



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA IMPRESORA 3D PARA
MODELADO ASISTIDO POR COMPUTADORA EN LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO 2024

TESIS

PRESENTADA POR:

FREDY JESUS CALCINA QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PUNO - PERÚ

2024



FREDY JESUS CALCINA QUISPE

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UNA IMPRESORA 3D PARA MODELADO ASISTIDO POR COMPUTADORA EN LA UNIVERSI...

My Files

My Files

Universidad Nacional del Altiplano

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid::8254:414927836

Fecha de entrega
11 dic 2024, 1:20 a.m. GMT-5

Fecha de descarga
11 dic 2024, 1:54 a.m. GMT-5

Nombre de archivo
4. DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UNA IMPRESORA 3D PARA MODELADO ASISTIDO POR COMPU....pdf

Tamaño de archivo
4.4 MB

146 Páginas

23,157 Palabras

133,189 Caracteres





19% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 18% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 10% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Dr. Eudes Rigoberto Apaza Estafío
C.I.P. 58258



Miguel Eudes Valencia Vicos
SUB DIRECTOR DE INVESTIGACION
EPIC





DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres, por su amor incondicional y constante sacrificio. Para enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia, cada logro mío es un reflejo de su compromiso.

A mis hermanos, mis primeros amigos y compañeros de vida. Por su apoyo inquebrantable, por creer en mí cuando dudaba y por llenar mi vida de risas y penas.

A todos aquellos amigos que, aunque no compartamos sangre, somos familia por elección. Por amistad, consejos y estar siempre ahí en los momentos cruciales.

Fredy Jesús Calcina Quispe



AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar, a mi asesor de tesis, por su guía invaluable, paciencia infinita y constante motivación. Su experiencia y visión han sido fundamentales para dar forma a este proyecto.

A la Universidad Nacional del Altiplano por proporcionar los recursos y el ambiente académico necesarios para llevar a cabo esta investigación.

A mis colegas y compañeros de estudio, por las largas conversaciones, el intercambio de ideas y el apoyo mutuo que hemos compartido durante este proceso.

Fredy Jesús Calcina Quispe



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
RESUMEN	18
ABSTRACT.....	19
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	21
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	21
1.4. OBJETIVOS.....	22
1.4.1. Objetivo General	22
1.4.2. Objetivos Específicos	22
1.5. HIPÓTESIS	23
1.5.1. Hipótesis General	23
1.5.2. Hipótesis Especificas.	23
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. ANTECEDENTES	24



2.1.1.	Antecedentes internacionales	24
2.1.2.	Antecedentes nacionales	28
2.2.	MARCO TEÓRICO	31
2.2.1.	Impresión 3D.....	31
2.2.2.	Impresoras 3D	32
2.2.3.	Tipos de impresoras 3D	33
2.2.3.1.	Fabricación con Filamento Fundido (FFF).....	33
2.2.3.2.	Fabricación aditiva de fusión atómica (ADAM)	33
2.2.3.3.	Fusión Laser Sinterizado Selectivo por Laser (SLS).....	34
2.2.3.4.	Fusión Selectiva por láser (SLM)	34
2.2.3.5.	Fotopolimerización Estereolitografía (SLA)	35
2.2.3.6.	Procesamiento Directo a la Luz (DLP).....	36
2.2.3.7.	Adhesión de Polvo:.....	36
2.2.3.8.	Inyección aglutinante	36
2.2.4.	Impresora 3D FDM Cartesiana	37
2.2.5.	Impresora 3D FDM Delta	38
2.2.6.	Etapas del Proceso de Impresión 3D.....	38
2.2.6.1.	Diseño CAD.....	38
2.2.6.2.	SolidWorks	40
2.2.6.3.	Extensión STL	41
2.2.6.4.	Laminado de archivo.....	42
2.2.6.5.	Ultimaker Cura.....	42
2.2.6.6.	Código G.....	43
2.2.6.7.	Impresión 3D	44
2.2.6.8.	El Post-procesado.....	45



2.2.7. Errores comunes de la impresión 3D	45
2.2.7.1. Stringing.....	45
2.2.7.2. Warping.....	46
2.2.7.3. Sobre extrusión	46
2.2.7.4. Sub extrusión	46
2.2.7.5. Deformación por calor	47
2.2.7.6. Puentes caídos	47
2.2.7.7. Capas desalineadas.....	47
2.2.8. Impresoras 3D FDM de escritorio comerciales	48
2.2.8.1. Creality.....	48
2.2.8.2. Anycubic	49
2.2.8.3. Bambu Lab.....	51
2.2.9. Componentes de una impresora 3D FDM Cartesiana.....	54
2.2.9.1. Estructura Básica de una impresora 3D	54
2.2.9.2. Sistema de Movimiento	56
2.2.9.3. Ruedas V-Slot	58
2.2.9.4. Eje X	59
2.2.9.5. Eje Y	60
2.2.9.6. Eje Z.....	61
2.2.9.7. Cabezal - Extrusor.....	62
2.2.9.8. Plataforma de impresión	66
2.2.9.9. Soporte de cama de impresión	67
2.2.9.10. Electrónica	68
2.2.9.11. Sensores de temperatura	69
2.2.9.12. Sensores de fin de carrera	69



2.2.9.13. Otros componentes.....	71
2.2.10. Cálculo de velocidad de la impresora 3d	71
2.2.10.1. Voltaje.....	72
2.2.10.2. Corriente	73

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES.....	74
3.1.1. Hardware	74
3.1.2. Software	75
3.2. DISEÑO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	75
3.2.1. Diseño de la investigación	75
3.2.2. Nivel de la investigación	76
3.3. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	77
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO	77
3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	
.....	78
3.5.1. Técnicas.....	78
3.5.2. Instrumentos	79
3.5.2.1. Notas de Campo	79
3.5.2.2. Software de monitoreo	79
3.5.2.3. Herramientas de medición	79
3.5.2.4. Archivos multimedia.....	79
3.6. PROCEDIMIENTO.....	80
3.6.1. Diseño de una impresora 3d cartesiana FDM	80
3.6.1.1. Extrusor.....	80



3.6.1.2. Boquilla.....	81
3.6.1.3. Tubo de teflón	82
3.6.2. Plataforma de impresión	82
3.6.3. Tarjeta de control MKS Gen L v1.0.....	82
3.6.4. Fuente de poder	83
3.6.5. Estructura	84
3.6.5.1. Estructura para Eje X.....	84
3.6.5.2. Estructura de Eje Y	85
3.6.5.3. Estructura de Eje Z.....	86
3.6.5.4. Estructuras de movimiento	87
3.6.5.5. Adaptador de plataforma de impresión.....	88
3.6.5.6. Adaptador de Cabezal	88
3.6.5.7. Cubierta de protección	88
3.6.5.8. Soporte de Montaje Eje X.....	88
3.6.5.9. Estructura de extrusora Bowden	88
3.6.5.10. Tensores	89
3.6.5.11. Ruedas V-Slot	89
3.6.6. Motores	89
3.6.6.1. Acoplador de eje	90
3.6.6.2. Husillo T8	90
3.6.6.3. Tuercas para husillo	90
3.6.6.4. Polea de sincronización.....	90
3.6.6.5. Correa de distribución.....	90
3.6.7. Otros componentes.....	91
3.6.7.1. Ventiladores	91



3.6.7.2. Regulador de altura	91
3.6.7.3. Case para la electrónica	91
3.6.7.4. Piezas impresas	92
3.6.7.5. Impresora 3D Anycubic Kobra Go	92
3.6.7.6. Computadora Portátil H	92
3.6.8. Cálculo de corriente para motores PAP nema 17	93
3.6.9. Programación del firmware Marlin	94
3.6.9.1. Placa de Control	94
3.6.9.2. Drivers	95
3.6.9.3. Parámetros PID	96
3.6.9.4. Velocidad y aceleración	96
3.6.9.5. Parámetros de Precaentado	97
3.6.9.6. Configuración de la pantalla de control	98
3.6.10. Conexiones	98
3.6.11. Comprobación	99

