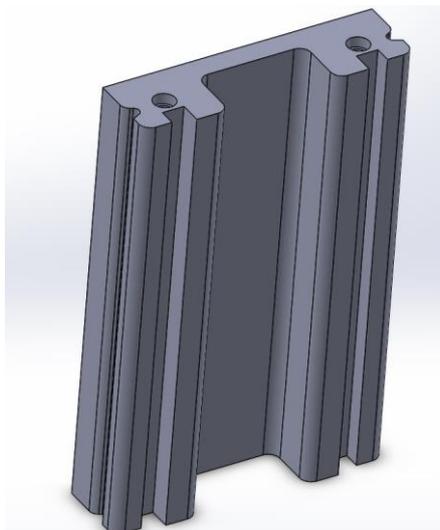


Figura 2.21 Soporte guía lineal de movimiento

2.3.10.4 Acople de placa de construcción

El acople de la placa de construcción tiene el diseño necesario para poder ser soporte de la placa de construcción de manera que no permita movimientos que interfieran con la configuración necesaria del eje Z y permita una impresión precisa y de gran detalle.

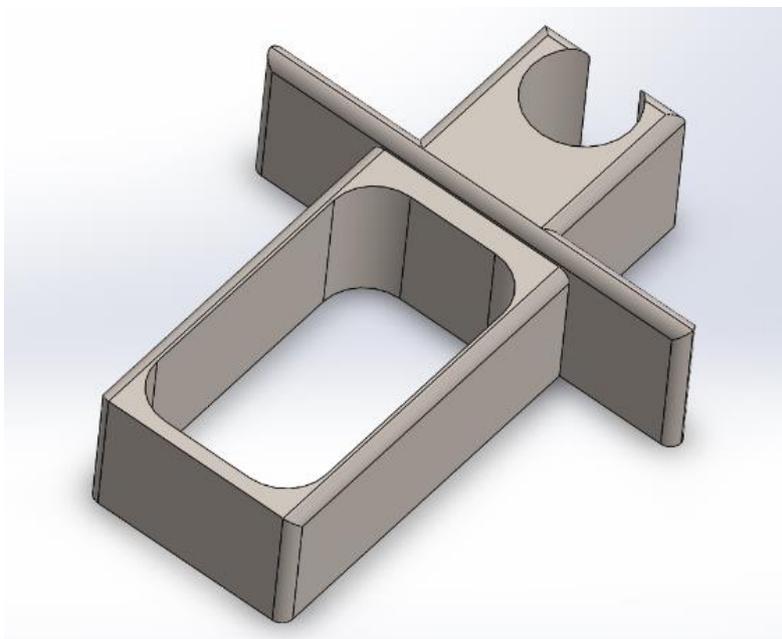


Figura 2.22 Acople de placa de Construcción

2.3.11 Otros Componentes

En este apartado se ubican todos los pernos y tuercas que son parte de la estructura, así como también el diferente cableado para conectar todos los componentes.

CAPÍTULO III

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis Diseño Estructura

La estructura se diseñó enfocándose en dos puntos, que son: La base y el eje de movimiento, para así poder realizar un análisis en cada una de dichos puntos, pues el conocer su comportamiento mediante un análisis de elementos finitos permite desarrollar en un entorno simulado diferentes variables seleccionadas y permitiendo así obtener con seguridad un equipo en perfecto estado y funcional.

3.2 Análisis del diseño de la base de la estructura

La Estructura en la realización de su diseño fue dividida en dos partes como se mencionó en el apartado 3.1, es así que se obtuvo una estructura de las placas que conforman la cubierta de todos los componentes electrónicos de la impresora 3D.

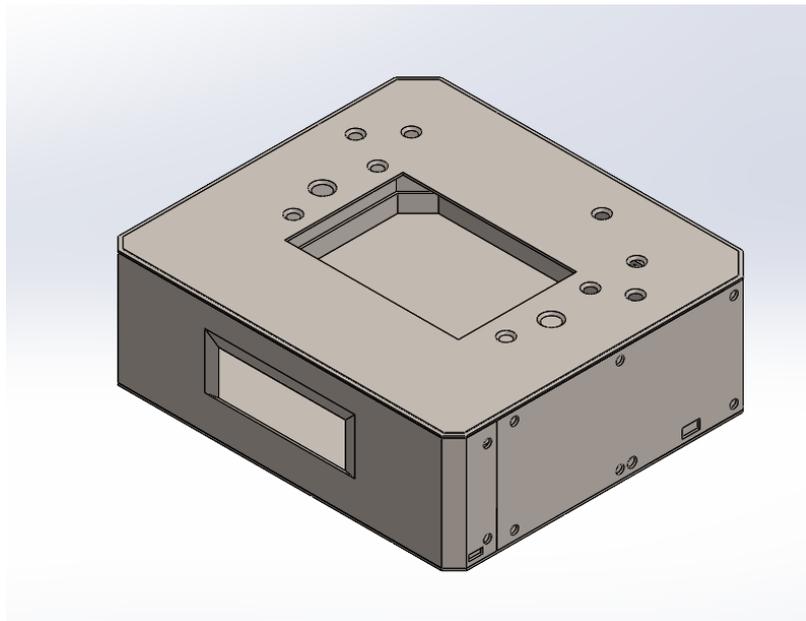


Figura 3.1 Diseño de la base de la estructura y componentes

El rendimiento general de los componentes está ligado directamente al enfoque de aplicación de la impresora. Como se aprecia en la figura 3.1 los puertos de entrada están ubicados en la estructura base, razón por la cual se debe disponer y ubicar de mejor manera los componentes internos para aprovechar el espacio y no generar sobrecalentamientos inesperados por la cercanía de un componente a otro.

3.3 Análisis de elementos finitos de la estructura.

3.3.1 Configuración previa al análisis de elementos Finitos

En los diferentes apartados anteriores se describió las piezas ya sean partes móviles como también la estructura que conforman la impresora 3D, es así que se realizó un análisis de elementos finitos enfocado en la placa de construcción con respecto al eje Z mediante el Software SolidWorks. Para poder visualizar los valores de factores de seguridad que se obtienen en la fase de diseño de la máquina, así como los esfuerzo que resistirá al momento de imprimir ya que al ser una impresora 3D en ocasiones habrá impresiones que tomen muchas horas y por tal motivo es importante conocer que peso es el que aguantaría como máximo la estructura y así tener certeza del alcance de impresión que tendría la misma.

3.3.2 Configuración de la Interacciones del Diseño

Las interacciones necesarias para que el diseño tenga las condiciones similares a un modelo real se realizaron ajustes en las sujeciones como también en las cargas externas en cada uno de los puntos que constantemente estarán bajo cargas por su uso extenso y ya con dichos se puede empezar a ajustar el modelo diseñado para que cumpla con los criterios que se analizarían en la realidad.

3.3.3 Criterios de mallado

La estructura de una simulación inicia realizando ciertas configuraciones necesarias para lograr obtener resultados confiables, es por ello que la fiabilidad de resultados está estrictamente ligada a la realización correcta de dichas configuraciones, es así que el proceso de mallar el diseño, así como las sujeciones, parámetros a simular y número de nodos se los detallará a continuación en la tabla 3.1.



Figura 3.2 Configuración Interacciones y Mallado

Tabla 3.1 Ajustes y resultados de mallado

| Ajustes y Resultados de Mallado | |
|---------------------------------|--------|
| Calidad de malla | Alta |
| Densidad de malla | Fina |
| Número de Nodos | 252851 |

Los criterios de mallado son parte fundamental para analizar los resultados de manera que sean de un grado de alta confiabilidad o no, es decir, al aplicar las configuraciones anteriores se pueden esperar resultados muy confiables, es así que como se aprecia en la figura 3.3, la malla fue aplicada ya a todo el modelo de la impresora, estructura y eje de movimiento.

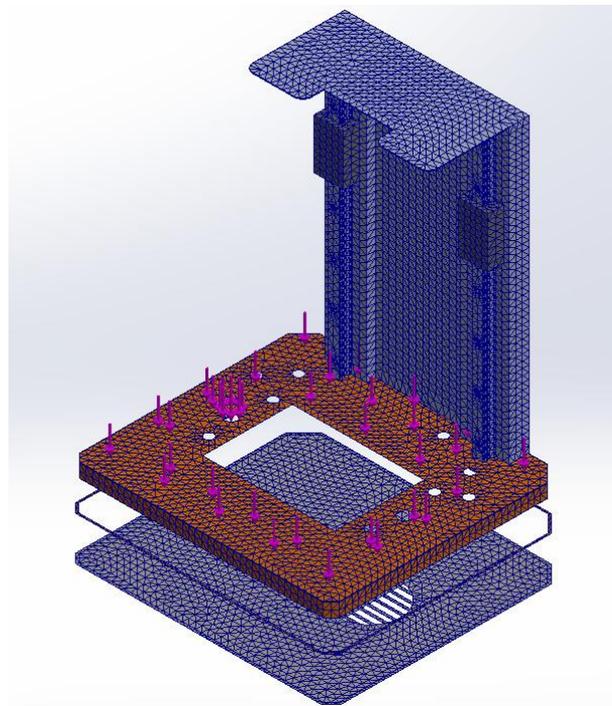


Figura 3.3 Mallado de Estructura y eje de Movimiento.

3.3.4 Análisis del diseño de toda la estructura

Como se puede observar en la figura 3.3 se realizó un análisis de elementos finitos aplicado al eje de movimiento del diseño realizado de la impresora en el programa SolidWorks, para obtener valores estimados durante el funcionamiento normal de trabajo de la impresora, pero con un enfoque general durante su funcionamiento.

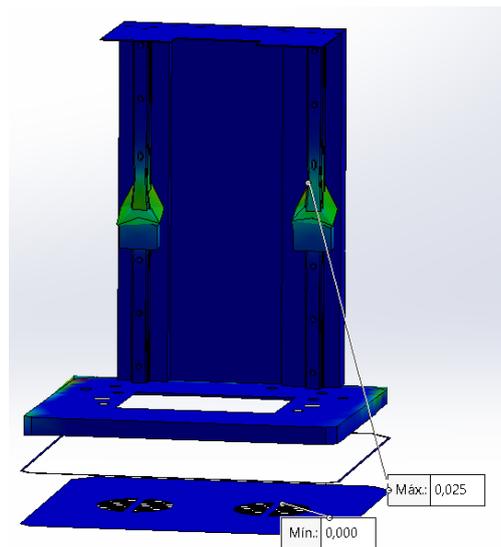


Figura 3.4 Simulación Estructura de Impresora

Así mismo, como se observa existen puntos máximos y mínimos y como se espera el esfuerzo estaría en los acoples que soportan la base de construcción de las impresiones obtenidas, por ello es de vital importancia siempre revisar la condición de los mismos, no solo mecánicamente sino también de manera visual su alineación, pues un ligero desbalance de los mismos ocasionaría que la placa de construcción choque con la pantalla monocromática ocasionando rozaduras y daño parcial de la misma o en el peor de los casos la rotura total de la pantalla.

Tabla 3.2 Análisis de deformación

| Análisis deformación del modelo ensamblado | |
|--|----------------|
| | Todo el modelo |
| | 0.124 |
| | 0.111 |
| | 0.099 |
| | 0.086 |
| Deformación máxima | 0.074 |
| | 0.062 |
| | 0.049 |
| | 0.037 |
| | 0.025 |
| | 0.012 |
| Deformación mínima | 0 |

En base a los valores que arrojó la simulación se puede apreciar en la tabla 3.2 permiten apreciar como el valor de la deformación es mínimo, pues en todos los componentes del modelo está pensado para que no trabaje con proporciones mayores a su límite.

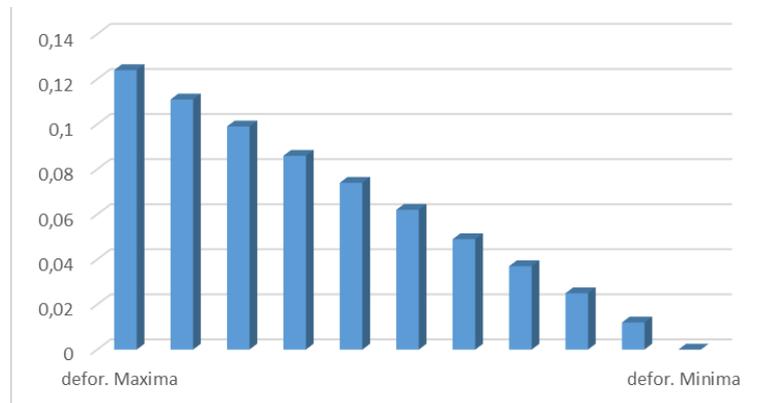


Figura 3.5 Análisis de deformación

En el gráfico 3.4 se aprecia el índice de deformaciones máximo y mínimo que la estructura soportaría bajo determinadas cargas sobre el eje Z, dichas cargas con valores de 60 N y obteniendo así una deformación máxima de 0.12 mm, mientras que como valor mínimo un valor de 0.00 mm. A través de estos resultados es posible afirmar que la estructura no presentará ninguna deformación o problemas en el momento de realizar una impresión.

3.4 Ensamble de estructura de la impresora 3D de resina MSLA

El proceso de diseño de las diferentes partes que componen la impresora, permitió obtener una máquina capaz de realizar impresiones de piezas detalladas y de gran precisión, así mismo su correspondiente análisis de estructura brindó la seguridad necesaria de que la máquina podrá funcionar sin problema alguna aun exigiéndole su máximo rendimiento, teniendo en cuenta las dimensiones máximas de impresión. Es por ello que a continuación en la Figura 3.5 y la Figura 3.6 se observa el ensamble final de la impresora, tanto en el software 3D, así como también en físico respectivamente.

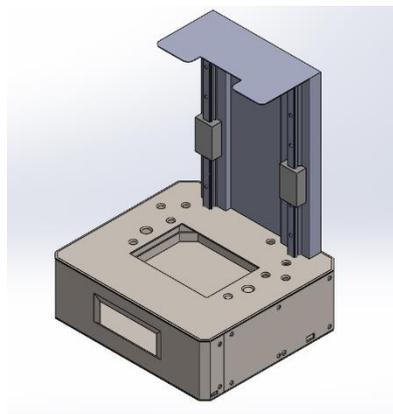


Figura 3.6 Ensamble de Estructura Impresora 3D

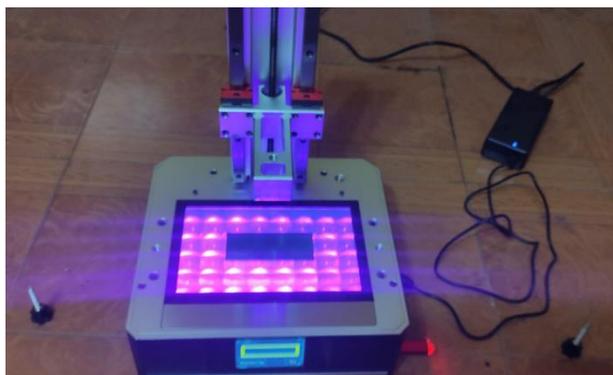


Figura 3.7 Estructura de la Impresora

3.5 Proceso de Obtención de una pieza automotriz usando la impresora 3D

En el campo automotriz existen gran cantidad de piezas que por medio de una reconstrucción parcial o una reconstrucción total con del uso de impresiones 3D, facilitan su obtención, pues en ocasiones son piezas poco convencionales que de ser el caso es necesario adquirir un kit completo de repuestos, es así que para la reproducción de una parte automotriz se tomó como prototipo a una rejilla de Aire de un vehículo Peugeot 206 por sus pequeños componentes y además que permite poder apreciar las características de impresión por la impresora obtenida.

3.5.1 Detalles de pieza Automotriz a diseñar

La pieza automotriz es una rejilla de aire de un vehículo Peugeot 206 del año 2006, es una pieza que por sus funciones debe ser una pieza de dimensiones precisas y de calidad, por ello se usó dicha pieza.