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS.....	103
4.1.1. Calibración de la impresora	103
4.1.1.1. Temperatura de Impresión	103
4.1.1.2. Nivelación de la plataforma de impresión	105
4.1.1.3. Calibración de Retracción.....	106
4.1.1.4. Calibración de Puentes.....	108
4.1.1.5. Calibración de soportes.....	109
4.1.1.6. Calibración de ángulo de impresión	110



4.1.1.7. Cubo de calibración	111
4.1.1.8. Calibración de expansión horizontal.....	112
4.1.1.9. Calibración de buen equilibrio.....	113
4.1.2. Parametrización en el laminador	114
4.1.2.1. Altura de Capa Primaria.....	115
4.1.2.2. Capas solidas superiores	115
4.1.2.3. Capas solidas inferiores	115
4.1.2.4. Cubiertas de contorno perímetro.....	115
4.1.2.5. Relleno	115
4.1.2.6. Soporte	116
4.1.2.7. Temperatura	116
4.1.2.8. Velocidades.....	116
4.1.3. Diagrama de flujo del proceso de impresión 3d.....	117
4.1.4. Resultados de impresión del equipo.....	120
4.1.5. Benchy	120
4.2. OPTIMIZACIÓN DE PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE ARCHIVO GCODE.....	124
V. CONCLUSIONES.....	130
VI. RECOMENDACIONES	131
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	132
ANEXOS.....	140

ÁREA: Control e instrumentación

TEMA: Diseño y manufactura digital

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 19 de diciembre de 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Parámetros a configurar en el laminador	117
Tabla 2 Comparación de resultados de ambos equipos con datos teóricos	121
Tabla 3 Comparación entre los resultados reales de los equipos.....	123
Tabla 4 Variaciones para piezas mecánicas.....	129



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Diseño digital y diseño físico de una pieza en 3D	31
Figura 2 Ilustración de fabricación aditiva mediante extrusión capa por capa.....	34
Figura 3 Impresión 3D mediante Fusión Laser	35
Figura 4 Impresión 3D mediante impresión de Resina	35
Figura 5 Impresión 3D mediante impresión de Resina usando Luz UV	36
Figura 6 Impresión 3D usando aglutinante liquido	37
Figura 7 Imagen referencial a una impresora 3D cartesiana	37
Figura 8 Imagen referencial de una impresora 3D Delta.....	38
Figura 9 Interfaz de trabajo de SolidWorks.....	40
Figura 10 Diseño 3D de un conejo en formato STL con densidad.....	41
Figura 11 Interfaz de trabajo de Cura Slicer.....	43
Figura 12 Mecanismo impreso en 3D.....	44
Figura 13 Postprocesado de piezas	45
Figura 14 Impresora 3D Ender 3V3	49
Figura 15 Anycubic Kobra Series.....	51
Figura 16 Impresora Bambu Lab A1 Mini	53
Figura 17 Guías lineales usados actualmente	54
Figura 18 Impresora 3D Ender 3	55
Figura 19 Rueda V-Slot sobre perfil de aluminio V-Slot	56
Figura 20 Motor Nema 17	57
Figura 21 Ruedas V-Slot con carril	59
Figura 22 Sistema eje X de una impresora 3D	60
Figura 23 Base de eje Y de una impresora 3D	61
Figura 24 Husillo de Eje Z.....	62
Figura 25 Cabezal de Extrusión.....	63
Figura 26 Ilustración de tipos de extrusión.....	64
Figura 27 Partes de Boquilla de una impresora 3D	65
Figura 28 Nivelacion manual de Cama de impresión.....	66
Figura 29 Base de aluminio para la plataforma de impresión	67
Figura 30 Kit basico de control de una impresora 3D	68
Figura 31 Nozzle y sensor de temperatura	69



Figura 32 Sensor de final de carrera	70
Figura 33 Ubicación de ANC Technology	77
Figura 34 Extrusor simulado y todas las partes que lo componen	81
Figura 35 Boquilla de alta velocidad	81
Figura 36 Plataforma de impresión y sus componentes	82
Figura 37 Tarjeta de control MKS GEN L V1.0	83
Figura 38 Fuente de Poder de 24v 15amp	84
Figura 39 Estructura del eje X y sus componentes	85
Figura 40 Estructura del eje Y con sus respectivos componentes	86
Figura 41 Estructura del eje Z y sus componentes	87
Figura 42 Extrusor metálico mediante Bowden	89
Figura 43 Impresora 3D ensamblada	93
Figura 44 Declaración de la placa a usar	95
Figura 45 Declaración de Drivers que se usarán	95
Figura 46 Declaración de parámetros PID de extrusor y plataforma	96
Figura 47 Declaración de parámetros de velocidad y aceleración	97
Figura 48 Declaración de parámetros de preparación para ABS y PLA	97
Figura 49 Declaración de parámetros del uso de una pantalla de control	98
Figura 50 Conexión del controlador MKS Gen L v1.0	99
Figura 51 Impresora 3D ensamblada	102
Figura 52 Torre de temperatura de material PLA (Rojo) y ABS (Verde)	104
Figura 53 Correcta impresión en todas las ubicaciones de la plataforma.....	105
Figura 54 Mala retracción tanto en PLA (Rojo) y ABS (Verde).....	107
Figura 55 Correcta calibración de retracción en PLA (Rojo) y ABS(Verde).....	107
Figura 56 Mala calibración de puentes	108
Figura 57 Correcta calibración de impresión de puentes.....	109
Figura 58 Pieza impresa sin soportes.....	110
Figura 59 Pieza impresa con soportes	110
Figura 60 Pieza de verificación de ángulo de impresión en PLA (Roja) y ABS (Verde)	111
Figura 61 Cubo decalibracion en PLA (Rojo) y ABS (Verde).....	112
Figura 62 Pieza de prueba de la expansión horizontal	113
Figura 63 Esfera impresa sobre pilar	114
Figura 64 Diagrama de Flujo del proceso de diseño e impresión 3D.....	118



Figura 65	Diagrama de flujo del funcionamiento de la impresora 3D	119
Figura 66	Laminado de Pieza Benchy en software Ultimaker Cura	121
Figura 67	Comparación de trabajo de ambas impresoras	122
Figura 68	Tiempos de impresión	122
Figura 69	Impresión de Benchys	124
Figura 70	Engranaje diseñado en SolidWorks.....	125
Figura 71	Evaluación de parámetros del formato STL de SolidWorks.....	126
Figura 72	Simulación de impresión 3D en Simplify 3D	127
Figura 73	Simulación en Simplify 3D con cambio en laminación	127
Figura 74	Variaciones para piezas mecánicas	128



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 Armado de estructura de aluminio de la impresora 3D.....	140
ANEXO 2 Perfilería de aluminio V-Slot a usar en la impresora 3D.	141
ANEXO 3 Comparación de la impresora 3D con otro equipo comercial.	142
ANEXO 4 El código fuente del firmware Marlin	143
ANEXO 5 Matriz de consistencia.	144
ANEXO 6 Declaración jurada de autenticidad de tesis	145
ANEXO 7 Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional.....	146



RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo diseñar e implementar una impresora 3D para modelado asistido por computadora en la Universidad Nacional del Altiplano con la finalidad de ayudar a la realización de proyectos y a un mejor desarrollo de habilidades en el campo de la tecnología de los estudiantes de la escuela profesional de Ingeniería Electrónica, básicamente el proyecto consiste en construir una impresora 3D con la capacidad de realizar trabajos a partir de modelado asistido usando el software de diseño 3D SolidWorks y el software de laminado Ultimaker Cura, La estructura de la 16 impresora será cartesiana ya que tendrá movimientos en el eje X, Y, y Z contando con un motor en cada eje, el firmware a usar en la impresora 3D será Marlin debido a la particularidad de ser de código abierto y su uso extendido en la comunidad de desarrolladores 3D, tanto la estructura como la programación de la impresora están diseñados para que pueda trabajar a velocidades mejoradas en comparación a una impresora 3D tradicional, al ser implementada la maquina será evaluada para obtener los parámetros correctos tales como la velocidad de impresión, temperatura de plataforma y extrusor, y materiales aceptados, todo esto para el correcto desarrollo de piezas de buen acabado, y que cumpla de manera satisfactoria las expectativas del desarrollador que en este caso será el estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica.

Palabras clave: Filamento, Firmware, Hotend, Laminado, Marlin, Modelado.



ABSTRACT

This research aims to design and implement a 3D printer for computer-aided modeling at the National University of the Altiplano with the purpose of helping to carry out projects and better develop skills in the field of technology for school students. . engineering profesional Electronics, basically the project consists of building a 3D printer with the ability to carry out work from assisted modeling using the SolidWork 3D design software and the Ultimaker Cura laminating software. The structure of the printer 16 will be Cartesian since it will have movements in the X, Y, and Z axis with a motor in each axis, the firmware to be used in the 3D printer will be Marlin due to the particularity of being open source and its widespread use in the 3D developer community, both the structure and programming of the printer are designed so that it can work at speeds improved compared to a traditional 3D printer, when implemented the machine will be evaluated to obtain the correct parameters such as printing speed, platform and extruder temperature, and accepted materials, all of this for the correct development of well-finished parts, and that it satisfactorily meets the expectations of the developer, who in this case will be the student of the Professional School of Electronic Engineering.

Keywords: Filament, Firmware, Hotend, Laminating, Marlin, Modeling.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El mundo de la tecnología es alucinante donde gran número de desarrolladores independientes trabajan continuamente en búsqueda de innovaciones que contribuyan en la mejora de calidad de vida de las personas.

En la actualidad muchos desarrolladores de tecnología cuentan con un avance tecnológico conocido como la impresión 3D o llamado también manufactura aditiva, que mediante el lenguaje o código G, que es el mismo que usan las maquinas CNC, convierte archivos diseñados mediante software a objetos tangibles, gracias a este avance hoy en día existen miles de proyectos que ayudan a la gente.

La tecnología de impresión 3D es muy versátil, ya que puede ser aplicado en diferentes sectores, como la educación, mecánica, la industria espacial, medicina, arquitectura, robótica, etc. Esta tecnología es aplicable a muchas áreas que están mejorando y optimizando el trabajo.

En la industria actual la impresión 3D viene reemplazando en ciertos campos al método sustractivo que ofrecen las máquinas de fresado CNC debido al desperdicio de material que generan y el tiempo de trabajo necesario para crear una pieza, muy por el contrario, el método aditivo menor cantidad de residuos desperdiciados y un tiempo de trabajo reducido, debido a estos factores la impresión 3D viene reemplazando en ciertos campos a la manufactura sustractiva.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las impresoras 3D actuales están siendo uno de los mejores apoyos que puede tener un estudiante de ingeniería, pero al ser lentos estos no pueden ser aprovechadas por



muchos estudiantes, y aquellas máquinas que cuentan con alta velocidad de trabajo son costosas, esto para un estudiante regular es poco asequible.

La industria de hoy en día requiere profesionales que tengan conocimientos en tecnologías actuales como la impresión 3D, el conocimiento en este tipo de tecnologías es requerido actualmente y será sumamente indispensable en el futuro.

Las impresoras 3D de escritorio actuales sacrifican la velocidad de la maquina por obtener calidad, esto nos lleva a obtener piezas de buena calidad, pero en tiempos muy prolongados, por otro lado, aquellas máquinas que tengan buena velocidad y un acabado excelente, pero tienen como una desventaja el costo excesivo de dichas máquinas.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo diseñar e implementar una impresora de alta velocidad de trabajo en la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional del Altiplano?

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La impresionante impresión 3D también llamada manufactura aditiva es una tecnología que ha estado en crecimiento durante los últimos años y se ha vuelto indispensable en campos como la robótica, la educación, la arquitectura y el prototipado de proyectos en múltiples áreas, esta tecnología se está volviendo en algo que el estudiante de ingeniería quien está en una constante situación de aprendizaje tenga que conocer. La implementación de una impresora 3D en la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional del Altiplano Puno se justifica ampliamente por sus beneficios significativos para el desarrollo de proyectos de tecnología de los estudiantes, La tecnología de impresión 3D o también llamada manufactura aditiva brinda a través de la impresión FDM una herramienta poderosa para poder materializar ideas teóricas a objetos



tangibles, En un entorno académico facilita la comprensión de conceptos complejos y motiva el pensamiento creativo e innovador, La familiaridad del estudiante con esta tecnología emergente además de ampliar sus conocimientos también prepara al estudiante para entrar en un mercado laboral cada vez más avanzado orientado hacia la industria, la implementación de una impresora 3D en la Universidad también beneficia a los docentes al contar con una herramienta que puede servir de ejemplo para el entendimiento de sistemas de Control Numérico Computarizado (CNC) ya que las impresoras 3D se basan en el mismo concepto, en resumen la incorporación de una impresora 3D en la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica favorecerá la educación , prepara a los estudiantes para el mundo de la industria, fomentará la elaboración de proyectos estudiantiles y elevara la reputación de la Escuela en el ámbito de desarrollo e innovación tecnológica.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Diseñar e implementar una impresora 3D para modelado asistido por computadora en la Universidad Nacional del Altiplano.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Diseñar e implementar la estructura y firmware de una impresora 3d con la capacidad de imprimir a una velocidad de 100mm/s.
- Diseñar un proceso adecuado para la obtención de un archivo optimizado desde su diseño en SolidWorks hasta la preparación del programa del control numérico mismo que dará las instrucciones a la impresora 3d.



1.5. HIPÓTESIS

1.5.1. Hipótesis General

El diseño e implementación de una impresora 3D permitirá el modelado asistido por computadora en la Universidad Nacional del Altiplano.

1.5.2. Hipótesis Especificas

- El buen diseño tanto de hardware como de software de una impresora 3D permitirá realizar trabajos a una velocidad desde los 100mm/s de impresión.
- Conocer todo el proceso de la creación de una pieza en 3D mejorará la optimización de ciertos parámetros en el software de laminador para que la pieza final se fabrique de manera rápida y con una buena calidad.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Antecedentes internacionales

El grupo conformado por Eliezer de Jesús Casado Ramírez, José Luis Guillen Taje y Blanca Del Rosario Martin Canché, describe la experiencia al implementar la impresión 3D en estudiantes del instituto Tecnológico Superior de Escárcega, con dicha implementación los estudiantes lograron crear un vehículo controlado con Arduino UNO, esto sin duda es una experiencia que permite a los estudiantes incrementar su creatividad y talento poder crear proyectos que puedan ayudar a sociedad. Para el Tecnológico Nacional de México el proyecto integrador es una estrategia curricular que propicia que los estudiantes desarrollen competencias específicas o genéricas durante a lo largo de su trayectoria en el instituto. Los proyectos integradores se implementan cada semestre, generando en los estudiantes la oportunidad de aprender a actuar de forma integral y no individualizada. Todo proyecto integrador deberá abordar problemas de contexto social, industrial, comercial, forestal, agrícola, entre otros que permita la formación y evaluación de competencias (Casado Ramírez, Guillen Taje, & Martín Canché, 2023).

En la investigación de Sergio Bueno Merino “Sistemas de impresión 3D: reseña histórica, tecnologías desarrolladas y creación de piezas mediante Robocasting empleando partículas nanométricas de Fe₂O₃ dopado”, plantea que el uso de la impresión 3D es aplicable en múltiples áreas como la electrónica, la



biología, hasta la gastronomía, esto sin duda es un avance importante para la fabricación aditiva, ya que en un futuro no muy lejano la impresión 3D será algo básico que cualquier profesional de ingeniería tendrá que conocer. Dada la rapidez con que se ha desarrollado hasta ahora, el Robocasting parece preparado para ofrecer la próxima generación de materiales de diseño para una amplia gama de aplicaciones tecnológicas, como la electrónica, el almacenamiento de energía, la biomedicina y la robótica estructural y blanda, por citar algunas. El Robocasting ha encontrado aplicaciones en electrónica debido a su flexibilidad, libertad de diseño y capacidad de desarrollo rápido. Las microestructuras impresas mediante Robocasting permiten una mejor transferencia de electrones e iones, lo que las hace ideales para componentes electrónicos con alta conductividad y superficie específica (Bueno Merino, 2023).