Figura 3.8 Rejilla de aire Peugeot 206

Como se aprecia en la figura 3.6, la rejilla que sirvió de modelo para poder ser diseñada se encuentra en mal estado, para lo cual se proceden a tomar las medidas y con ellas posteriormente realizar su diseño CAD y consecuentemente realizar su impresión 3D y cabe mencionar que se planteó realizar su diseño básico para así mismo configurar la impresora en base a varias pruebas de impresión de la misma, por ello el diseño de la rejilla realizado a continuación es netamente referencial con el objetivo de reproducir un modelo 3D basado en uno existente y con ello poder calibrar la impresora para posteriormente realizar impresiones de la calidad y gran detalle.

A continuación, en la tabla 3.3 se muestran las diferentes dimensiones que la conforman y con las cuales se procedió a realizar el diseño 3D.

Tabla 3.3 Dimensiones de rejilla seleccionada

| Medidas de la rejilla | |
|--------------------------------|--------------|
| Elemento | Medidas (mm) |
| Largo del marco exterior | 96 |
| Ancho (alto) marco exterior | 47 |
| Largo pestañas | 85 |
| Ancho pestañas | 2 |
| Profundidad pestañas | 6 |
| Profundidad marco exterior | 22 |
| Separación entre pestañas | 5.5 |
| Ancho en los bordes exteriores | 3 |

3.5.2 Diseño 3D usando el software SolidWorks

El diseño 3D de un elemento debe ser realizado con las medidas precisas y así obtener un resultado correcto, pues al momento de imprimir se tendrá que tomar en cuenta que dependiendo la calidad con la que la impresora permita la reproducción de la parte a imprimir definirá el correcto acople de la pieza y es preciso poner énfasis en los detalles de las partes permiten el acople de la pieza como se aprecia en la Figura 3.9.

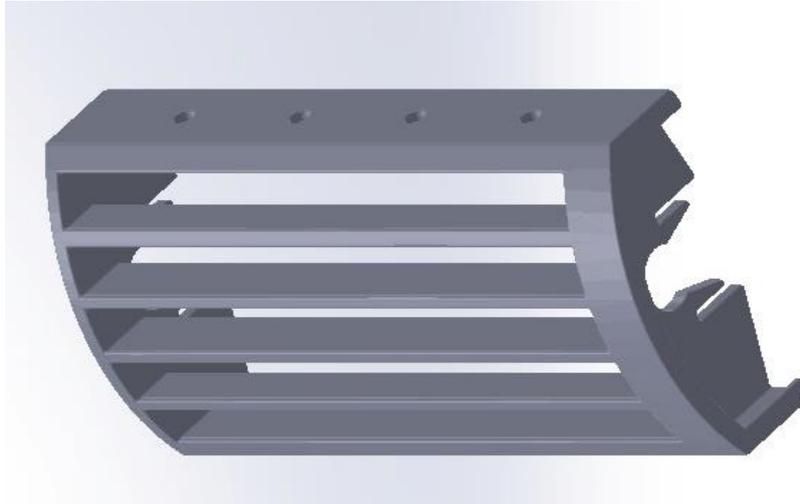


Figura 3.9 Diseño de rejilla en 3D

3.6 Ajustes de parámetros de impresión previa a impresión de Rejilla

Los parámetros de impresión en una impresión 3D es muy importante conocerlos, pues de ellos dependerá el resultado final y de ello tanto su acabado como la gran calidad de detalle que se pueda obtener, por ello se enunciará más a profundidad todo lo necesario para realizar una impresión 3D de una manera óptima y eficaz.

3.6.1 Ajustes Generales de parámetros de Impresión

Para impresiones de varias piezas es importante mencionar que se realizaron pruebas para comprobar las diferentes formas de verificar que los ajustes realizados al programa de impresión sean los correctos, con lo cual se asegura de obtener una impresión confiable y precisa, así mismo, en base a los resultados obtenidos de los prototipos impresos en el presente trabajo se puede dar una mejor apreciación acerca de ajustes y resultados que se pueden esperar.

Es importante tomar en cuenta que para una correcta impresión se deben tomar en cuenta varias características ligadas al entorno, pues el material usado en este caso la resina para impresión 3D hace que condiciones climatológicas también influyan, así como la marca de dicha resina con la que se vaya a trabajar, pues cada una de ellas necesita ajustes específicos, por lo cual es imprescindible generar pruebas rápidas teniendo en cuenta esos detalles, para evitar la pérdida de material y como un punto de partida, se puede usar los ajustes en las diferentes formas de verificación que se enunciarán en los siguientes apartados.

3.7 Matriz de Validación

La matriz de validación es una herramienta útil cuando se empieza a usar impresoras 3D, pues por su función permite verificar si los ajustes predeterminados están correctos o si necesitan ser modificados.

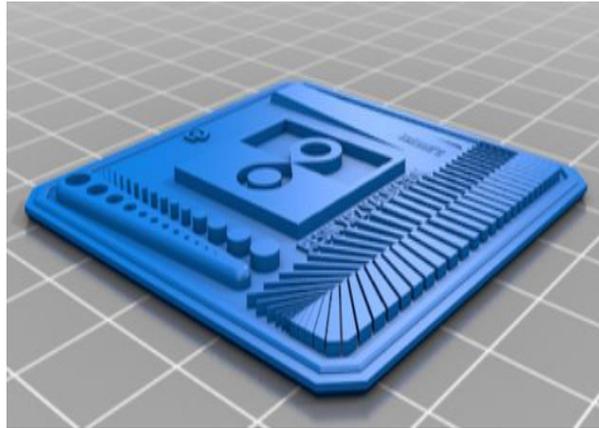


Figura 3.10 Matriz de Validación
(Thingiverse, 2023)

La matriz de validación correspondiente a la figura 3.10, permite de manera rápida verificar en el caso de impresoras MSLA que el tiempo de exposición y otros ajustes sean los correctos, para empezar a usarla con el ajuste de tiempo de exposición es el punto principal de partida, por ello, se debe tomar en cuenta los orificios que se pueden apreciar en su parte lateral, mientras existan la misma cantidad de orificios y pines que están junto a ellos se puede verificar que el tiempo de exposición es el correcto, pero de ser el caso que haya más orificios que pines será necesario disminuir el tiempo de exposición y a su vez si existen más pines que orificios, se deberá aumentar el tiempo de exposición.

A continuación, se muestran las matrices de validación obtenidas por medio de la impresora y así poder empezar a corregir mejor los parámetros de impresión y por consiguiente obtener impresiones de buena calidad.

3.7.1 Matriz de Validación con tiempo de exposición 2 segundos



Figura 3.11 Matriz de Validación con tiempo de exposición 2s

3.7.2 Matriz de validación con tiempo de exposición 2.3 segundos



Figura 3.12 Matriz de validación con tiempo de exposición 2.3s

Como se puede apreciar en las figuras 3.11 y 3.12 a simple vista las dos son muy similares, pero el detalle está en el lado izquierdo de la matriz de validación ya que el número de pines como también de los orificios son los que varían, en la figura 3.11 de tiempo de exposición 2 segundos se aprecia que existen un número menor de pines que orificios, razón por el cual el tiempo de exposición debe ser aumentado, así mismo, en la figura 3.12 sucede lo contrario, se tienen más pines que orificios motivo por el cual se debe bajar el tiempo de exposición.

3.8 Margen de error de piezas de prueba impresas.

Para poder cuantificar el margen de error que se obtendría en piezas ya impresas se diseñó un prototipo como se aprecia en la Figura 3.13 del cual luego de imprimir varios del mismo se enfocó en valores de medidas como diámetro, ancho, así como su peso y así verificar el margen de error obtenido al momento de imprimir.

3.9 Control del programa para procesamiento de las piezas de prueba.

El procesamiento de un archivo desarrollado previamente en un software de diseño debe ser procesado en formato STL conocido como “Stereolithography” por sus siglas en inglés, es decir estereolitografía, una vez desarrollado el archivo en dicho formato se procede a usarlo en un laminador para impresión 3D, en dónde se procesa el modelo y se le realiza los ajustes necesarios para poder procesarlo y posteriormente imprimirlo en la máquina de impresión 3D.

Además, en el programa para el procesamiento de las piezas es posible ajustar tanto su posición, así como los soportes que la pieza impresa irá a tener, por ello en la tecnología MSLA al finalizar la impresión la pieza esta de cabeza es así que tanto soportes como la orientación que

se le de previamente a la pieza determinará que no existan problemas como el desprendimiento de la placa durante la impresión.

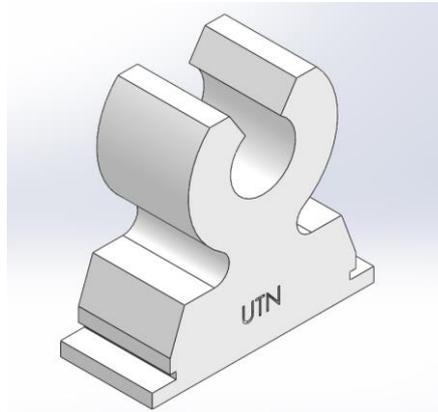


Figura 3.13 Diseño 3D de pieza de prueba para obtención de margen de error

Los detalles de una determinada pieza a imprimirse deben tomarse en cuenta, pues cada uno de ellos intervendrá directamente en la calidad y el detalle en los acabados, es así que se imprimieron 4 diferentes piezas prototipo y cuyas medidas se detallan en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4 Dimensiones de Pieza de Prueba Simulada

| Dimensiones de pieza de prueba simulada | | | | |
|---|------------------|---------------|-------------------------|--------------|
| Altura (mm) | Longitud (mm) | Ancho (mm) | Diámetro centro (mm) | Peso (gr) |
| 46.11 | 47.10 | 19.50 | 13.86 | 28 |

A continuación, se muestran en la Figura 3.14 y la Figura 3.15 las medidas de la pieza prototipo simulada y las cuales sirvieron de guía y referencia para poder tomar las respectivas medidas de cada uno de los prototipos impresos y obtener el margen de error que se da en piezas impresas en la impresora.

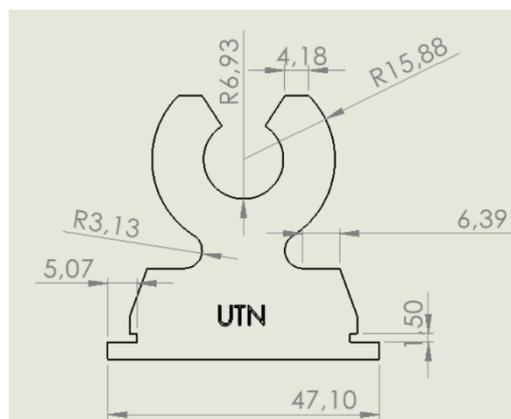


Figura 3.14 Vista Frontal y dimensiones de pieza de prueba

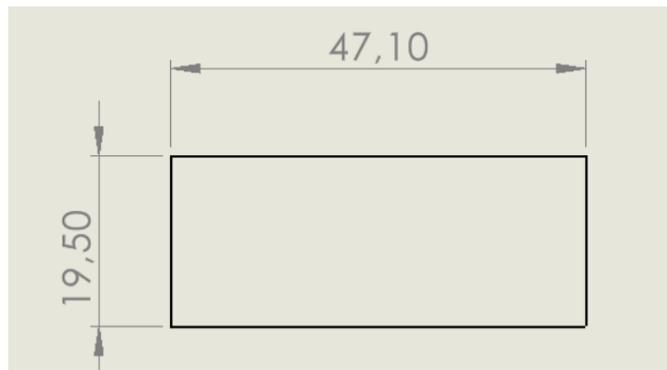


Figura 3.15 Vista superior y dimensiones de pieza de prueba

3.9.1 Asignación de área de impresión de la Pieza de prueba

La asignación del área en el laminador para la impresión 3D es fundamental, pues la ubicación de la misma determinará una correcta impresión y por ende un ahorro del material de aporte, es por ello que se deben tomar ciertas pautas, de entre ellas para la pieza de prueba es necesario ubicarla de manera que permita obtener la máxima calidad final en la pieza generada.

El enfoque que se debe dar a la asignación del área debe ser que las áreas con menos detalles se encuentren con orientación hacia la base de la impresión como se observa en la Figura 3.16 ocasionando así la creación de capas sólidas en el inicio de la impresión, asegurando una base sólida y posteriormente una pieza de gran calidad.

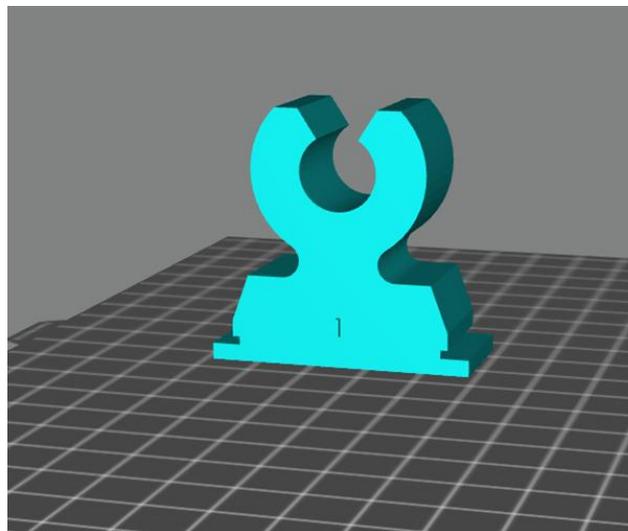


Figura 3.16 Asignación correcta de área de impresión pieza de prueba

Se debe mencionar que la ubicación de la misma determinará el número de soportes a colocar, por tal motivo de ser ubicado como en la Figura 3.17 ocasionará que se necesiten soportes en puntos clave de la pieza, además mencionar que al tener una superficie lisa, el contacto con la placa de impresión será muy alta y con lo cual un desprendimiento de la pieza durante la impresión es muy bajo.

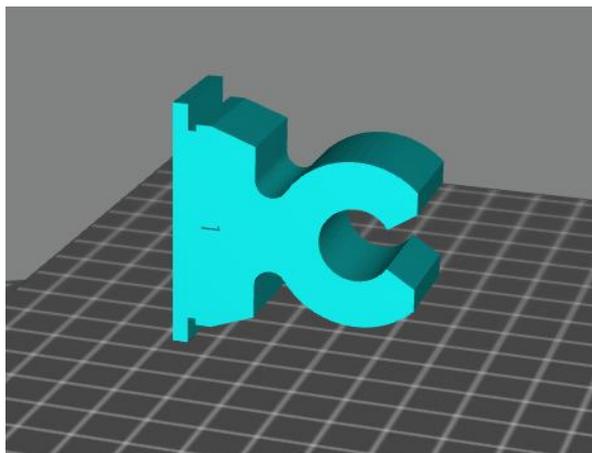


Figura 3.17 Asignación errónea de área de impresión pieza de prueba

3.9.2 Condiciones y usos de soportes de impresión en piezas de Prueba.

Al momento de configurar los parámetros de impresión de la pieza, es necesario determinar si la impresión empezara por una capa amplia y sólida a la cual podrán adherirse las demás capas, para de esta manera se mantenga la calidad del objeto impreso, caso contrario será necesario agregar elementos de soporte que ayuden en la impresión final de la pieza, como se indica en la 3.18.

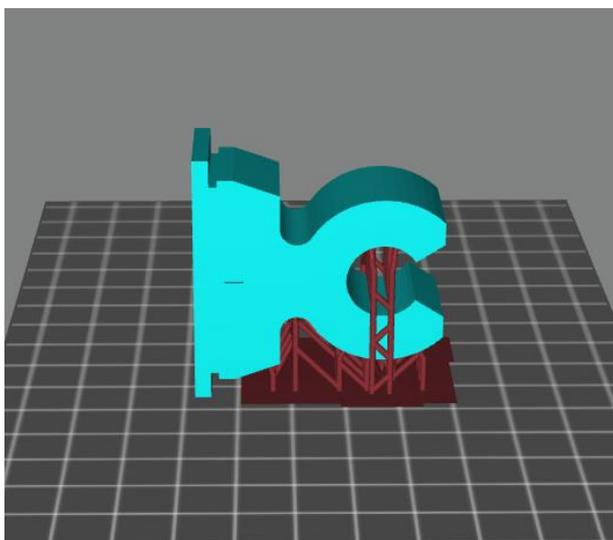


Figura 3.18 Asignación errónea de soportes

Los soportes comúnmente utilizados poseen un diámetro de 2 mm, para que consuman un mínimo de material y sean fáciles de remover. En el caso de las piezas de prueba, no es necesario el uso de soportes de impresión, pues es posible establecer una superficie sólida para el inicio de la impresión, como se puede apreciar en la Figura 3.19, aunque de ser necesario el uso de soportes en ocasiones es mejor colocarlos de manera manual, ya que existen detalles

que el programa no cubrirá, por eso al hacerlos manualmente en piezas muy complejas hará que el resultado final sea de gran calidad.