Juan José Hurtado Maldonado en su investigación “Propuesta para el uso de las impresoras 3D en la reducción de costos y optimización de recursos en la industria manufacturera”, plantea que las impresoras 3D pueden llegar a ahorrar costos de producción a las empresas, aprovechando el funcionamiento óptimo de la máquina, también recomienda el aprendizaje de este tipo de tecnología para una solución de problemas de empresas manufactureras. En conclusión, la impresión 3D representa una opción viable para reducir costos y mejorar la eficiencia en la producción de piezas personalizadas, mientras se reduce el impacto ambiental en comparación con las tecnologías de fabricación tradicionales, pero su uso debe ser evaluado caso por caso para determinar su adecuación en función de las necesidades específicas de cada proyecto. Por lo tanto, se sugiere una evaluación cuidadosa y un análisis de costos y beneficios antes de decidir la implementación de la tecnología en cada empresa. Se



recomienda la implementación de la enseñanza de la tecnología 3D dado que tiene grandes ventajas en la producción de prototipos como herramienta para lograr una mayor eficiencia y reducción de costos para resolver problemas a futuro en empresas productivas (Hurtado Maldonado, 2023).

Según José López Parada en su artículo de la revista *Oikonomics* “Fabricación aditiva y transformación logística: la impresión 3D” en el año 2018. El uso de la impresión 3D ha tomado importancia en algunos sectores de la industria, contando además con fuertes planes de innovación tecnológica. El mercado de estas soluciones 3D crecerá rápidamente en los próximos años, pero a pesar de este crecimiento, no se prevé que esta producción sustituya a la producción en masa, sino que más bien se convertirá en un proceso complementario a esta; aunque sí obligará, partiendo de la simplificación, a redefinir las actuales estrategias de fabricación y de la cadena de suministro de las empresas (López Parada, 2018).

Según la investigación “Reducción del tiempo de impresión en impresora 3D que utiliza tecnología de deposición de filamento fundido” realizado por Secundino Ramos Lozano en el año 2019. Las impresoras 3D son capaces de procesar diferentes tipos de materiales y producir a bajo costo con suficiente calidad para las piezas de prototipado y se han convertido en una herramienta útil para las empresas que tienen capacidades para manejar esta tecnología, ya que facilita y fomenta la innovación. Por esta razón, hay un alto interés de las empresas para evaluar la exactitud de las impresoras 3D de bajo costo con el fin de mejorar sus procesos. La rugosidad de la superficie depende de la dirección de impresión de las partes, por lo tanto, es importante qué lado de la parte es la cara superior y cuáles son los lados laterales. Para la rugosidad lateral, el espesor de la capa, la



temperatura de la extrusora y la velocidad de impresión son los factores que deben controlarse, mientras que la densidad de relleno y el número de carcassas son factores no significativos. Sin embargo, los cinco factores evaluados en el DOE deben controlarse para obtener la rugosidad óptima en la superficie superior de la pieza impresa (Ramos Lozano, 2019).

Según la investigación “Investigación de materiales para impresión 3D de tejidos”, hecho por Raquel Bañegil Collado y Federico Sainz de Robles en el año 2022, se concluye que aunque el diseño de prendas para su fabricación por impresión 3D es actualmente una técnica experimental de diseño utilizada de forma muy puntual por unos pocos diseñadores, podemos confiar en que las tecnologías e industrias que lo envuelven van a seguir evolucionando y creciendo, llegando cada vez a un público mayor que se familiarizará poco a poco con el concepto. La autora considera que la manera más probable en la que esta tecnología puede tener éxito es mediante artesanos digitales que fabriquen este tipo de prendas de forma local y cercana al consumidor, pero con unos conocimientos y saber hacer específicos de la materia. Es poco probable que un usuario medio que no se dedica especialmente a la moda ni a la impresión 3D vaya a poner tanto esfuerzo en la fabricación de sus prendas. así cómo cuando antiguamente se requería una prenda se recurría a una modista, aunque el propio usuario supiera coser. Se debe introducir la figura del artesano digital y popularizarlo por su saber hacer ya que es su habilidad lo que dará un valor al material que será percibido por el usuario. Mediante, buenos acabados, buen diseño, buenos materiales, buen gusto y un trato personalizado. Se puede obtener una estética más tradicional, o más tecnológica y futurista según se desee (Bañegil Collado Raquel, 2022).



2.1.2. Antecedentes nacionales

Según la investigación “Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta de producción de Órtesis de tobillo con tecnología de impresión 3D”, realizado por Renzo Martin Rodríguez Wong en el año 2022. Considerando que por una pieza se toma aproximadamente 25 horas para poder imprimir una pieza de órtesis de tobillo, con una maquina se pueden realizar 2995,2 órtesis al año, considerando que trabaja 24 horas al día, 6 días a la semana y las 52 semanas del año. Es por esto que se tomaran 10 impresoras para poder obtener una producción anual de 2995,2 órtesis de tobillo al año (Rodriguez Wong, 2022).

Según la investigación “Diseño de un sistema de impresión 3D de escritorio FDM/FFF optimizado para imprimir entre 100 y 150mm/s”, realizado por Juan Augusto Melgar Rondón en el año 2022. Se logró diseñar un sistema eléctrico y electrónico mediante cálculos de potencia mecánica y requerimientos dinámicos para los motores y cálculos de potencia eléctrica para la selección de fuentes. También se seleccionó una placa madre con la velocidad de procesamiento de 168Mhz, mayor a los 100Mhz requeridos para manejar todas las entradas, salidas del sistema y una interfaz gráfica que permita interactuar con el equipo (Melgar Rondón, 2022).

Según la investigación “Viabilidad de la impresión 3D de concreto para la constructibilidad de viviendas sociales”, realizado por Eva Kiara Chavez Camarena, Norma Luz Rengifo Cuellar y Jorge Ronald De La Torre Salazar realizado en el año 2022, se encuentra a la adopción de la impresión 3D de concreto como una buena alternativa técnica para la construcción de viviendas sociales masivas debido a los beneficios en tiempo, costo y sostenibilidad. En el



caso del tiempo de construcción del módulo de vivienda social propuesto a manera de prototipo digital 3D, se encuentra que la elaboración de un cronograma para la comparación de la adaptación de la impresión 3D de concreto es un medio útil para poder analizar las diferencias de este método con el tradicional, ya que permite una comparación minuciosa de las partidas que componen el proyecto y un mayor análisis sobre los recursos a emplear en cada etapa del proceso constructivo. Del cronograma realizado, se puede evidenciar la diferencia de días de construcción de la impresión 3D vs el método tradicional, el cual se reduce en 30%, siendo más beneficioso para la impresión 3D y para quienes se encuentran interesados en la elaboración de proyectos más eficientes. En el caso del costo, es posible identificar un mayor beneficio por parte de la impresión 3D. Ello debido al valor de retorno que este genera, el cual se diferencia del método tradicional en 39%. La tasa interna de retorno es asimismo un indicador que muchos inversionistas toman en cuenta debido al costo de oportunidad que involucra. En este caso, la TIR resulta igualmente favorable para la impresión 3D de concreto debido a una diferencia del 7%. Es así que la impresión 3D de concreto se muestra como una opción rentable para las empresas que opten por adoptarla a futuros proyectos de viviendas sociales masivas, donde el tiempo también juega un rol importante para evaluar en cuanto tiempo la inversión retornará. En el caso de la sostenibilidad se encuentra a través de la revisión de la literatura que los principales beneficios son la reducción de residuos, la disminución de la emisión de CO₂ de hasta 85.9% y la posibilidad de emplear materiales reciclables encaminando los futuros proyectos a los conceptos de economía circular, un aspecto muy importante a tomar en cuenta en la actualidad debido a los retos frente al cambio climático y las grandes emisiones de materiales como residuos por parte