3.9.3 Renderización y estimación de tiempo de impresión en piezas de prueba

Al momento de ejecutar la renderización del archivo, el programa genera una simulación de la impresión de la pieza y brinda un aproximado del tiempo que demorará dicha impresión. En el caso de las piezas de prueba, el tiempo estimado fue de unas dos horas y 59 minutos, tiempo que puede apreciarse en la Figura 3.19. Cabe recalcar que el tiempo de impresión real puede llegar a variar por un par de segundos o minutos.

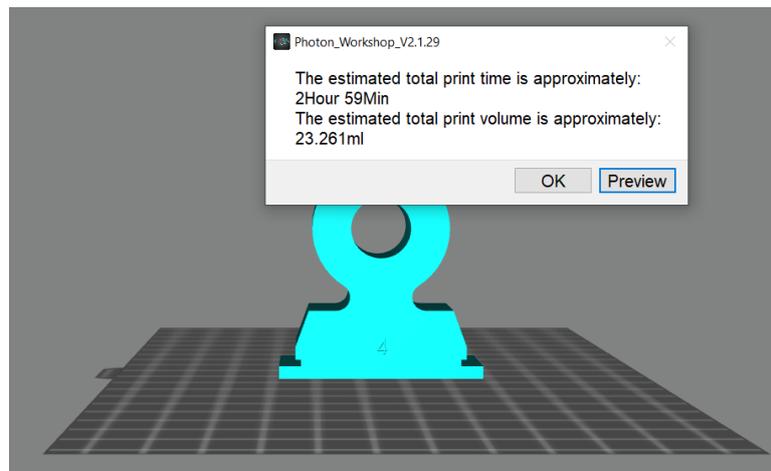


Figura 3.19 Estimación de tiempo de impresión en pieza de prueba

En caso de desear ubicar soportes en la pieza, para asegurar un mejor apoyo de la misma al momento de imprimir, el tiempo de renderización y la cantidad de material necesario para la impresión aumentan. En el caso de las piezas de prueba, la cantidad de material necesaria pasaría a ser de 25.852 ml, como se muestra en la Figura 3.20.

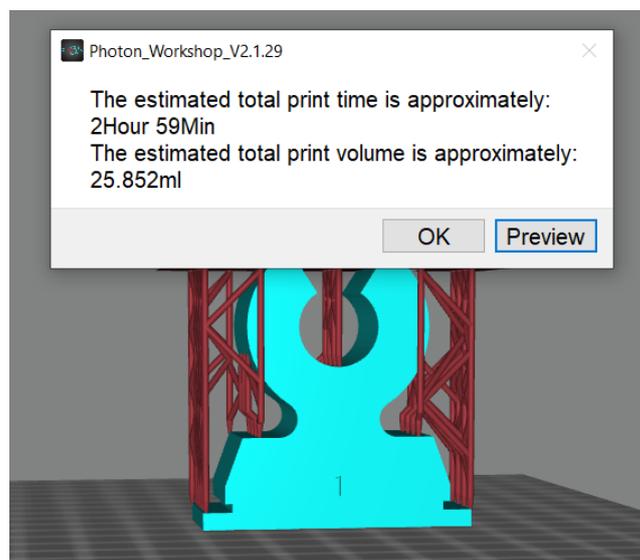


Figura 3.20 Estimación tiempo de impresión usando soportes en pieza de prueba

En este caso, al no presentarse una diferencia considerable en la calidad de la pieza al ubicar los soportes, y presentarse un aumento en el consumo de material en caso de utilizar dichos soportes, se optó por no utilizarlos.

3.9.4 Limpieza de la pieza con Alcohol

Luego de haber terminado la impresión de la pieza y de haberla retirado de la placa de construcción además de sus soportes, es necesario retirar esa capa de resina excedente que se encuentra en la superficie, por ello el uso de alcohol para su limpieza fue de suma importancia, pero es importante aclarar que el uso de un alcohol con una baja concentración como el que podemos encontrar en cualquier farmacia ocasionará que no se remueva la resina presente en la pieza por tal motivo, el uso de alcohol isopropílico es elemental para remover los excedentes de material como se observa en la Figura 3.21, pues al tener una concentración más alta de alcohol ayuda a remover en su totalidad a la resina presente en la pieza. El uso de equipos de protección personal debe ser obligatorio durante este proceso, pues los gases de la resina como también del alcohol pueden ocasionar problemas de salud.



Figura 3.21 Limpieza de impurezas de la pieza de prueba

3.9.5 Curado de la pieza.

El curado de la pieza consiste en exponer al objeto a una fuente de rayos ultravioleta, con el fin de que el material de resina termine de secarse y endurecerse. La fuente de la luz ultravioleta puede ser artificial o de origen natural, como es el caso del sol. En este caso se decidió utilizar la fuente natural pues al no ser una pieza muy compleja se puede lograr que la luz natural esté presente en toda la superficie de la pieza, aunque claro que es correcto mencionar que se giró las piezas para que la base también pueda tener contacto con la luz natural.

3.9.6 Curado mediante exposición al sol.

Al realizarse el curado de la pieza de prueba mediante exposición a la luz del sol, es necesario tener cuidado con el tiempo y el nivel de exposición. En este caso se requirió de un tiempo aproximado de 37 minutos, con una exposición moderada a través de un cristal común, para de esa forma evitar que se generen manchas en el material como se aprecia en la Figura 3.22.

En este caso se realizó el curado de las piezas de prueba ubicándolas sobre una plancha mediana de metal, previamente limpiada, y exponiéndola directamente al sol.



Figura 3.22 Curado de piezas de Prueba

Debido a un error al controlar el tiempo que estarían expuestas las piezas al sol, se produjo sobre las mismas, manchas de color semi-amarillento, las cuales fueron resultado de mantener los elementos de prueba expuestos al sol durante más tiempo del recomendado, lo que produjo lo que comúnmente se conoce como “que se queme el material”.

3.9.7 Impresión de piezas de prueba para obtención de margen de error

La impresión de las piezas de prueba permitió obtener valores de medida de cada una de ellas para poder estimarlas y compararlas con los valores originales de la pieza diseñada, pues al momento de imprimir dependiendo de la calibración que se realice, así como de su post procesamiento es de vital importancia pues son partes que definirán la calidad y sus respectivos acabados.

3.9.7.1 Pieza de Prueba 1

Al imprimir la pieza de prueba 1 como se observa en la figura 3.23 se pudieron obtener buenos resultados, tanto en definición como en calidad general de la pieza, es así que se proceden a sacar las respectivas medidas y posteriormente obtener de todas esas medidas obtenidas el margen de error con el que se apreciará la funcionalidad de la impresora.



Figura 3.23 Pieza de Prueba 1 Impresa

Tabla 3.5 Medidas Obtenidas Pieza de Prueba 1 Impresa

| Pieza de Prueba 1 Impresa | | | | |
|---------------------------|------------------|---------------|-------------------------|--------------|
| Altura (mm) | Longitud (mm) | Ancho (mm) | Diámetro centro (mm) | Peso (gr) |
| 46.11 | 47.12 | 19.50 | 13.859 | 28 |

3.9.7.2 Pieza de Prueba 2

Las medidas de la pieza de Prueba 1, a pesar de ser la primera impresión, permitió verificar que la impresora contaba con una amplia precisión, pues con valores de medida con una variación mínima con respecto a los originales.



Figura 3.24 Pieza de Prueba 2 Impresa

Tabla 3.6 Medidas Obtenidas Pieza de Prueba 2 Impresa

| Pieza de Prueba 2 Impresa | | | | |
|---------------------------|------------------|---------------|-------------------------|--------------|
| Altura (mm) | Longitud (mm) | Ancho (mm) | Diámetro centro (mm) | Peso (gr) |
| 46.10 | 47.11 | 19.53 | 13.862 | 28 |

Los valores de referencia expuestos en la Tabla 3.4 con las dimensiones de las piezas mostró como al avanzar imprimiendo cada pieza de prueba las dimensiones de las mismas no varían en gran medida, como se aprecia en las Tabla 3.6.

3.9.7.3 Pieza de Prueba 3



Figura 3.25 Pieza de Prueba 3 Impresa

Tabla 3.7 Medidas Obtenidas Pieza de Prueba 3 Impresa

| Pieza de Prueba 3 Impresa | | | | |
|---------------------------|------------------|---------------|-------------------------|--------------|
| Altura (mm) | Longitud (mm) | Ancho (mm) | Diámetro centro (mm) | Peso (gr) |
| 46.12 | 47.10 | 19.48 | 13.863 | 28 |

3.9.7.4 Pieza de Prueba 4

Se imprimió una pieza de prueba 4 para poder verificar que luego de varias impresiones su calidad y definición no se vea afectada, por ellos aún luego de haber obtenido ya varias mediciones, al medir esta pieza se aprecia en la Tabla 3.8 como siguen siendo aproximadas a la medida original como se aprecia en la Tabla 3.4.



Figura 3.26 Pieza de Prueba 4 Impresa

Tabla 3.8 Medidas Obtenidas Pieza de Prueba 4 Impresa

| Pieza de Prueba 4 Impresa | | | | |
|---------------------------|------------------|---------------|-------------------------|--------------|
| Altura (mm) | Longitud (mm) | Ancho (mm) | Diámetro centro (mm) | Peso (gr) |
| 46.11 | 47.10 | 19.50 | 13.860 | 28 |

Una vez realizadas y tomadas todas las diferentes medidas de cada una de las piezas de prueba se procede a calcular el margen de error y poder apreciar de mejor manera la variación en las medidas que podría o no existir.

3.10 Margen de error obtenido en piezas de prueba impresas

Tabla 3.9 Obtención Margen de Error

| Pieza de Prueba Impresas | | | | | |
|--------------------------|----------------|------------------|---------------|-------------------------|--------------|
| | Altura (mm) | Longitud (mm) | Ancho (mm) | Diámetro centro (mm) | Peso (gr) |
| Pieza 1 | 46.11 | 47.12 | 19.5 | 13.859 | 28 |
| Pieza 2 | 46.10 | 47.11 | 19.53 | 13.862 | 28 |
| Pieza 3 | 46.12 | 47.10 | 19.48 | 13.863 | 28 |
| Pieza 4 | 46.11 | 47.1 | 19.50 | 13.860 | 28 |
| Margen de error | 0.004% | 0.006% | 0.026% | 0.002% | 0.000% |

Se obtuvo un margen de error muy bajo, así como se aprecia en la Tabla 3.9 y en todos los apartados que fueron seleccionados y medidos por cada uno de las piezas de prueba impresas.

Como se aprecia en la tabla 3.9 la variación en el peso de la pieza seleccionada con respecto a las diferentes piezas sigue siendo el mismo, mientras que en los demás apartados de medidas se aprecian ligeras variaciones pero que al final del proceso no repercutirán mayormente, es decir, se puede verificar como no existe un margen de error considerable en las impresiones, dándonos así la confiabilidad de que se obtendrán piezas de gran calidad.

Con los ajustes anteriormente realizados se obtuvo que el tiempo de exposición debe mantenerse entre esos rangos de tiempos de exposición, para poder empezar a imprimir, eso sí,

teniendo en cuenta que el tipo de resina que sea usado se deberá volver a calibrar los ajustes de impresión de ser necesario.

3.11 Impresión del Prototipo de Rejilla de Aire Peugeot 206

La impresión de varios prototipos de la rejilla fue necesaria para poder definir la calidad de la impresora y observar el comportamiento de la misma para imprimir una autoparte que exija tanto calidad como detalles.

Es preciso comentar que se realizaron diferentes ajustes para la impresión de cada uno de los prototipos impresos a continuación, para establecer también el límite de configuración para una correcta impresión usando una resina de marca Anycubic de nombre UV TOUGH para definir un punto de referencia en futuras impresiones.

3.11.1 Asignación de área de impresión de rejilla de Aire Peugeot 206

La asignación del área de impresión en el caso de la rejilla se debe tomar en cuenta las superficies lisas, así como las de mayor detalle y por esa razón se la ubica la superficie lisa en contacto con la base de impresión como en la Figura 3.27 para poder obtener unas primeras capas firmes que aseguren una buena impresión, mencionando además que generalmente es recomendable se ubique a la pieza a 90°, como consecuencia se logrará que el número de soportes se reduzca y por ende el material de aporte también.

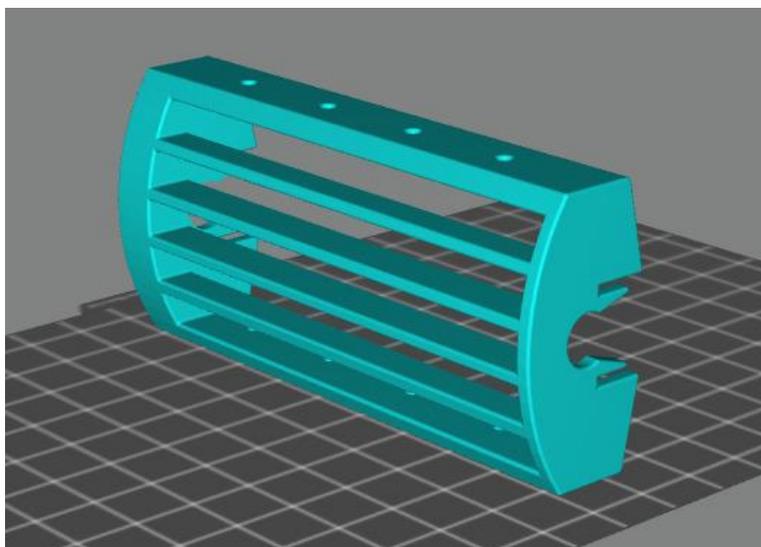


Figura 3.27 Asignación de área de impresión de rejilla de aire

3.11.2 Condiciones y usos de soportes de impresión.

Al constar la pieza con un espacio vacío entre sus partes, es necesario establecer soportes para la misma, como se muestra en la Figura 3.28, para asegurar una correcta impresión de la rejilla.

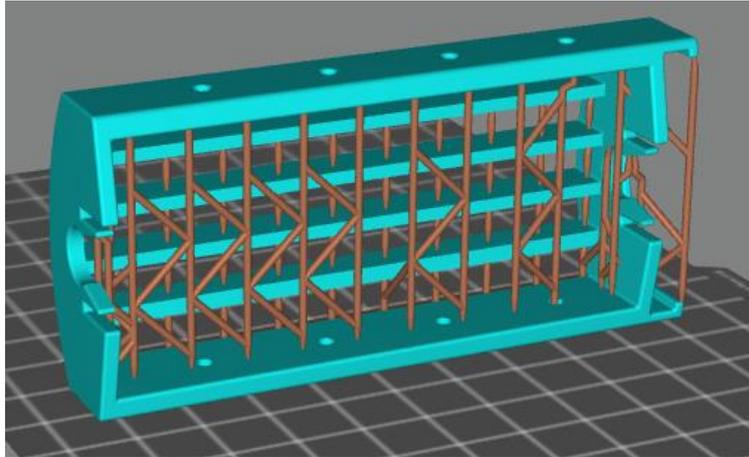


Figura 3.28 Soportes aplicados en rejilla de aire

3.11.3 Renderización y estimación de tiempo de impresión.

Al tratarse de un objeto de mayor tamaño y con un mayor número de detalles el tiempo tanto de renderización, como de impresión aumentan considerablemente, tal como se puede observar en la Figura 3.29, siendo de unas 6 horas y 12 minutos aproximadamente.

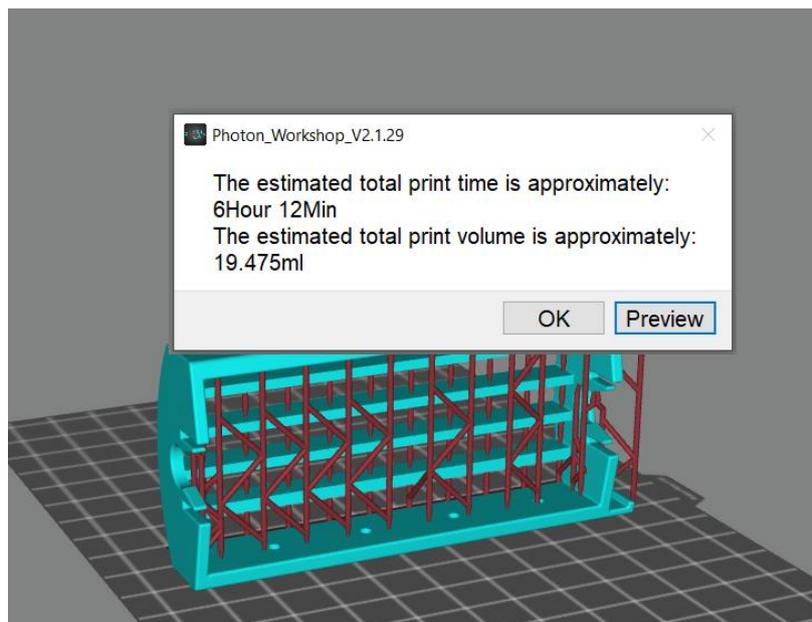


Figura 3.29 Estimación de tiempo de impresión de rejilla de aire

3.11.4 Limpieza de impurezas en rejilla de Aire Peugeot 206

La limpieza en una pieza recién impresa es muy importante para remover el excedente de material residual, en este caso la resina, es por ello que se realiza la limpieza con alcohol isopropílico y así obtener grandes resultados como se aprecia en la Figura 3.30 pero hay que tener en cuenta que el grado de limpieza debe ser también en función de la dificultad que represente el diseño, pues existirán ocasiones que cuenten con agujeros que hace que la pieza sea hueca y por ello se debe asegurar de retirar todo el excedente presente en esa

parte, pues de sacar a curar así la pieza se van a tener problemas en el acabado final, en este caso de la rejilla se tuvo que tener cuidado con las aletas de la misma, pues al ser delgadas pueden trisarse o romperse y por ello se debe tener mucho cuidado, pues la pieza al aún no estar curada es muy frágil.



Figura 3.30 Limpieza de rejilla post impresión

3.11.5 Curado de la pieza.

Al igual que con las piezas de prueba, las rejillas deben pasar por un proceso de curado para que termine de endurecerse, dicho proceso se realiza mediante exposición al sol.

3.11.6 Curado mediante exposición al sol.

A diferencia de las piezas de prueba, la rejilla requiere de una exposición directa al sol en un ángulo aproximado de 45° , durante casi una hora (52 minutos aproximadamente), para que se genere un curado uniforme y completo como se aprecia en la Figura 3.31.



Figura 3.31 Curado de rejilla de aire post impresión

En este caso, se utilizó objetos de apoyo, para asegurar que las rejillas mantengan la inclinación necesaria para recibir los rayos ultravioletas de manera uniforme.

3.11.7 Prototipo 1



Figura 3.32 Prototipo 1

Como se puede apreciar en la figura 3.32 el resultado del primer prototipo presente deformaciones en algunas capas lo que causa esas formas de ola, pues no pudo realizarse de manera correcta la curación de ciertas capas, para tener en cuenta esos parámetros se enuncian en la tabla 3.10.

Tabla 3.10 Configuración para impresión de prototipo 1

| Configuración de impresión prototipo N° 1 | |
|--|----------|
| Tiempo de exposición de las primeras capas | 35(s) |
| Tiempo de exposición normal | 3(s) |
| Tiempo entre exposiciones | 1(s) |
| Espesor de capa | 0.05(mm) |

Los valores expuestos en la tabla 3.10 permiten verificar como los ajustes realizados previamente con la matriz de validación si están correctos para una correcta impresión, mencionando que los valores fueron modificados buscando aún más el máximo rendimiento de la impresora, aprovechando varios ajustes que con la matriz no pueden ser verificados,

aumentando así las cualidades que presta la impresora y llevándola a mayores esfuerzos durante el proceso de impresión.

3.11.8 Prototipo 2



Figura 3.33 Impresión prototipo 2

El proceso para la impresión del prototipo dos fue igual que el prototipo 1, pero en este caso se obtuvieron resultados diferentes, pues se eliminaron esas olas como consecuencia de un mal ajuste en el tiempo de exposición de las últimas capas, pero así mismo se obtuvo un error en los marcos de la rejilla, pues como se aprecia en la figura 3.33 se tienen aberturas que no deberían existir, de igual manera los ajustes realizados se exponen en la tabla 3.11.

Tabla 3.11 Configuración para impresión prototipo 2

| Configuración de impresión prototipo N° 2 | |
|--|----------|
| Tiempo de exposición de las primeras capas | 20(s) |
| Tiempo de exposición normal | 2(s) |
| Tiempo entre exposiciones | 0.5(s) |
| Espesor de capa | 0.05(mm) |

3.11.9 Prototipo 3

La calidad de las piezas ha ido variando, muestra de ello son los cambios significativos que se dan en cada uno de los modelos, de los primeros modelos impresos se puede intuir que tanto el

valor del tiempo de exposición como el tiempo de exposición entre exposiciones son los causantes que se vean dichos cambios, pues al configurar con un mayor tiempo de exposición en las primeras capas se tienen las deformaciones que se observan en la Figura 3.34.



Figura 3.34 Impresión prototipo 3

Para el proceso de impresión del prototipo 3 se hicieron ajustes aumentando el tiempo entre exposiciones como se observa en la tabla 3.12 para poder lograr una formación más uniforme de la impresión, con lo cual se logró reducir el detalle que existía en la pieza de prueba 2 y que se lo puede apreciar de mejor manera en la imagen 3.34, de esa manera se van obteniendo mejores resultados y así poder llegar al prototipo final que se asemeje al modelo original.

Tabla 3.12 Configuración para impresión prototipo 3

| Configuración de impresión prototipo N° 3 | |
|--|----------|
| Tiempo de exposición de las primeras capas | 20(s) |
| Tiempo de exposición normal | 2(s) |
| Tiempo entre exposiciones | 1(s) |
| Espesor de capa | 0.05(mm) |

3.11.10 Prototipo 4

Para la impresión del prototipo 4 ya se tomaron ajustes necesarios, buscando que las paredes de la pieza sean uniformes y no presenten deformidades en sus capas superficiales y por ello el tiempo entre exposiciones fue lo que se enfocó en cambiar.



Figura 3.35 Impresión prototipo 4

La impresión del modelo de prueba 4 como se aprecia en la figura 3.35 ya cuenta con una superficie sólida y acabados que concuerdan con los del modelo original, para ello se tuvo que realizar diferentes configuraciones, en este caso se aumentó el tiempo de exposición al doble que sería 4 segundos, como se puede apreciar en la tabla 3.13.

Los valores que se modificaron fueron realizados en este caso también en las primeras capas de impresión debido a que se esperaba con un mayor tiempo de exposición la impresión sea más exacta y no se den errores en el material, lo cual si fue posible y se obtuvo un modelo que se asemeja al original.

Tabla 3.13 Configuración para impresión prototipo 4

| Configuración de impresión prototipo N° 4 | |
|--|----------|
| Tiempo de exposición de las primeras capas | 28(s) |
| Tiempo de exposición normal | 4(s) |
| Tiempo entre exposiciones | 0.5(s) |
| Espesor de capa | 0.05(mm) |

3.12 Impresión de perilla de calefacción

Se realizó una impresión de perillas de calefacción de un vehículo para poder aprovechar las cualidades de la impresora y a su vez comprobar ya con los ajustes realizados previamente el

obtener una pieza funcional y que pueda ser usada de manera óptima en el uso diario del vehículo.

Como se aprecia en la Figura 3.36 se realizó un diseño 3D de la perilla en el programa Solid Works, tomando en cuenta los pequeños detalles de la misma, ya que al ser una pequeña pieza y de uso constante por el ajuste de calefacción es que se contempla sea una pieza que a pesar de no ser la original pueda parecerlo y suplir a aquella pieza original que en ocasiones es difícil conseguirla ya sea por el precio o por no encontrarse en el mercado.



Figura 3.36 Diseño 3D de Perilla de Calefacción

3.12.1 Asignación de área de impresión de Perilla de Calefacción

La asignación del área de impresión debe ser seleccionada tomando en cuenta que una superficie lisa de la pieza y que no cuente con mayores detalles sea la que esté en contacto con la base de impresión, como se observa en la Figura 3.37.

La ubicación de la pieza es determinante en cuanto a la cantidad de detalles que se pueden obtener, pues de ubicarla de manera errónea ocasionará que se deban colocar más soportes y en dónde podrían afectar al acabado, pues al momento de ser retirados si no se toman en cuenta sus dimensiones y la forma de retirarlos puedes causar que se desprendan trozos de la pieza que afectará significativamente la pieza, especialmente en piezas pequeñas, pues por su tamaño se necesita ser preciso en todos los ajustes previos y evitar las situaciones antes mencionadas.

La aplicación de laminado también es algo a considerar pues en el mercado existen una gran variedad de programas a los cuales acceder de manera gratis y segura, mencionando que mientras más características se necesiten se tendrá que usar suscripciones de programas para gozar de todas sus características.

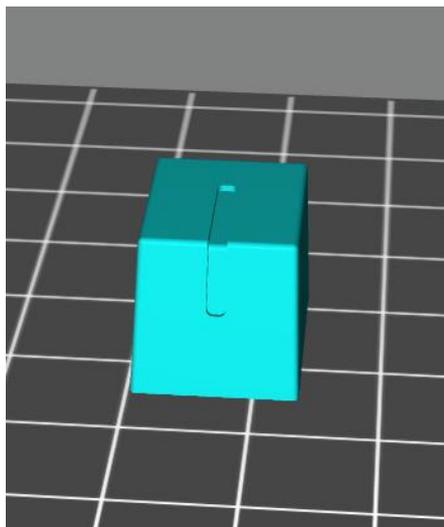


Figura 3.37 Asignación de área de impresión de perilla

En el caso de piezas pequeñas y con detalles internos sigue siendo la mejor opción la antes mencionada pues como se observa en la Figura 3.38 desde una vista inferior, el área en donde se aprecian ciertas líneas es la que estará en contacto con la base de impresión, permitiendo así que se generen capas firmes, que no interfieran con el agujero de la pieza por el cual se acoplará al tablero de control del aire acondicionado del vehículo.

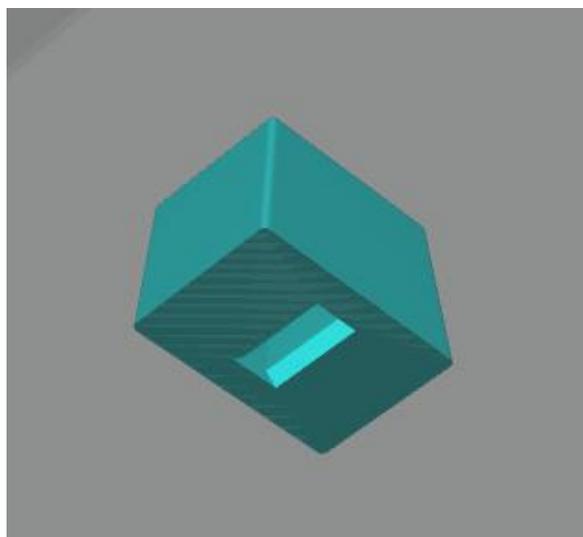


Figura 3.38 Vista inferior en área de impresión de perilla

3.12.2 Condiciones y usos de soportes de impresión.

En el caso de la pieza de la Figura 3.37, no es necesario establecer soportes de impresión, pues esta posee una superficie sólida, lo cual evita que se genere lo que comúnmente se conoce como una “impresión al aire” y permite una impresión continua y por ende no se corre el riesgo de que posteriormente se desprenda de la placa de impresión.

3.12.3 Renderización y estimación de tiempo de impresión.

Al tratarse de piezas de pequeño tamaño, es posible establecer múltiples piezas de la misma para una sola impresión, y de esa manera ahorrar tiempo, como fue en este caso, donde se estableció 6 piezas para una sola impresión.

El tiempo estimado que nos dio el programa para que se complete la impresión fue de unos 50 minutos, tal como se muestra en la Figura 3.39.

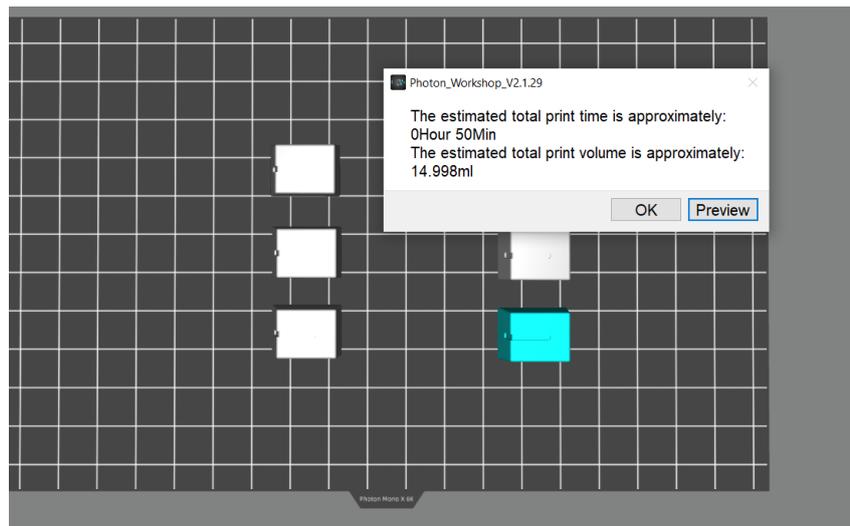


Figura 3.39 Estimación de tiempo de impresión de perilla

3.12.4 Curado de la pieza.

Las piezas impresas, son sometidas al proceso de curado, para finalizar su proceso de endurecimiento, para que, de esta manera, estén en las condiciones adecuadas para su uso.

Este proceso, como se ha indicado previamente, puede ser realizado utilizando una fuente artificial de rayos ultravioleta o una fuente natural como es el sol. En este caso, como con las piezas anteriores, se optó por la fuente natural.

3.12.5 Manipulación de la pieza post impresión.

La obtención de la pieza conlleva ciertas fases, en este caso se aborda sobre la manipulación de la misma, justo después de que la máquina haya terminado el proceso de impresión, por ello se debe hacer énfasis en la importancia de su correcta realización para obtener una pieza final de gran calidad y detalle.

3.12.6 Limpieza de impurezas.

La limpieza de impurezas es fundamental pues en ella se removerá todo ese excedente de material, pues la resina al estar en forma líquida estará presente en la superficie de la pieza, es

por ello que se debe retirar, pues de no hacerlo al momento en que la pieza haga contacto con la luz solar se endurecerá y ocasionará que la pieza tenga imperfecciones que no siempre se podrán corregir, por ello el retirar minuciosamente todo ese excedente es vital como se aprecia en la Figura 3.40.



Figura 3.40 Limpieza de impurezas post impresión de perillas

3.12.7 Curado mediante exposición al sol.

En este caso, al tratarse de piezas pequeñas, el tiempo estimado de exposición al sol es de entre 25 a 30 minutos aproximadamente, con una exposición a través de un cristal o cobertura transparente que sirva de protección para las piezas tanto del viento como de posibles basurillas.

Un factor más a tener en cuenta, es que la superficie en la que estarán las piezas mientras se encuentran expuestas al sol debe estar limpia, caso contrario, cualquier tipo de pequeña basura que se encuentre en dicha superficie puede pegarse a la pieza y una vez terminado el proceso de secado, será muy difícil de eliminar y que se aprecia en la Figura 3.41.



Figura 3.41 Curado de perilla post impresión

En este caso, se utilizó una bolsa plástica transparente, para evitar que las piezas entren en contacto con el polvo u otro factor externo que pueda afectar a la pieza durante el proceso de curado.

El proceso de impresión conlleva una serie de procesos que garantizan la calidad final sea con un gran detalle y de muy buena calidad, por ello se realizó minuciosamente cada etapa.