de la construcción. A su vez, en cuanto al análisis de productividad realizado se concluye que la implementación de esta tecnología de impresión 3D de concreto tiene un alto impacto positivo a aumentar el nivel de productividad de los proyectos. Esto se basa principalmente en la reducción de la mano de obra, lo que disminuye trabajos no contributarios y, a su vez, al automatizar un proceso aumenta considerablemente el nivel de producción masiva de viviendas. Adicionalmente genera eliminación del proceso del encofrado, evitando retrasos no productivos que suelen aparecer en este proceso. El análisis de Riesgos refiere un punto a favor de la impresión 3D, ya que, disminuyen los riesgos por error humano o accidentes ocupacionales que suelen existir en las construcciones tradicionales, ya que la automatización elimina procesos, disminuyendo las situaciones de riesgo, costo y tiempo. Finalmente se concluye que la investigación es viable respecto al uso de la impresión 3D de concreto, debido a que se obtuvieron resultados favorables de la constructibilidad para optar por esta tecnología en los proyectos de construcción de viviendas sociales masivas (Chávez Camarena, Rengifo Cuellar, & De La Torre Salazar, 2022).

En la investigación “Impresión 3D”, realizado por Canela Fuentes Pablo Ernesto, Herboso Rodriguez Michel, Montoya Rivas Victor Alberto, Perez de los Rios Javier, se afirma que no cabe duda que las impresoras en 3D reducen considerablemente los riesgos a los que están expuestos los trabajadores; es decir, se evita el contacto con herramientas punzo cortantes, fresados, fundiciones, etc., debido a que todo el proceso va a ocurrir dentro de las Impresoras, las cuales se encuentran protegidas por carcasas y su acceso de forma manual es difícil. Adicionalmente, todo el personal será capacitado sobre los riesgos, peligro y

consecuencias de los accidentes laborales a fin de que su desempeño sea el adecuado (Canela Fuentes Pablo Ernesto, 2019).

2.2. MARCO TEÓRICO

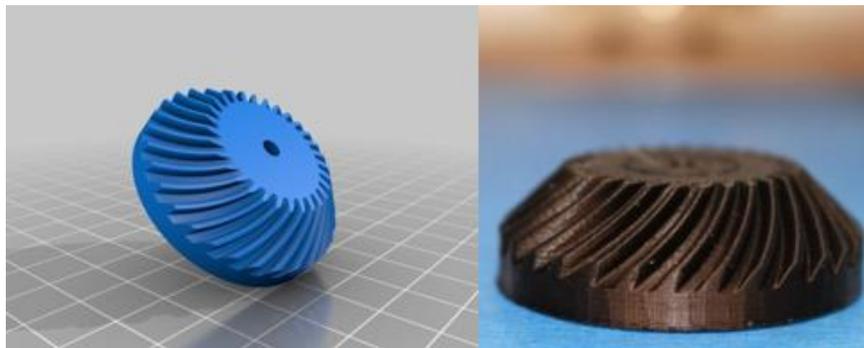
2.2.1. Impresión 3D

La impresión 3D es un conjunto de tecnologías de fabricación de piezas físicas tridimensionales a partir de modelos digitales, esto mediante la superposición de capas de un determinado material, todo esto permite la creación de objetos previamente desarrolladas en un software de diseño 3D, como SolidWorks, AutoCAD, Fusion 360, etc (Dassault Systems, 2024).

La tecnología de impresión 3D también es denominada manufactura aditiva, debido a su funcionamiento de agregar capa tras capa de material para formar una pieza tan perfecta como le sea posible y lo más parecido al diseño digital original (Dassault Systems, 2024).

Figura 1

Diseño digital y diseño físico de una pieza en 3D.



Nota: Imagen de un diseño digital y su respectiva equivalente real. Adaptado de (MakerBot Industries, LLC[Fotografía], 2024).



Para la impresión 3D se utiliza el diseño asistido por ordenador (CAD) con el objetivo de crear objetos tridimensionales mediante un método de estratificación.

La creación de un objeto impreso en 3D se consigue mediante procesos aditivos. En un proceso aditivo se crea un objeto colocando capas sucesivas de material hasta que se forma todo el objeto. Cada una de estas capas puede verse como un corte transversal del objeto. En ocasiones denominada fabricación aditiva, la impresión 3D consiste en estratificar materiales, como plásticos, materiales compuestos o biomateriales, para crear objetos con distintas formas, tamaños, rigidez y colores. En resumidas cuentas, la impresión 3D puede proporcionar un gran ahorro en los costes de montaje porque puede imprimir productos ya montados. De esta forma, las empresas pueden ahora experimentar con nuevas ideas y numerosas variaciones de diseño sin necesidad de invertir mucho tiempo ni gastar en herramientas. Así mismo, pueden decidir si los conceptos de los productos merecen la pena para asignar recursos adicionales. y podría incluso cambiar el método de producción en serie del futuro. Este tipo de tecnología es ya una realidad que está impactando en muchos sectores, como el de la automoción, el sanitario, el de los equipos industriales, el de la educación, el de la arquitectura y el de los productos de consumo (Cama, 2017).

2.2.2. Impresoras 3D

Una máquina de impresión 3D es aquella que hace posible la materialización de diseños digitales, estas máquinas tienen como propósito leer comandos en código G y convertirlos en señales para realizar operaciones tales



como la extrusión, el movimiento, enfriamiento, etc. Esto con la finalidad de obtener una pieza igual al diseño digital (Dassault Systems, 2024).

2.2.3. Tipos de impresoras 3D

Gracias a que la tecnología en esta área está avanzando muy rápido, existen diversos tipos de impresoras 3D, las más conocidas son las siguientes:

2.2.3.1. Fabricación con Filamento Fundido (FFF)

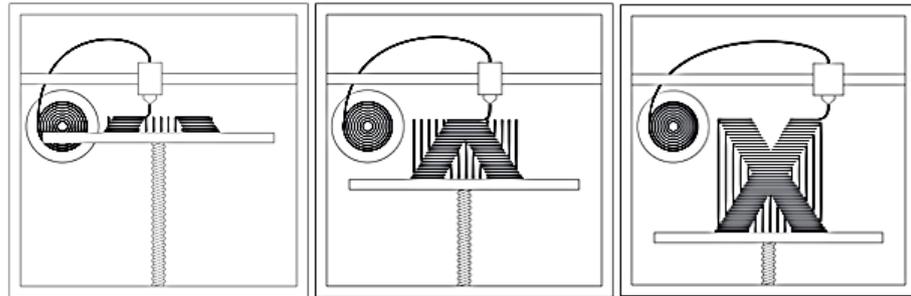
Este tipo de fabricación aditiva es el más común y asequible por el momento, este tipo de impresoras calientan el material hasta casi el punto de fusión y lo terminan extruyendo a través de una boquilla perteneciente a un sistema de extrusión mientras este realiza movimientos en los ejes X, Y y Z, repitiéndose este proceso en cada capa (Markforged , 2022).

2.2.3.2. Fabricación aditiva de fusión atómica (ADAM)

Este proceso es idéntico a la de fabricación con filamento fundido con la diferencia que la fabricación aditiva de fusión atómica se usa para la impresión de metal, esta tecnología usa un filamento formado con polvo metálico y aglutinante de plástico, después de la impresión el aglutinante se disuelve, y queda la pieza metálica lista para su uso (Markforged , 2022).

Figura 2

Ilustración de fabricación aditiva mediante extrusión capa por capa.



Nota: Figura ilustrativa acerca del funcionamiento de la fabricación aditiva mediante la técnica de capa por capa o FDM. Adaptado de (Markforged , 2022).