3.13 Acabado final de la perilla

Se obtuvo una pieza funcional como se aprecia en la Figura 3.42 y que cumple con los requerimientos de diseño para poder ser usada diariamente sin ningún inconveniente por el conductor de un vehículo.

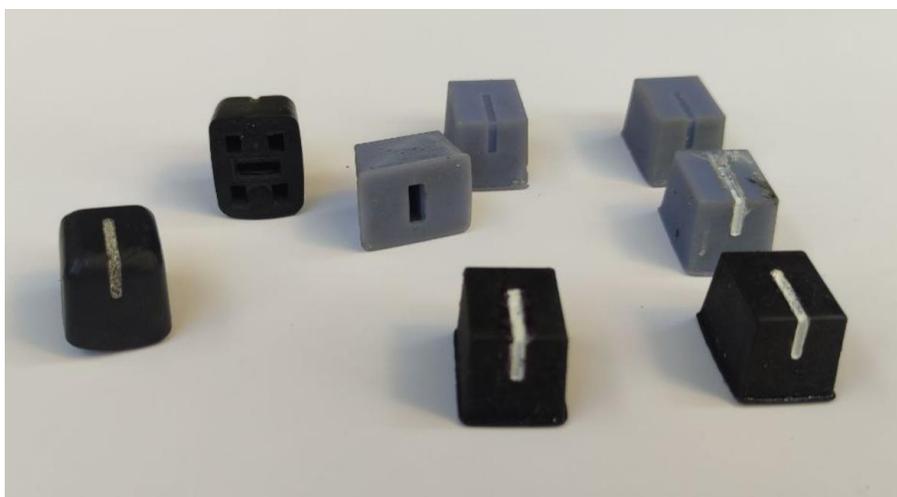


Figura 3.42 Resultado de Impresión de la perilla de calefacción

CAPÍTULO IV

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Se concluye que la impresión 3D por medio de una máquina de tecnología MSLA “estereolitografía enmascarada” permite un ahorro considerable en el tiempo de impresión durante la reproducción simultánea de varios modelos, comparando el tiempo necesario para imprimir la pieza prototipo de la rejilla de calefacción con una impresora de filamento de modelo Core xz. El tiempo de impresión con la máquina de filamento sería alrededor de 10 horas, mientras que con el uso de una máquina de impresión 3D MSLA el tiempo sería de 6 horas y 30 minutos aproximadamente, reduciéndolo notablemente en un 35% con respecto al de la impresora de filamento.
- El diseño estructural realizado fue sometido a un análisis de elementos finitos, en donde se seleccionó una malla de calidad alta y densidad fina, con una carga aplicada en el eje Z de 60N, el cual estará sometido todo el tiempo a diferentes cargas durante el proceso de impresión, como resultado del análisis se obtuvo que se desarrollará en el cuerpo estructural una deformación máxima de 0.12 mm, valor el cual que no presenta problemas en la estructura, asegurando así que en conjunto con las diferentes partes móviles seleccionadas funcionarán de manera correcta brindando confiabilidad al momento de usar la máquina.
- La calidad final de una pieza dependerá de las configuraciones establecidas en la impresora, por ejemplo, en base a la piezas de prueba y a la perillas de calefacción reproducidas al ser piezas pequeñas, es posible establecer tiempos cortos de exposición a la luz ultravioleta (entre 0,5 y 0,75 segundos) para la generación de las capas sin que se produzcan variaciones relevantes, mientras que en una pieza relativamente grande, se deberá establecer un tiempo de exposición más prolongado (de 1 segundo en adelante), para asegurar la correcta formación y unión de cada capa que conformara el objeto impreso y evitar que se formen imperfecciones.

- Al momento de realizar el proceso de curado de las diferentes piezas obtenidas en el presente trabajo se estimó que es importante tener en cuenta el tiempo en que la pieza está expuesta a los rayos directos del sol, pues en las piezas de prueba con 37 minutos de curado se logró una pieza sólida y de gran calidad, mientras que el prototipo de rejilla con un tiempo de 52 minutos y la perilla de calefacción con 30 minutos de curado, obtuvieron un resultado similar, mostrando así que a más detalles se necesitará un mayor tiempo de curado, por ello es necesario tener cuidado con el manejo del tiempo, pues una exposición prolongada puede ocasionar que se generen manchas en la superficie de la pieza.

4.2 RECOMENDACIONES

- Realizar un análisis previo de la pieza a construir, tanto de su estructura como ubicación, pues es preciso contar con toda la información necesaria sobre las condiciones de trabajo en donde se encontrará, así como también los detalles precisos que conforman la pieza y del mecanismo al que será acoplada, pues se debe tomar en cuenta que existen materiales que podrán encajar, pero otros que por sus propiedades no permitirán un correcto acople y por ello se debe usar resinas que sean resistentes pero que al mismo tiempo brinden cierta flexibilidad para poder funcionar correctamente.
- Realizar pruebas de funcionamiento de diversas piezas impresas en diferentes tipos de resina y experimentar su comportamiento en altas temperaturas en condiciones reales de trabajo, ya que por cualidades físicas propias de determinadas resinas es necesario determinar cual podrá ser más eficiente y verificar así la viabilidad de aplicar la impresión 3D de autopartes con tecnología MSLA en lugares específicos del vehículo en dónde actualmente sería complicado acoplarlas.
- Con base en los resultados obtenidos durante las fases de impresión de las diferentes piezas en el presente trabajo, se recomienda aplicar la tecnología de impresión 3D MSLA en piezas de menor tamaño, por el gran detalle y acabado final que se puede lograr, además de usarlo en piezas con mecanismos que requieran una gran precisión y representen una mayor complejidad en el proceso de impresión.
- Es recomendable utilizar un sistema de curación con luces ultravioleta para el proceso de tratamiento post-impresión. Esto ayudará a garantizar una exposición uniforme a la luz UV, pues al permitir una exposición de 360 grados se eliminará el riesgo de producir manchas por quemaduras de la pieza, gracias al control sobre el tiempo de funcionamiento de las luces ultravioleta, mejorando sustancialmente la calidad y durabilidad de las piezas impresas en 3D.

Bibliografía

1. Ajustes de la resina previo a impresión. (2023, 30 mayo). Anycubic Wiki.
<https://wiki.anycubic.com/en/resin-3d-printer/monophoton-x6ks#manual>
2. Arunan. (2023, julio). *Resina resistente flexible líquida Anycubic*. IndiaMART.
<https://www.indiamart.com/proddetail/anycubic-flexible-tough-resin-2852413404073.html>
3. AVALOS, L. (6 de Enero de 2023). newesc. Obtenido de
<https://newesc.com/problemas-de-impresion-a-resina-resueltos/>
4. Camarillo, A. (25 de noviembre de 2020). 330ohms. Obtenido de
<https://blog.330ohms.com/2020/11/25/impresoras-3d-filamento-o-resina/#:~:text=La%20tecnolog%C3%ADa%20de%20las%20impresoras%20D%20de%20filamento,PG%2C%20PTU%2C%20TP%2C%20Nylon%2C%20ASA%20y%20materiales%20compuestos.>
5. Carabalí Farinango, E. L., & Coral Salinas, E. S. (2016). Departamento De Ciencias De La Energía Y Mecánica Carrera De Ingeniería Mecatrónica Trabajo De Titulación Previo A La Obtención Del Título De Ingeniero En Mecatrónica [Thesis]. Espe.
6. Chanzuckerberg. (14 de Enero de 2021). Obtenido de
https://chanzuckerberg.com/wp-content/uploads/2021/08/3D-Slicer_Logo_Horizontal-Sonia-Pujol.jpg
7. ¿Cómo Funciona La Tecnología Msla?. (2023, 17 enero). Weerg.com. Recuperado 8 de abril de 2023, de
<https://www.weerg.com/es/guias/impresion-3d-como-funciona>
8. EAFImoro. (31 de Octubre de 2012). EAFImoro.12. Obtenido de
https://eafimoro12.blogspot.com/2012_10_01_archive.html
9. El-Sayegh, S., Romdhane, L., & Manjikian, S. (2020). A critical review of 3D printing in construction: benefits, challenges, and risks. In Archives of Civil and Mechanical Engineering (Vol. 20): Springer.
10. *Guías Lineales*. (2017). www.tecnopower.es
11. Hanaphy, P. (2023, 5 septiembre). Tecnologías de impresión como material de aporte resina. Experto en escaneo 3D.
https://lh4.googleusercontent.com/T3-pErt1hubdIXWYsuCMrsDFyR44TC3nTgIPIamg14pK6z3DDyuTxVZOmYtw96hIM5wx98acjrL5axD0L-Gn1azH4IqbfejB18B_1REBpfpRVnzVVQf7xfeQCeXoEJ3_5Ebxw03fCbzL8zHvtoRIgA
12. Impresión 3d. (10 de 2022). Obtenido de
<https://latinoamerica.autodesk.com/solutions/3d-printing>
13. Ion. (2020). *Placa base*. 3DJake.
https://c-3d.niceshops.com/upload/image/product/large/default/23112_75edf12f.512x512.jpg
14. Jorquera Ortega, A. (2017). Fabricación Digital: introducción al modelado e impresión 3D. Ministerio de Educación y Formación Profesional de España.
<https://elibro.net/es/ereader/utnorte/49441?page=44>

15. Josué, B., & Alvarado, C. (2018). Estudio para el modelado e impresión 3D de autopartes.
16. Juan Carlos Bonilla Arroyo, & Santiago Javier Dávalos Ávila. (2006). ESCUELA Politécnica Del Ejército "Prototipo De Impresora Para Modelos 3d En Cera". Escuela Politécnica Del Ejército.
17. Kim, S., & Kim, H. (2018). The development of adjustable 3D printer module. International Conference on Electronics, Information and Communication, ICEIC 2018.
18. Kubala, T. (2011). Electricidad 4: motores de CA/CC, controles y mantenimiento (9a. ed.). Cengage Learning. <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/76611?page=342>
19. Kuthe, S., Schlothauer, A., Bodkhe, S., Hulme, C., & Ermanni, P. (2022). 3D printed mechanically representative aortic model made of gelatin fiber reinforced silicone composite. *Materials Letters*, 320, 132396-132396. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2022.132396>
20. Li, A. (2022, 27 diciembre). *Fuente de luz ultravioleta*. Alibaba.com. https://spanish.alibaba.com/product-detail/UV-LED-curing-matrix-UV-led-62401975263.html?spm=a2700.pccps_detail.0.0.2d1c13a0ZXBQLv#
21. Luis Alberto Esquivel, H. (2009). Procesos de soldadura. In Mexico.
22. Luo, L. (2023, 29 abril). *Pantalla Monocromática LCD*. Alibaba.com. <https://spanish.alibaba.com/product-detail/4K-Mono-Lcd-7-7-6-1600587949426.html#>
23. Ma, Z. (2011, 1 junio). *Calibres Pie de Rey*. Made-in-China. https://es.made-in-china.com/co_tide-tools/product_Vernier-Calipers_ruooiinnngg.html
24. Manual Chitubox. (2022). Obtenido de <https://manual.chitubox.com/en-US/docs/chitubox-basic/latest/introduction>
25. Mars, J. (2021, 17 abril). *Ventilador de 12V*. Amazon. <https://www.amazon.com/-/es/Ventilador-F-8015H12BII-3-150-ventilador-volumen/dp/B093BNRFDL>
26. Materiales de impresión SLA. (2023). Obtenido de <https://formlabs.com/es/blog/materiales-impresion-3d/>
27. Nguyen, N. D., Ashraf, I., & Kim, W. (2021). Compact model for 3d printer energy estimation and practical energy-saving strategy. *Electronics (Switzerland)*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/electronics10040483>
28. Omar Bustamante Alarcón Iván Mauricio Salazar Carrión, J. (2014) Escuela Superior Politécnica Del Litoral.
29. *Placa de Construcción*. (2022, 30 marzo). Amazon.com.mx. https://m.media-amazon.com/images/I/41BiFrvTZQL._AC_SX522_.jpg
30. Rajamanickam, P., & Mulla, R. Y. (2017). Cloud Based 3D Printer.
31. Regina, F., Lavecchia, F., & Galantucci, L. M. (2018a). Preliminary study for a full colour low cost open source 3D printer, based on the combination of fused deposition modelling (FDM) or fused filament fabrication (FFF) and inkjet printing. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 12(3), 979-993. <https://doi.org/10.1007/s12008-017-0432-x>

32. Roberson, D. A., Espalin, D., & Wicker, R. B. (2013). 3D printer selection: A decision-making evaluation and ranking model. *Virtual and Physical Prototyping*, 8(3), 201-212. <https://doi.org/10.1080/17452759.2013.830939>
33. Romero, E. (10 de 06 de 2019). INESEM. Obtenido de <https://www.inesem.es/revistadigital/diseno-y-artes-graficas/tecnologias-de-impresion-3d/#:~:text=El%20proceso%20de%20impresi%C3%B3n%203D%20permite%20fabricar%20objetos,con%20los%20que%20nos%20referimos%20a%20estas%20tecnolog%C3%ADas.>
34. Romero-Alva, V., Alvarado-Diaz, W., & Roman-Gonzalez, A. (2018). Design of a 3D Printer and Integrated Supply System. *Proceedings of the 2018 IEEE 25th International Conference on Electronics, Electrical Engineering and Computing, INTERCON 2018*.
35. Sánchez, A. (2015). Impresora 3d De Escritorio Basada En El Modelo Opensource Para La Elaboración De Objetos Físicos. Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil Facultad De Ingenierías Carrera De Ingeniería Electrónica Proyecto Técnico Previo A La Obtención Del Título De: Ingeniero Electrónico.
36. Shi, Z., Blecker, C., Richel, A., Wei, Z., Chen, J., Ren, G., . . . Haubruge, E. (2022). Three-dimensional (3D) printability assessment of food-ink systems with superfine ground white common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) protein based on different 3D food printers. *LWT*, 155. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112906>
37. Soledad. (13 de Abril de 2021). 3d World. Obtenido de <https://www.3dworld.es/blog/5-errores-mas-frecuentes-en-la-impresion-3d-causas-y-soluciones/>
38. Su, Y. C., & Sun, C. T. (2015). Design of double negativity elastic metamaterial. *International Journal of Smart and Nano Materials*, 6(1), 61-72. <https://doi.org/10.1080/19475411.2015.1029604>
39. Sun, W., Feinberg, A., & Webster-Wood, V. Continuous fiber extruder for desktop 3D printers toward long fiber embedded hydrogel 3D printing. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4996271>
40. Wojtyła, S., Klama, P., Śpiewak, K., & Baran, T. (2020). 3D printer as a potential source of indoor air pollution. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17(1), 207-218. <https://doi.org/10.1007/s13762-019-02444-x>
41. Yi, J., LeBouf, R. F., Duling, M. G., Nurkiewicz, T., Chen, B. T., Schwegler-Berry, D., . . . Stefaniak, A. B. (2016). Emission of particulate matter from a desktop three-dimensional (3D) printer. *Journal of Toxicology and Environmental Health - Part A: Current Issues*, 79(11), 453-465. <https://doi.org/10.1080/15287394.2016.1166467>
42. Zhang, S., Duan, X., Li, C., & Liang, M. (2021). Pre-classified reservoir computing for the fault diagnosis of 3D printers. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 146. <https://doi.org/10.1016/j.ymsp.2020.106961>
43. 10 fallas comunes en la impresión 3D con resina y como solucionarlas.

- (2022,February). <https://www.liqcreate.com/wp-content/uploads/2022/02/Orange-peel.jpg>
44. 5axismaker. (202). 5axismaker. Obtenido de <https://support.5axismaker.com/hc/en-gb/articles/360009339799-CURA-Settings-for-printing-on-5XM>

ANEXOS

ANEXO I Propiedades de la resina Anycubic “Uv Tough Resin”

| | | | |
|------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------|
| Wavelength | 365-405nm | Elongation at Break | 30-50% |
| Density | 1.10-1.15g/cm ³ | Tensile modulus of elasticity | 800-1200MPa |
| Viscosity | 150-250MPa · s (25°C) | Flexural Strength | 50-60MPa |
| Hardness | 76Shore D | Flexural modulus | 900-1200MPa |
| Tensile Strength | 35-45MPa | IZOD Impact Strength | 50-60J/m |
| Warranty Period | 1.5years | Heat Deflection Temperature | 60 °C(0.45MPa) |

Bottom exposure times:20-70s Normal exposure time: 1.5-10s
(The best exposure time is subject to the actual printing effect.)