2.2.3.3. Fusión Laser Sinterizado Selectivo por Laser (SLS)

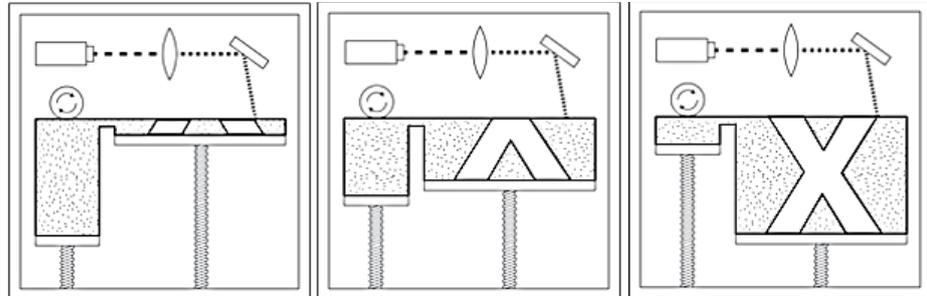
Durante este proceso, la impresora aplica una capa uniforme de polvo y luego la sinteriza mucha fidelidad, repitiendo el recubrimiento y la sinterización hasta que la pieza esté completa (Markforged , 2022).

2.2.3.4. Fusión Selectiva por láser (SLM)

También llamado Sinterizado directo de metal (DMLS), en este proceso se emplean polvos metálicos estos procesos funcionan de la misma manera que la tecnología SLS con la diferencia de usar una laser mucho más potente para la sinterización de la pieza (Markforged , 2022).

Figura 3

Impresión 3D mediante Fusión Laser, solidificando la pieza final a partir de polvo.



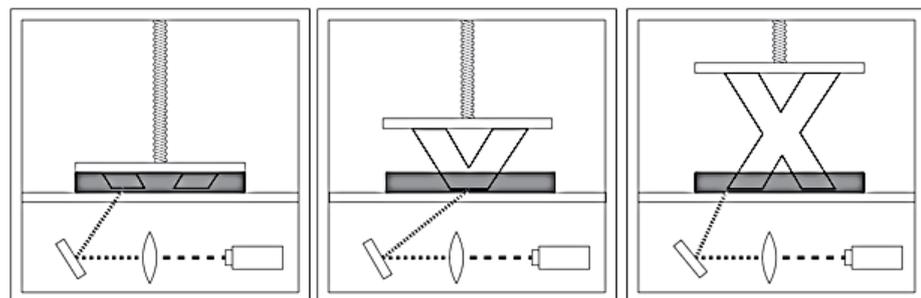
Nota: Figura ilustrativa del funcionamiento de la impresión 3D mediante fusión laser. Adaptado de (Markforged , 2022).

2.2.3.5. Fotopolimerización Estereolitografía (SLA)

Este proceso es una alternativa a la tecnología FFF ya que resulta ser mucho más rápido y presenta piezas de mucha más calidad, funcionan usando un láser para curar con mucho cuidado y precisión una capa de resina, después de haber curado una capa la pieza se va extrayendo hacia arriba para curar la siguiente capa (Markforged , 2022).

Figura 4

Impresión 3D mediante impresión de Resina usando laser.



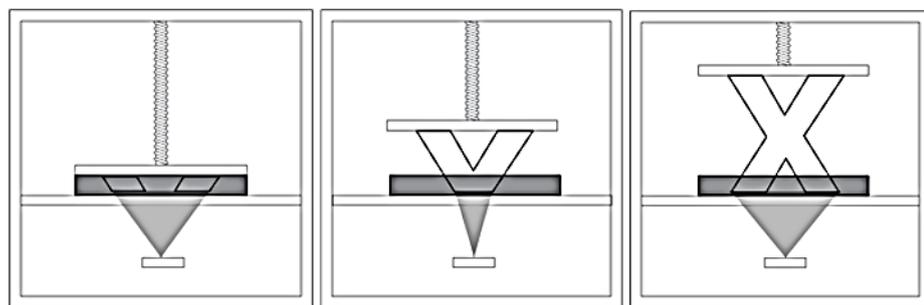
Nota: Figura ilustrativa del funcionamiento de la impresión 3D mediante secado de capa de resina. Adaptado de (Markforged , 2022).

2.2.3.6. Procesamiento Directo a la Luz (DLP)

Esta tecnología se usa para fabricar piezas de fotopolímero, el proceso es igual a la tecnología SLA con la diferencia de que en este proceso se sustituye al laser por un proyector que puede curar toda una capa a la vez (Markforged , 2022).

Figura 5

Impresión 3D mediante impresión de Resina usando Luz UV.



Nota: Figura ilustrativa de impresión 3D usando la luz ultravioleta. Adaptado de (Markforged , 2022).

2.2.3.7. Adhesión de Polvo:

Esta tecnología es de rápido crecimiento en el mundo de la impresión 3D, ya que se usa para fabricar piezas tanto de plástico como de metal y produce grandes cantidades de piezas de una manera rápida y eficiente (Markforged , 2022).

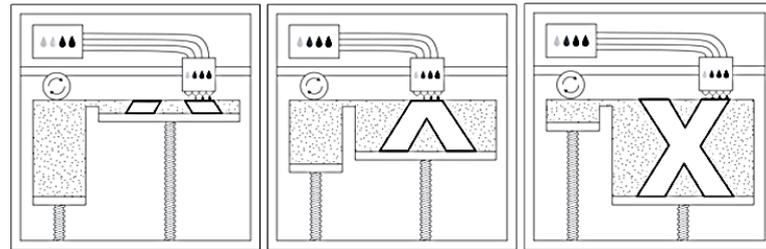
2.2.3.8. Inyección aglutinante

Este proceso usa los métodos de la tecnología SLS, pero en lugar de usar un láser utiliza un aglutinante líquido para unir las capas, al terminar la impresión, se deberá curarse en el caso de usar material plástico

o sinterizarse en el caso de usar metal para obtener la pieza final (Markforged , 2022).

Figura 6

Impresión 3D usando aglutinante liquido.



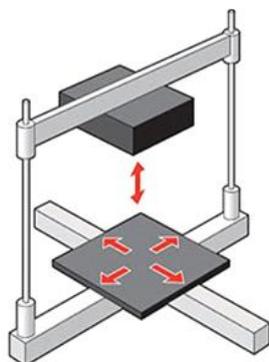
Nota: Impresión 3D usando la tecnica de laser para el aglutinante liquido. Adaptado de (Markforged , 2022).

2.2.4. Impresora 3D FDM Cartesiana

Las impresoras Cartesianas son fáciles de analizar, estos se distinguen por la fácil identificación de los ejes X Y y Z ya que en el diseño se nota los movimientos del cabezal en estos ejes, una maquina 3d cartesiana es muy popular en el mundo de impresoras 3d de escritorio, se caracteriza por su sencillez de diseño y su precio asequible (C. L. , 2023).

Figura 7

Imagen referencial a una impresora 3D cartesiana.



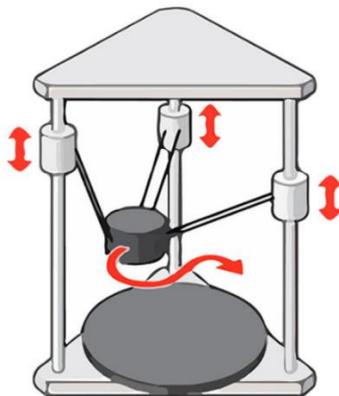
Nota: Figura descriptiva acerca de la estructura básica de una impresora 3D cartesiana, Adaptado de (Madeira Schmitt , y otros, 2017).

2.2.5. Impresora 3D FDM Delta

Una impresora 3D delta a diferencia de una cartesiana tiene un diseño más complejo debido a que la plataforma de impresión de la maquina esta inmóvil, lo que significa que el cabezal tendrá que moverse en los 3 X Y y Z, esto se da moviendo el cabezal con 3 motores PAP, las impresoras 3D delta presentan gran velocidad de trabajo gracias a los 3 motores que mueven el cabezal, como desventaja estas máquinas son más costosas debido a la complejidad de diseño (C. L. , 2023).

Figura 8

Imagen referencial de una impresora 3D Delta.



Nota: Figura descriptiva de una impresora 3D delta basica. Adaptado de (Madeira Schmitt , y otros, 2017).

2.2.6. Etapas del Proceso de Impresión 3D

2.2.6.1. Diseño CAD

El diseño CAD también llamado Diseño Asistido por Computadora consiste en el uso de software especializado o un equipo de computación para la creación, modificación, desarrollo, optimización, simulación, o análisis de un diseño digital, en este caso ya sea 2D o 3D. El



CAD es usado en muchas áreas como ingeniería, arquitectura, mecánica, medicina, y otros muchos otros sectores relacionados con el diseño y fabricación. El software CAD permite a los diseñadores e ingenieros crear modelos en 2D o 3D con precisión y eficiencia, facilitando la visualización y comunicación de ideas, así como la generación de documentación técnica.

En el mundo de desarrollo 3D actual existen muchas opciones de software CAD para el diseño de archivos 3D, los más conocidos son SolidWorks, AutoCAD, AutoDesk Inventor, Fusion 360, etc. Cualquiera de estos programas son excelentes para la creación de piezas 3D y su respectiva documentación, en esta investigación tanto se decidió por el uso del software de SolidWorks, esto de debido al conocimiento que se alcanzó para el uso de este software, las otras herramientas digitales pueden llevar a cabo fácilmente los trabajos que se hicieron en SolidWorks, por lo que el proceso de impresión 3D de cualquier pieza es el mismo procedimiento en cualquier software, lo importante es saber manejar formatos como .STL o .OBJ, ya que estos tipos de archivos son los usados para la laminación de una pieza 3D, que veremos en el siguiente proceso.

Algo importante para destacar es que el software SolidWorks es una aplicación de paga, pero en el mercado actual y con la filosofía OPEN SOURCE existen varios programas gratuitos para el diseño 3D de piezas como: FreeCad, LibreCAD, TinkerCAD, etc. Estos programas son alternativas libres y de fácil aprendizaje (Marketing MCAD, 2022).

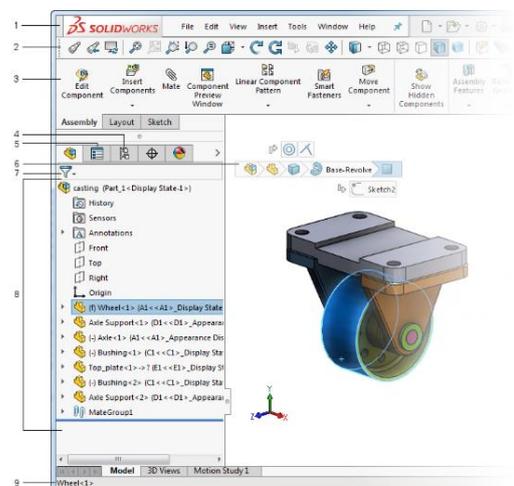
2.2.6.2. SolidWorks

SolidWorks es un software de diseño asistido por computadora CAD, especializado para modelar piezas y ensamblaje tanto en 3D como 2D, este software ofrece múltiples funciones ideales para diseñar piezas complejas y simular procesos físicos para la manufactura y cálculo de materiales requeridos para la fabricación de dicha pieza, este software brinda la posibilidad de gestionar la documentación de cualquier pieza, necesaria para un correcto proceso de fabricación de sistemas mecánicos (C. L. , 2024).

Después de diseñar la pieza necesaria para su fabricación, este debe ser exportado en un archivo con extensión STL para su procesamiento en un software de laminador, el archivo también puede ser exportado en un archivo con extensión OBJ, ambas extensiones son aceptables en el software de laminado (3D Systems, 2024).

Figura 9

Interfaz de trabajo de SolidWorks.



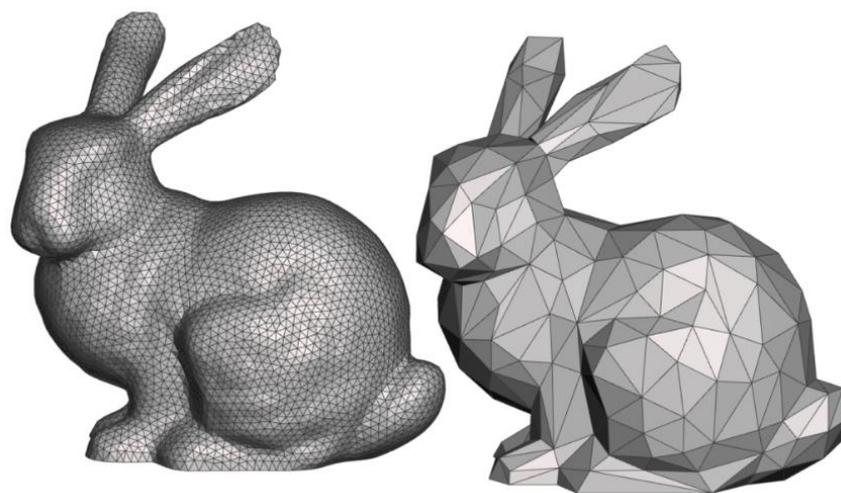
Nota: Interfaz del area de diseño en 2D y 3D de SolidWorks. Adaptado de (Dassault Systèmes, 2024).

2.2.6.3. Extensión STL

Un archivo STL es el formato estándar para las tecnologías de fabricación aditiva e impresión 3D y diseño asistido por computadora STL es la sigla de “Standard Tessellation Language”, el formato STL describe la geometría de un objeto en 3D mediante una malla de triángulos conectados de manera sucesiva, este formato es conocido por su simplicidad porque a diferencia de la extensión .OBJ que tiene la capacidad de incluir información sobre color, textura u otros parámetros, el formato STL solo lleva información sobre el exterior de un objeto, por lo que los archivos son más ligeros, y presentan una mayor compatibilidad con muchos software de laminado, su simplicidad también ayuda a que muchos software CAD sean compatibles para su respectiva edición (3D Systems, 2024).

Figura 10

Diseño 3D de un conejo en formato STL con densidad.



Nota: Comparación entre figuras del formato STL con diferente cantidad de polígonos.
Adaptado de (VACODIR S.A , 2020).



2.2.6.4. Laminado de archivo

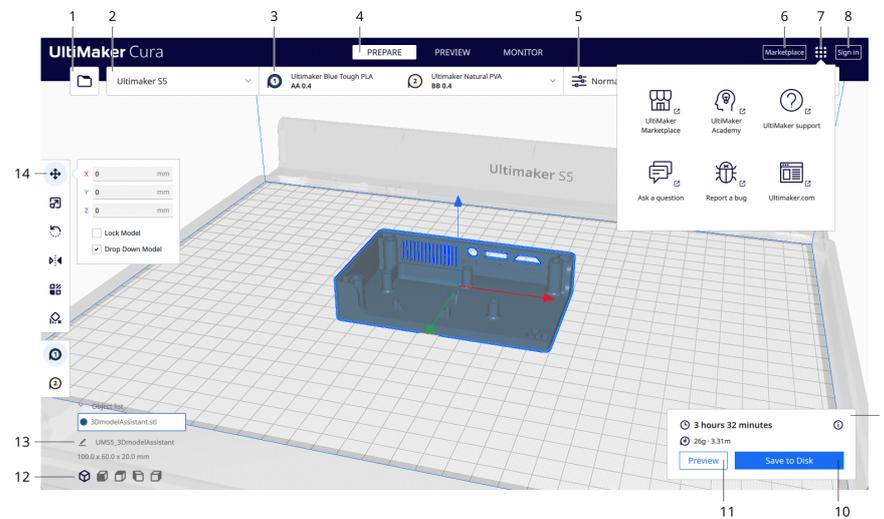
El laminado de un archivo STL es sencillo ya que en el software de laminado o también llamado Slicer se configura todos los parámetros como el porcentaje de relleno, colocar soporte si la pieza lo requiere, la velocidad de impresión, expansión horizontal, etc. Todos estos parámetros influirán en el tiempo de fabricación, calidad y resistencia de la pieza, por lo que se puede decir que el manejo del laminador para procesar la pieza es tan importante como el diseño del mismo, el archivo resultante estará en extensión GCODE o código G, este es usado para el movimiento de los motores, control de temperatura, control de ventilación de capa, etc. De la impresora 3D, en el mercado actual existen variedad de software encargados de procesar el archivo STL y convertirlos en Código G, como Ultimaker Cura o Prusa Slicer que siendo de código abierto son excelentes para el manejo cualquier impresora, por otro lado, tenemos a Simplify 3D que con un costo para nada barato ofrece buenos resultados respecto a la calidad de la pieza (Filament2Print, 2022).