Figura I.1 Tabla de Propiedades de la resina Anycubic “Uv Tough Resin”



Figura I.2 Variedad de colores de la resina Anycubic “Uv Tough Resin”

ANEXO II Planos Generales de partes y piezas prototipo generadas para la impresora 3D

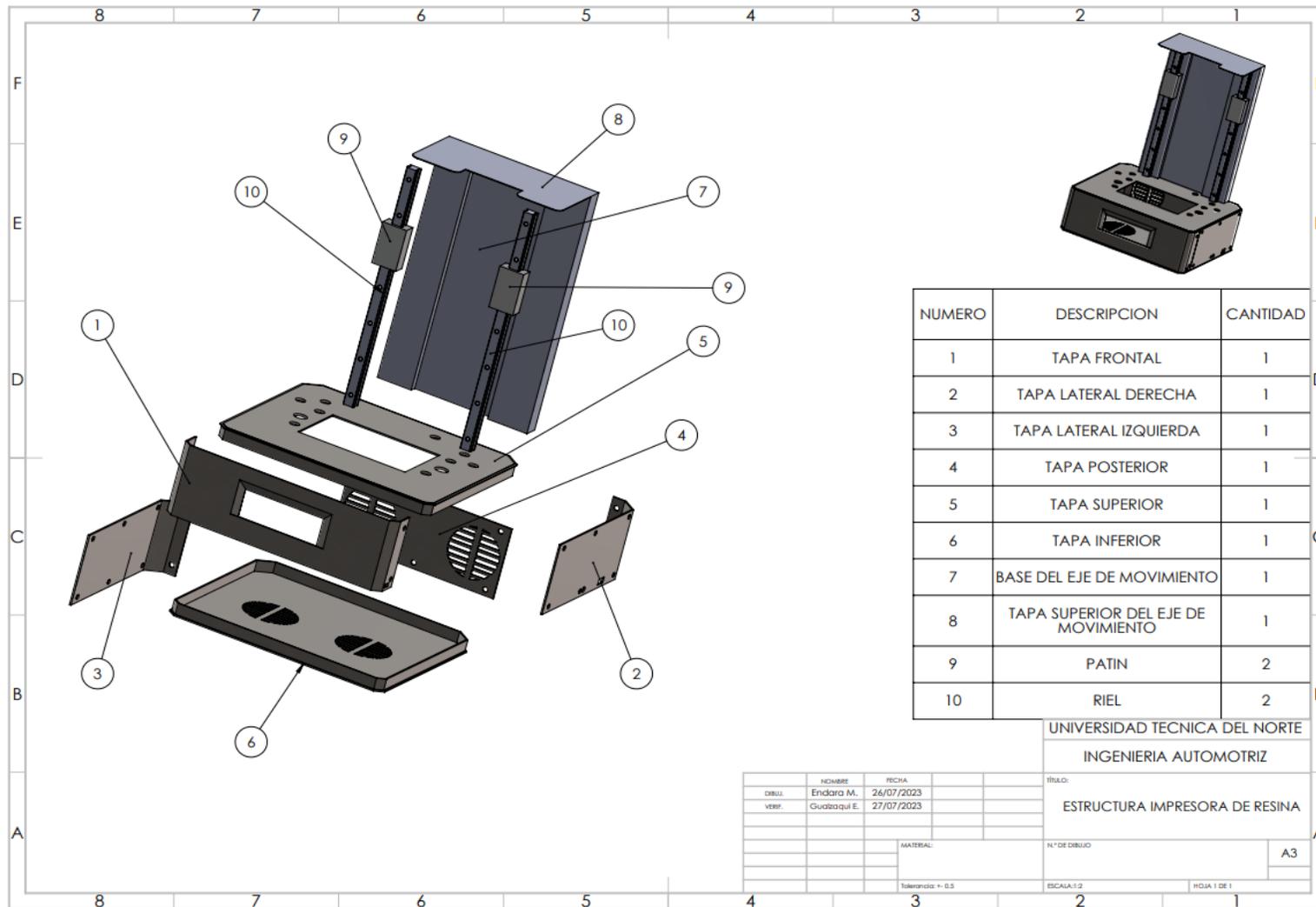


Figura II.1 Estructura Impresora de Resina

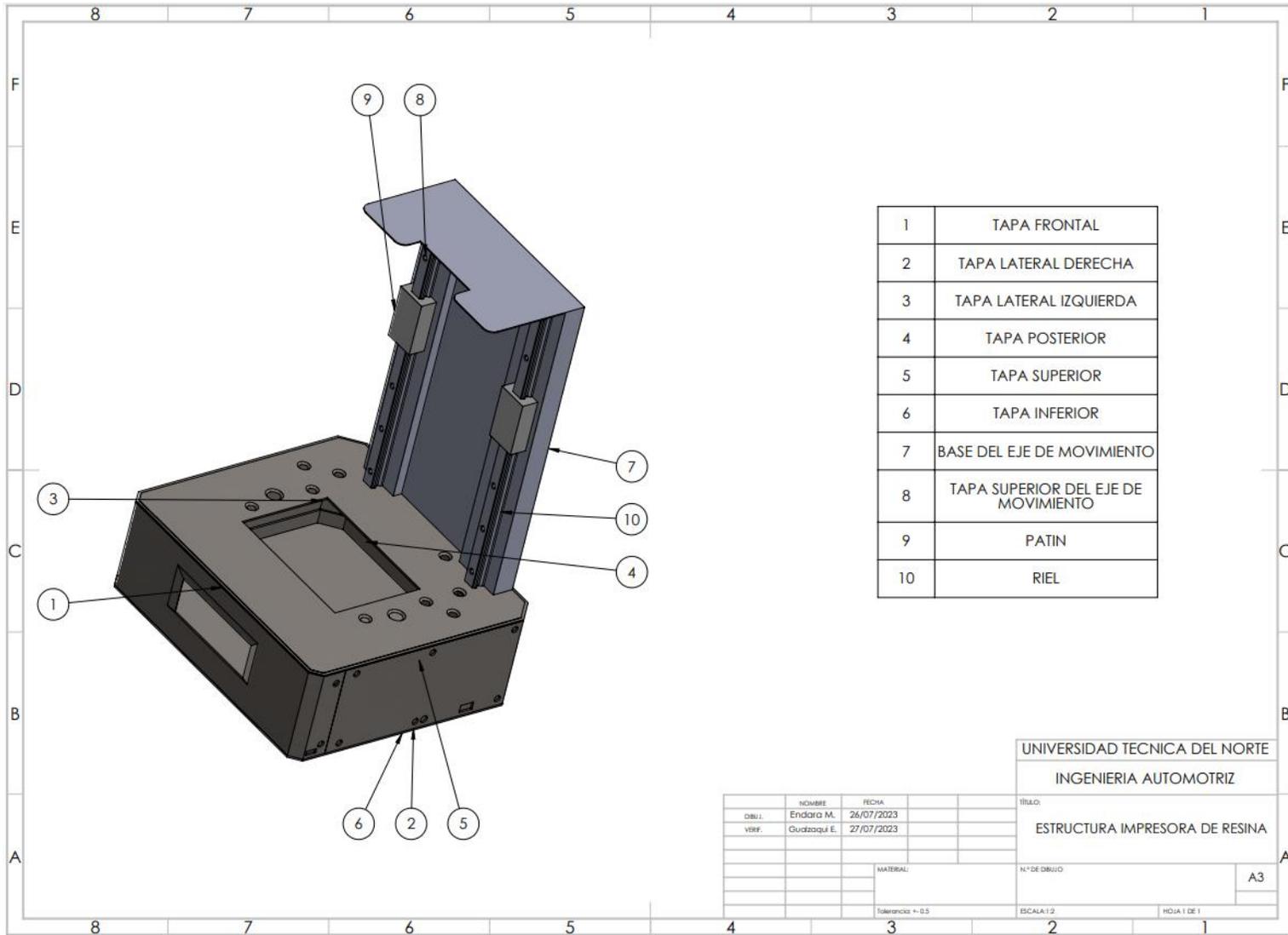


Figura II.2 Ensamble de Impresora de Resina

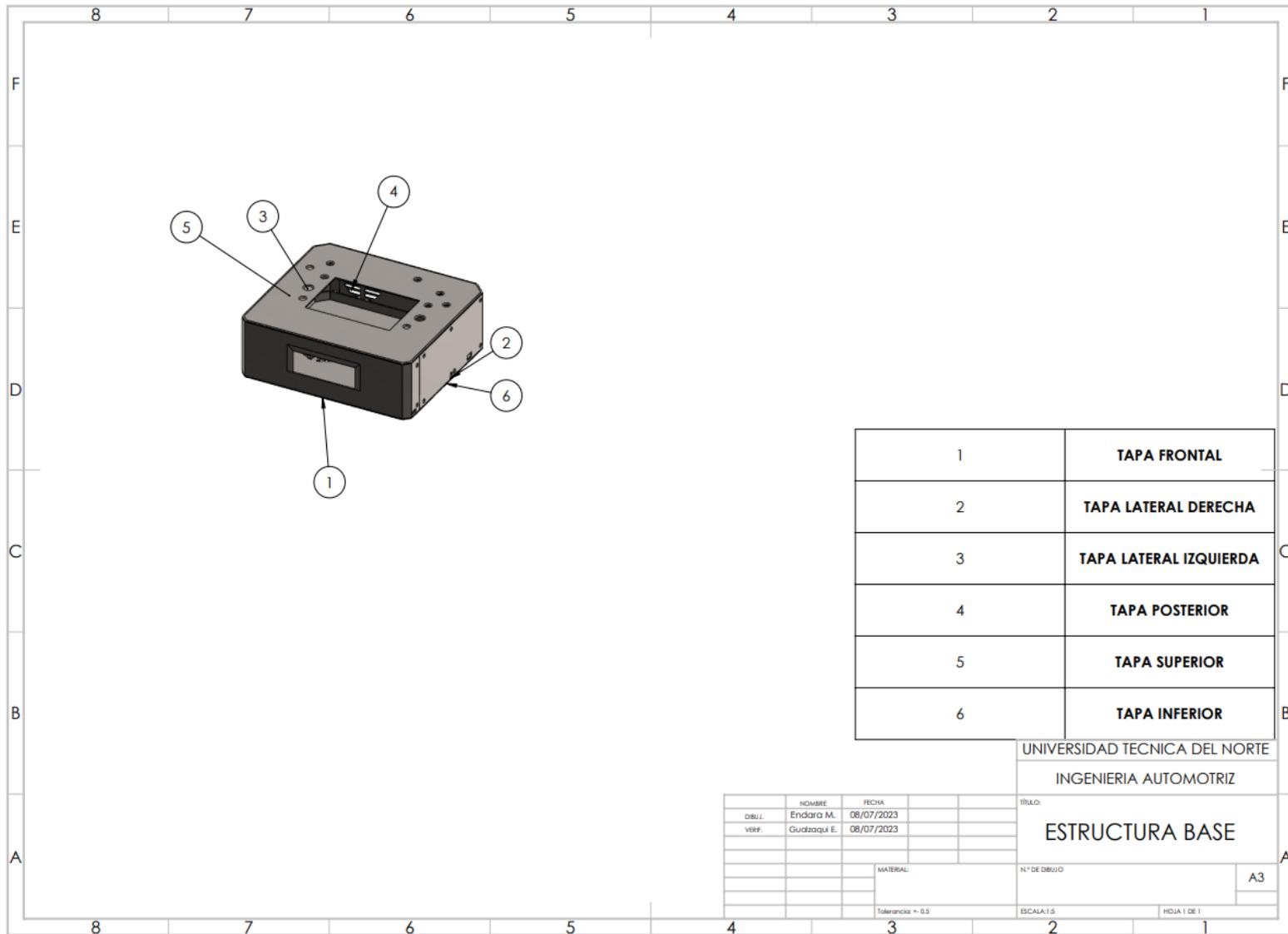


Figura II.3 Esquema de ensamble de Estructura base.

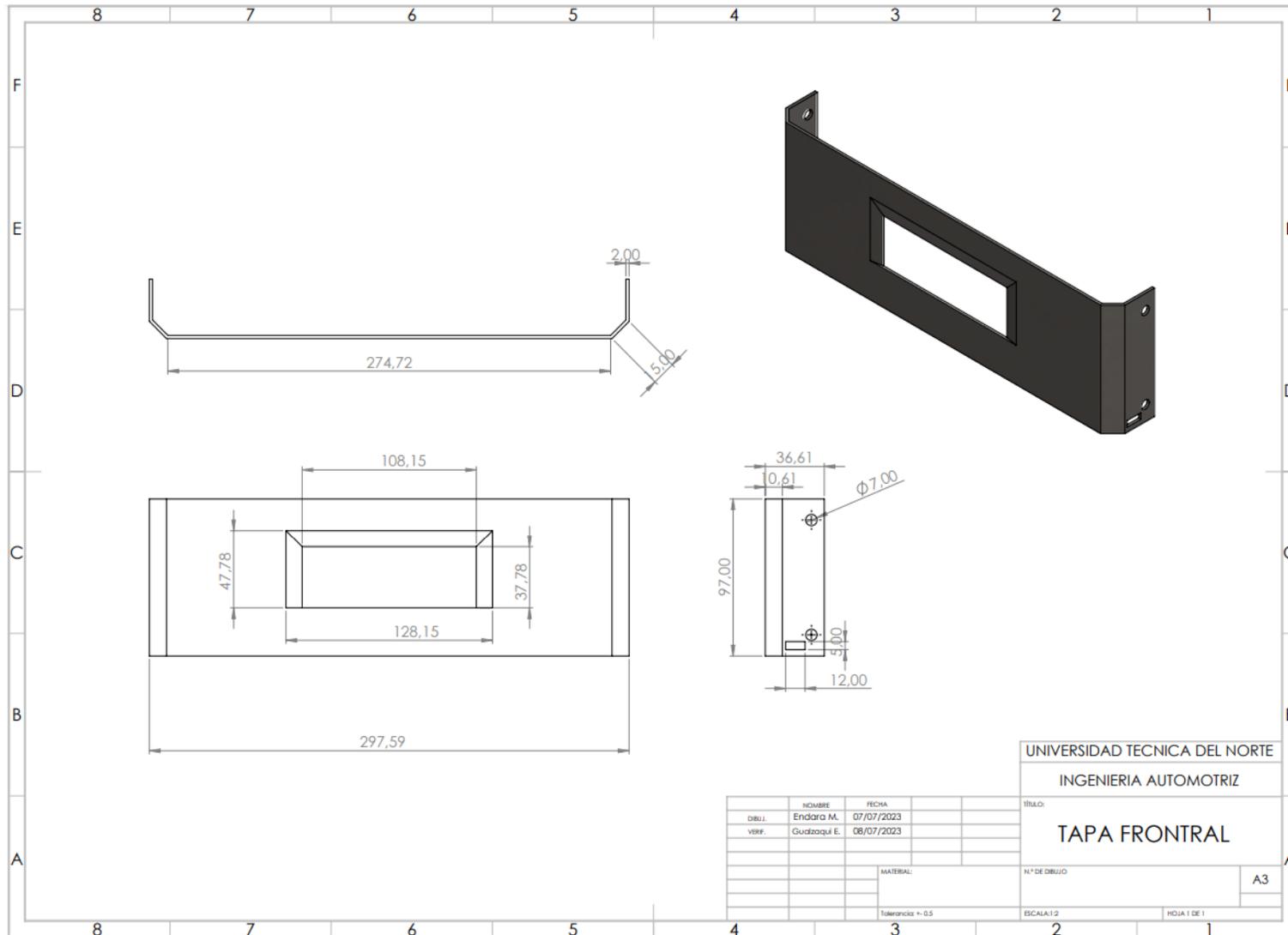


Figura II.4 Planos de Placa Frontal

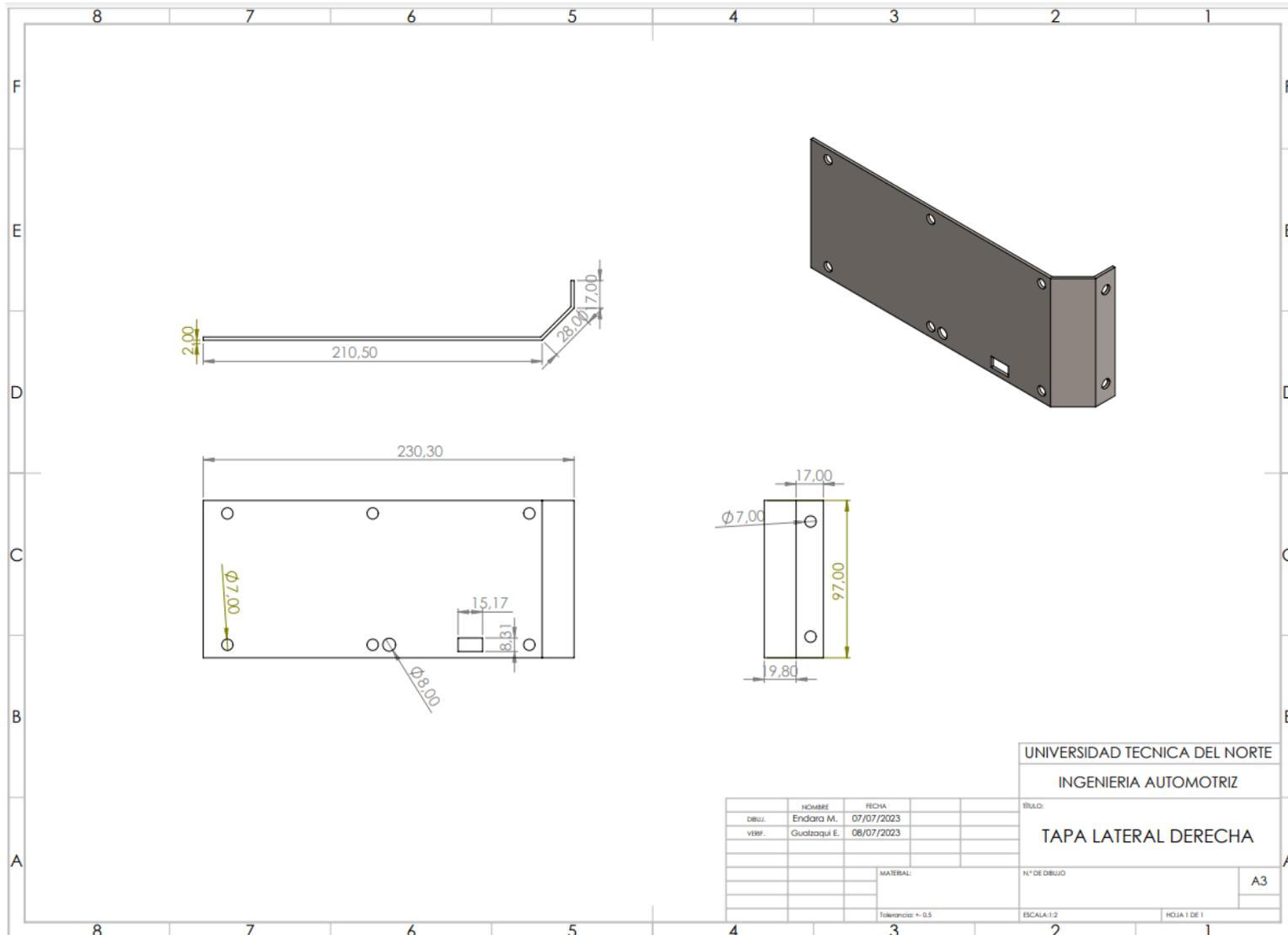


Figura II.5 Planos Tapa Lateral Derecha

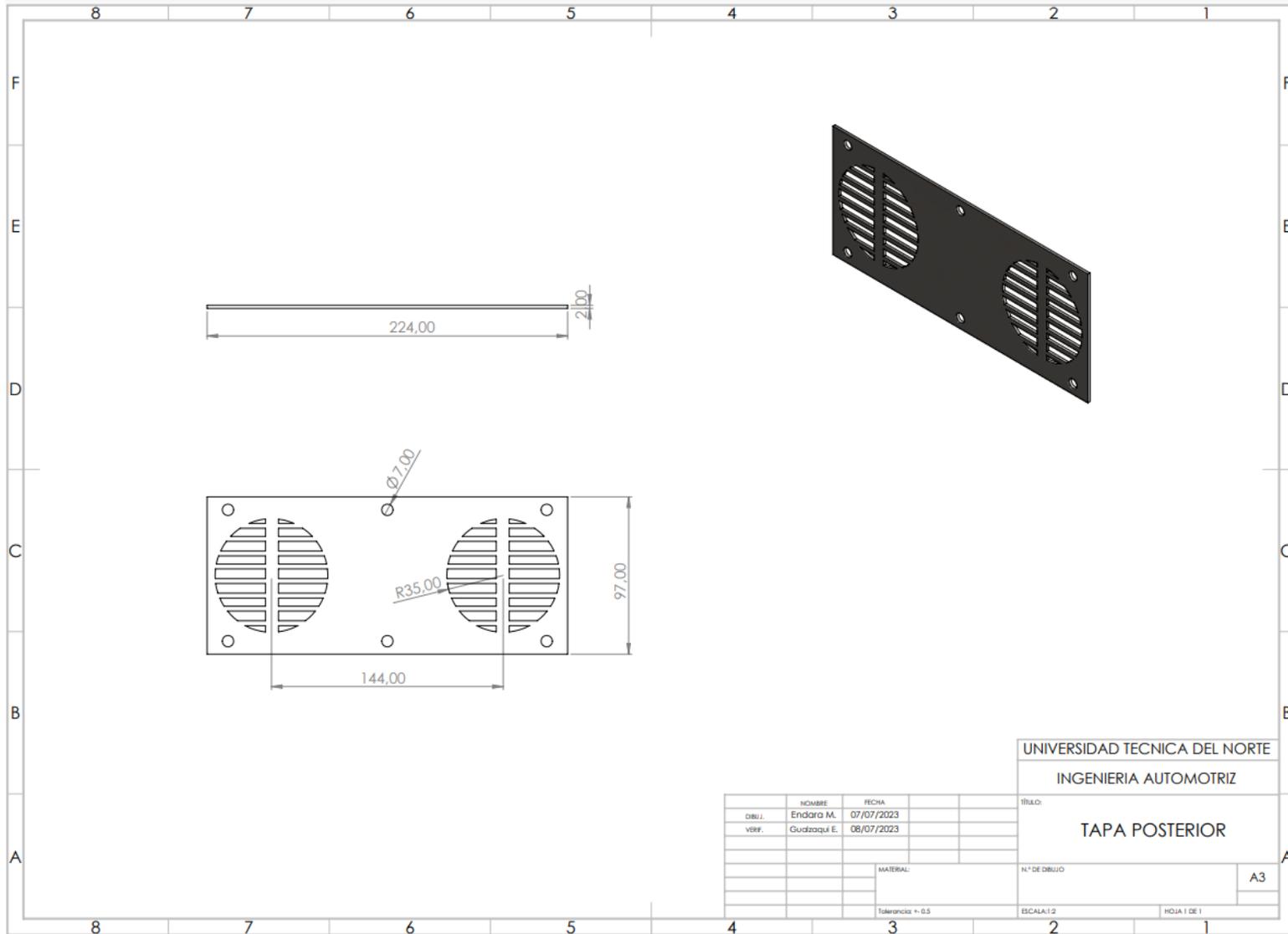


Figura II.7 Planos de Tapa Posterior

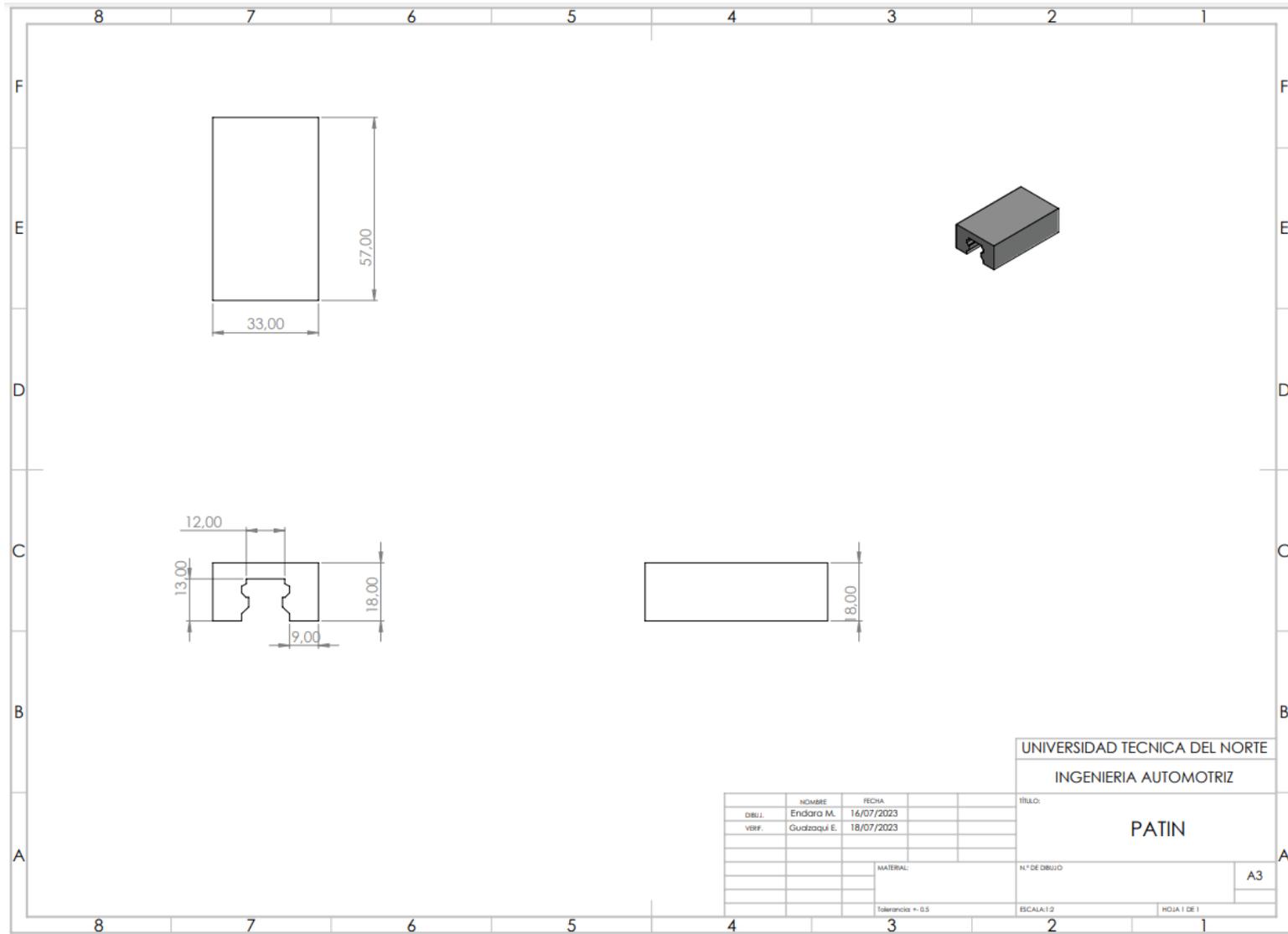


Figura II.11. Planos de Patín

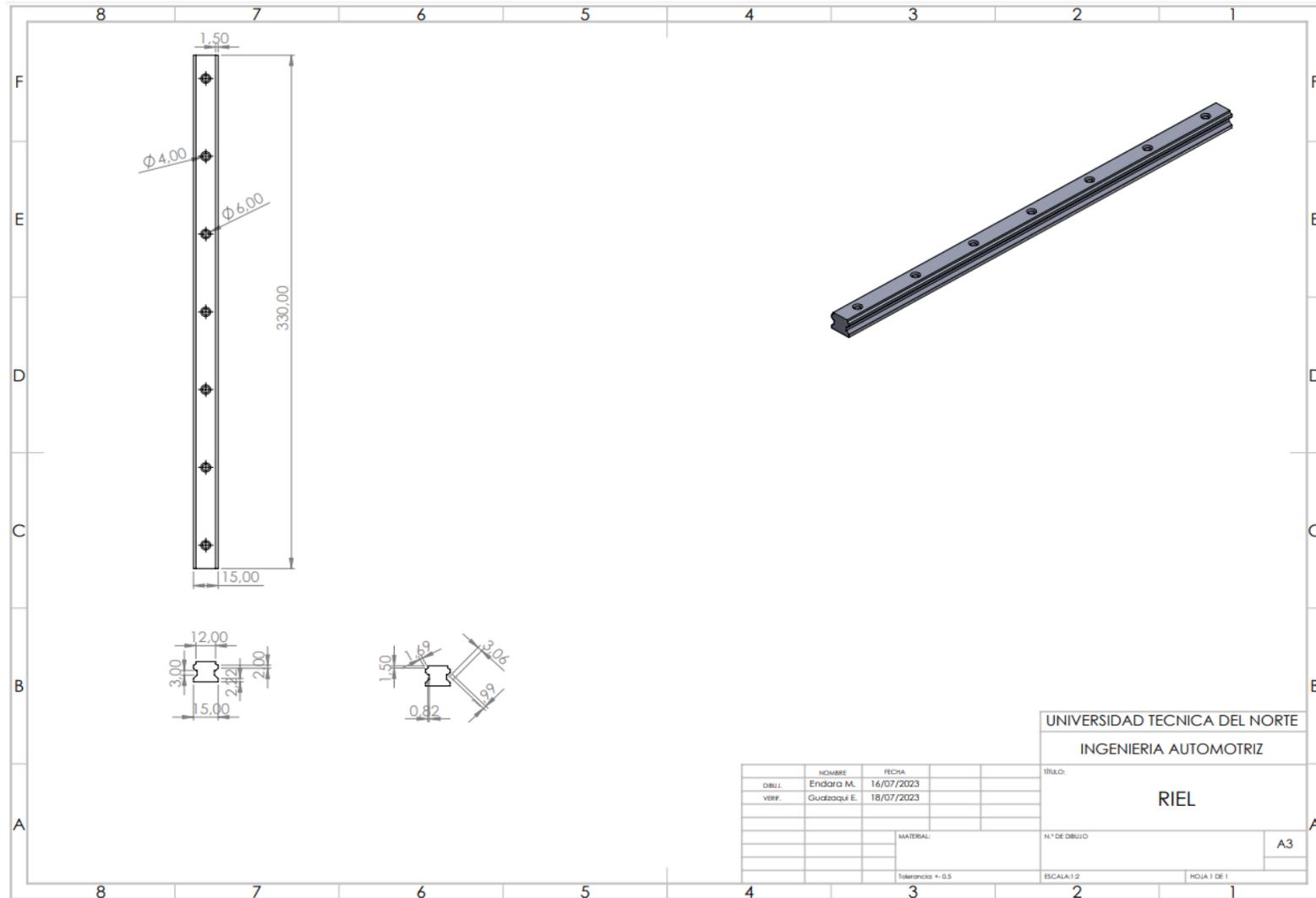


Figura II.12 Plano de Riel de movimiento

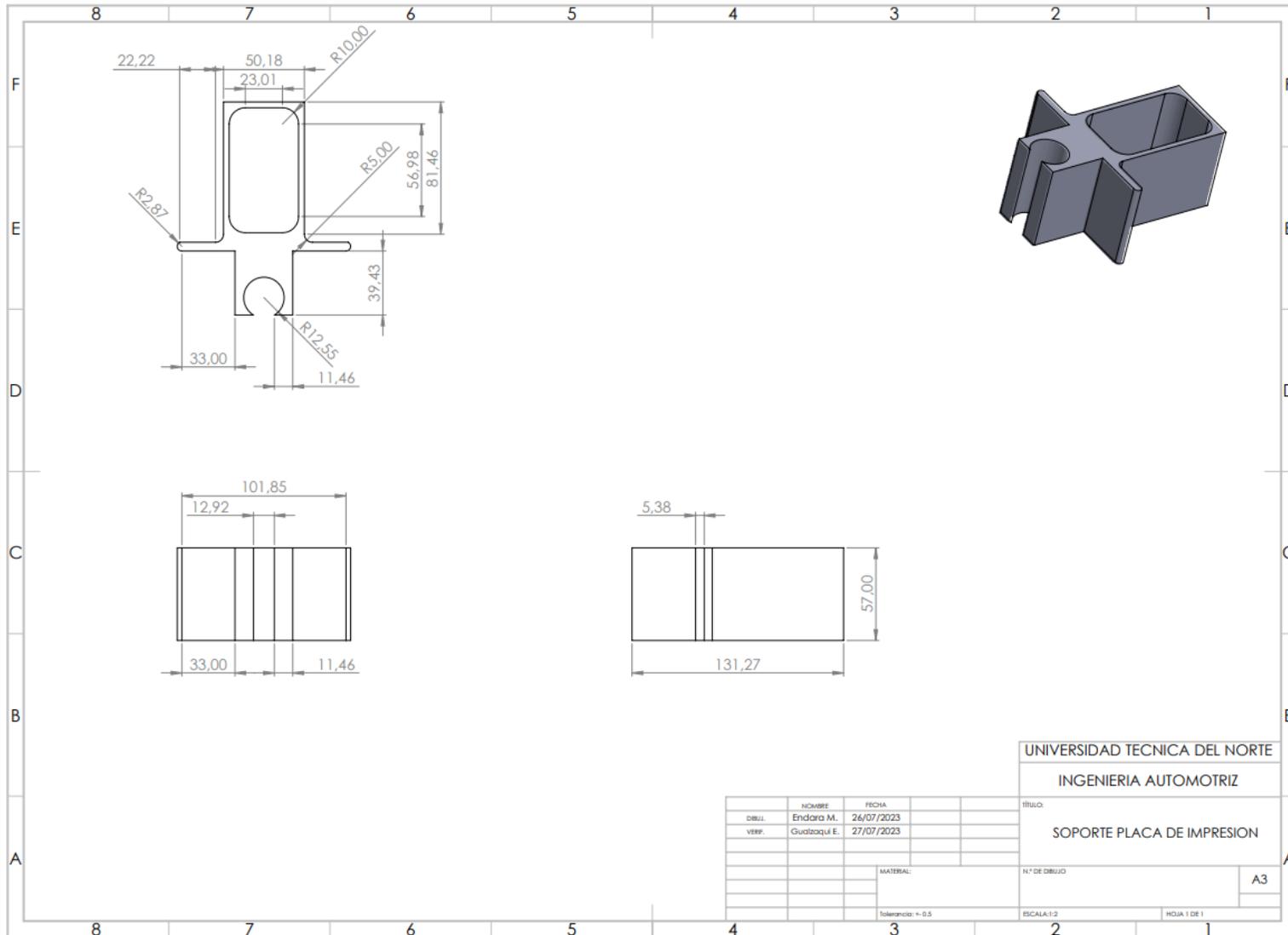


Figura II.15 Plano de Soporte placa de construcción

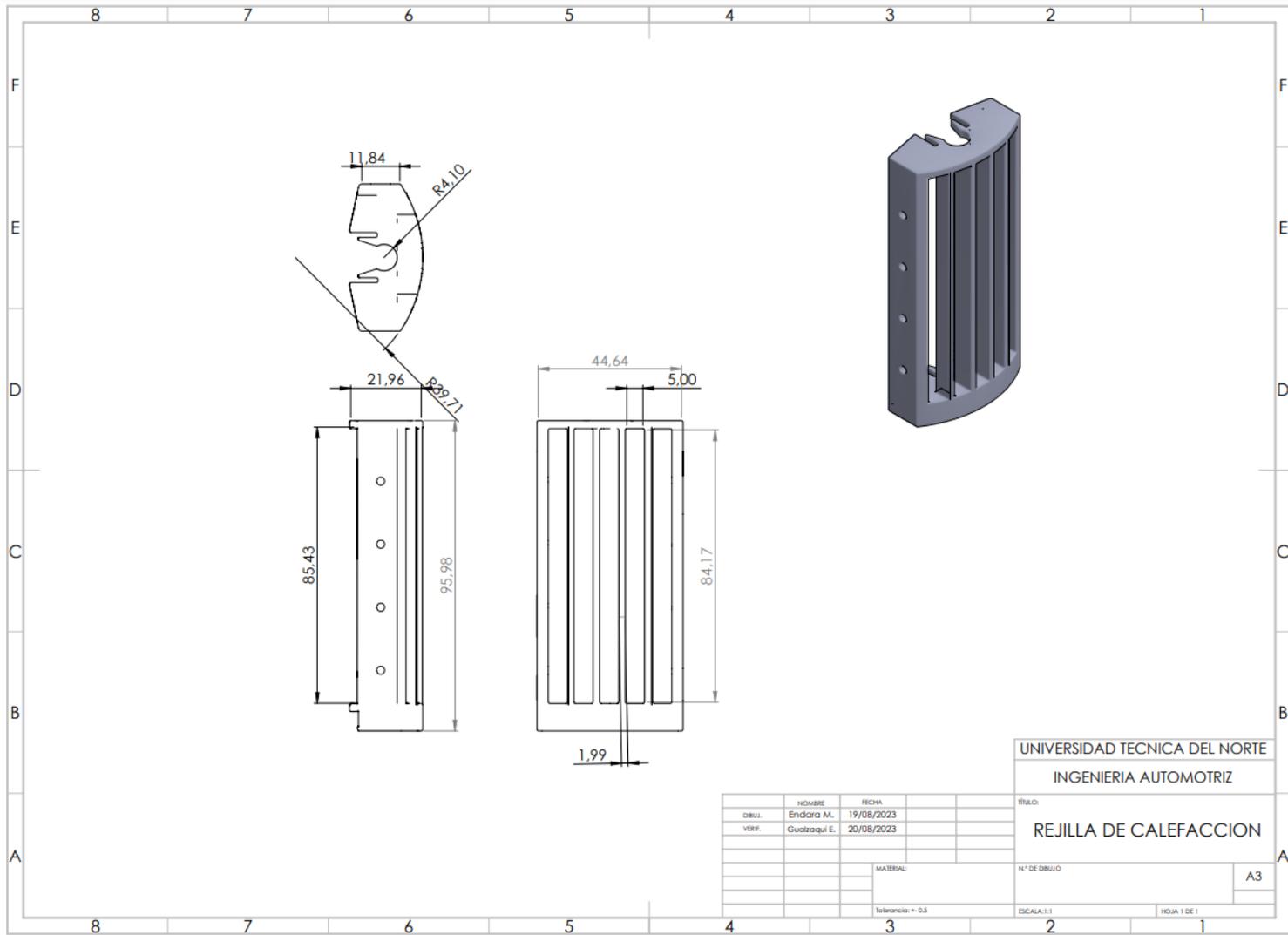


Figura II.18 Planos de Rejilla de Calefacción.

ANEXO III Dimensiones De motor Paso a Paso

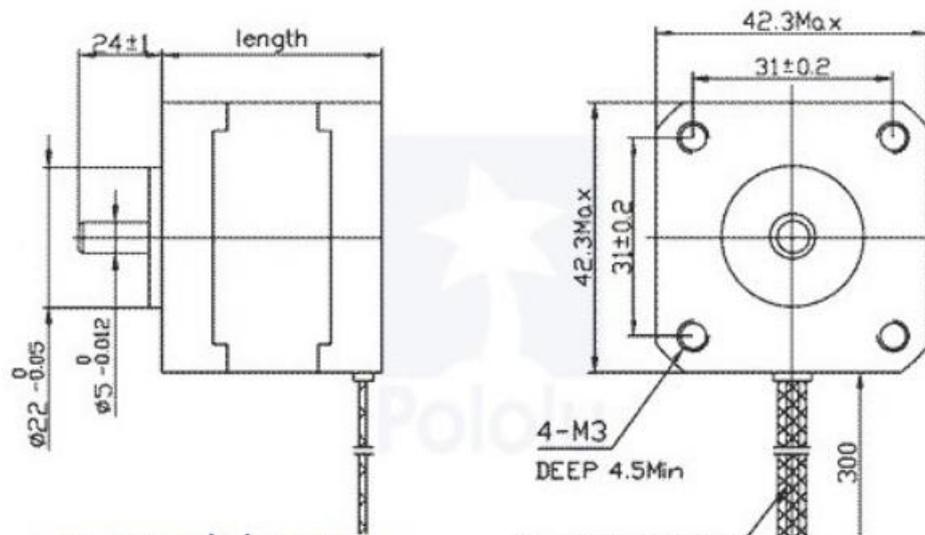


Figura III.1 Dimensiones Motor Paso a Paso

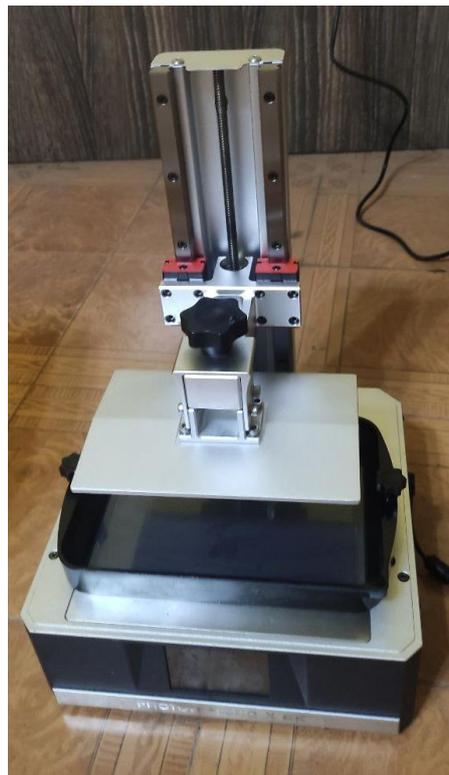
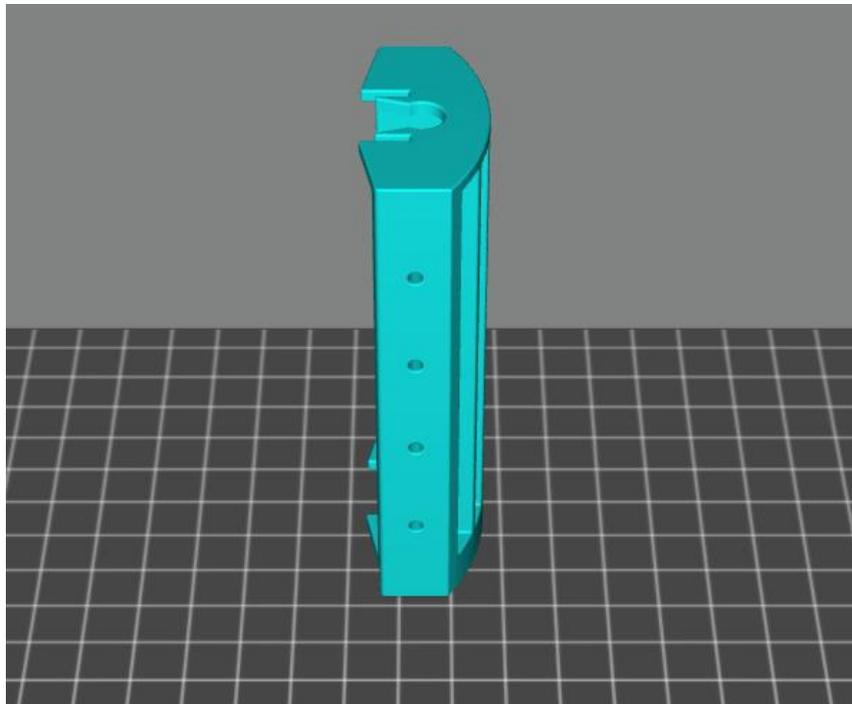
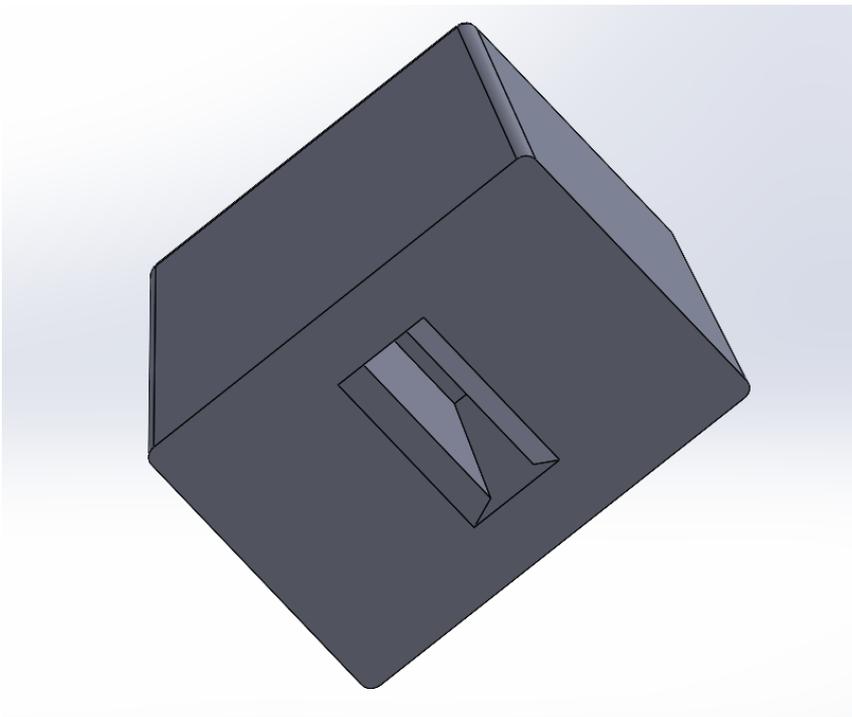


Figura IV.1 Impresora Ensamblada con Partes Móviles

ANEXO 4 Resultados obtenidos de ensamble y de impresión de piezas prototipo**Figura IV.2** Diseño de Rejilla en Programa de Procesado Previo a Impresión**Figura IV.3** Vista inferior de Perilla de Calefacción.

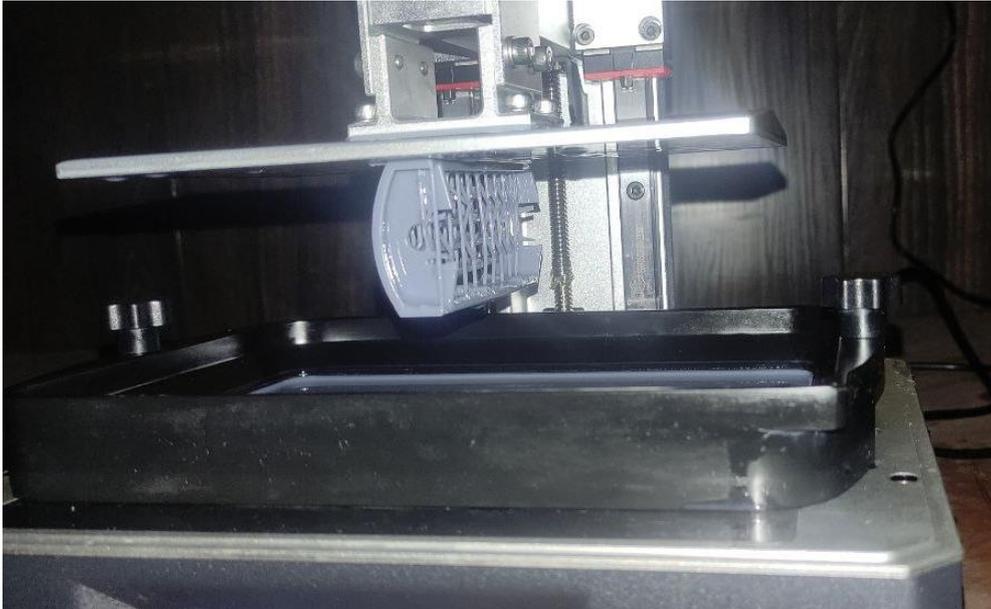


Figura IV.4 Proceso de Impresión de Rejilla



Figura IV.5 Rejilla Impresa en Resina Uv Tough de Anycubic