2.2.6.5. Ultimaker Cura

Ultimaker Cura o simplemente Cura es una aplicación creada para modificar parámetros de impresión y después transformarlas en código G, el funcionamiento trata de dividir el archivo en varias capas para la fabricación aditiva en la impresora, este software de código abierto es compatible con la mayoría de máquinas 3D y puede llegar a trabajar en varios formatos como STL, OBJ, X3D ,3FM,etc (Filament2Print, 2022).

Figura 11

Interfaz de trabajo de Cura Slicer.



Nota: Interfaz del area de Simulación de impresión 3D en el laminador Cura. Adaptado de (Ultimaker, 2023).

2.2.6.6. Código G

El código G significa código geométrico, es un tipo de lenguaje de programación usado para controlar máquinas, estos son comandos especiales para controlar maquinas CNC y especificar diferentes operaciones de fabricación ya sea sustractiva o aditiva, las impresoras 3D requieren de gran precisión para su trabajo, por lo que el código G es perfecto para el desarrollo de piezas mediante manufactura aditiva, el código G es creada por un laminador a partir de un archivo STL, ahora el nuevo archivo contiene información como ubicación de cabezal de la impresora 3D mediante coordenadas de los ejes X Y y Z, también mediante los comandos ordena a la maquina la temperatura del extrusor, la temperatura de la plataforma de impresión y controlar el enfriamiento del material ya depositado, el código G es interpretado por un

microcontrolador y convertido en señales eléctricas para controlar velocidad y dirección de un motor PAP (Philipp, 2022).

2.2.6.7. Impresión 3D

La impresión 3D es la etapa de fabricación de la pieza resultante, este es el momento en que ves la materialización de una idea digital, el proceso puede durar desde pocos minutos a muchas horas de trabajo continuo, este proceso inicia con la nivelación de la plataforma de impresión, pasando por la calibración de temperatura del extrusor y plataforma, el archivo se ejecutará sin conexión a la computadora lo que quiere decir que funcionara de manera autónoma, la pieza se fabricará capa tras capa hasta terminar, la pieza resultante deberá ser revisada para ver si cumple con lo requerido por el diseñador, en caso de incumplir, se puede regresar al programa de laminación para configurar los parámetros faltantes, pero si por el contrario la pieza cumple con lo solicitado, se pasará a la última etapa de impresión (Dassault Systemes, 2024).

Figura 12

Mecanismo impreso en 3D.



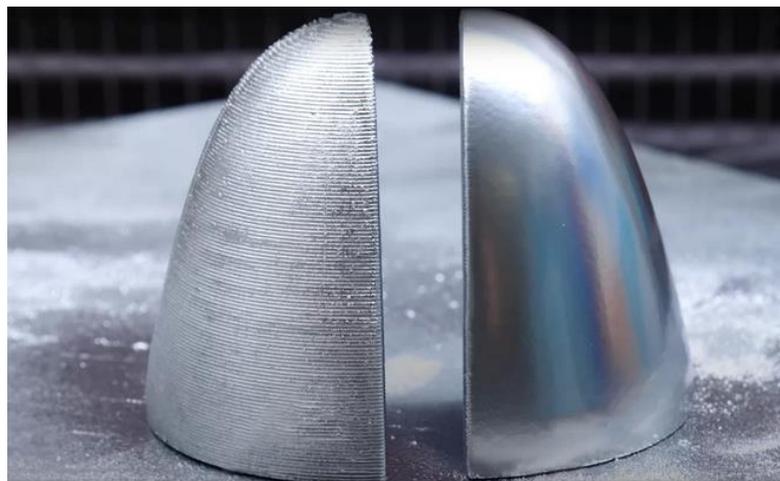
Nota: Mecanismo de engranajes impreso en 3D usando el laminador Cura Slicer.
Adaptado de (Formlabs, 2024).

2.2.6.8. El Post-procesado

El post-procesado se trata de ultimar detalles a la pieza requerida, estos detalles pueden ser quitar algún defecto de la impresión, suavizar ciertas partes de la pieza resultante, lijar la pieza para un acabado de calidad o hasta pintar la pieza si la función final de la pieza es decorativa, el post-procesado puede ser simple o complicarse según sea el requerimiento final del operador (BCN.3D, 2023).

Figura 13

Postprocesado de piezas.



Nota: Comparación entre 2 piezas impresas en 3D, la pieza de la derecha muestra un postprocesado mostrando un mejor acabado. Adaptado de (Creatorium, 2022).

2.2.7. Errores comunes de la impresión 3D

2.2.7.1. Stringing

Es la aparición de hilos entre partes separadas de la pieza, esto es debido al goteo o inercia que genera el extrusor al momento de poner una pausa para que la boquilla pueda trasladarse de un lugar a otro en el plano XY (Mastoner Distribucion Informática, 2018).



2.2.7.2. Warping

Es el levantamiento de ciertas partes de la pieza durante la impresión, esto es debido a la contracción misma del material o un cambio brusco de temperatura, este error se da en materiales de uso mecánicos como PETG o ABS a causa de corrientes de aire en el ambiente lo que hace que el material pierda una temperatura constante (Mastoner Distribucion Informática, 2018).

2.2.7.3. Sobre extrusión

Es la deposición excesiva del material por parte del extrusor, hace que la pieza presente deformaciones y desborde de material, puede ser a causa de varios factores como el material, la temperatura inadecuada del extrusor o incluso la mala configuración de parámetros en el laminador para la impresora (Mastoner Distribucion Informática, 2018).

2.2.7.4. Sub extrusión

Es el error contrario de la sobre extrusión, aquí se observa ausencia de material haciendo que la pieza presente débiles uniones entre capas, esto también es debido a una temperatura inferior de la adecuada haciendo que el material tenga dificultades al ser depositado, la mala configuración en los parámetros del laminador pueden hacer que el filamento sea insuficiente para crear la pieza, la falla más común para que la impresora muestre este error es que la boquilla del extrusor se encuentre obstruida por material que se quedó adherida en la punta del nozzle, es recomendable tener la boquilla bien limpia y libre de polvo (Mastoner Distribucion Informática, 2018).



2.2.7.5. Deformación por calor

Es la deformación de partes de la pieza debido al mal enfriamiento que se pueda presentar, en materiales como PLA es poco probable observar este error, pero en materiales mecánicos como ABS o PETG se debe tener cuidado con los cambios bruscos de temperatura en el ambiente (Mastoner Distribucion Informática, 2018).

2.2.7.6. Puentes caídos

Es el hundimiento de que presenta la capa entre dos puntos de apoyo debido a la poca velocidad de unión entre dichos puntos, en el caso de que los puntos de apoyo sean muy distantes se recomienda el uso de soportes para evitar las deformaciones que pueda presentar un puente (Mastoner Distribucion Informática, 2018).

2.2.7.7. Capas desalineadas

Las capas no se alinean correctamente haciendo que exista un desplazamiento entre capas, esto es debido generalmente a la pérdida de pasos de los motores de los ejes X y Y. se recomienda calibrar bien las corrientes de los motores para que no pueda tener esta pérdida de pasos y limpiar los ejes de deslizamiento para no tener obstrucciones que eviten el movimiento libre de los ejes (Mastoner Distribucion Informática, 2018).



2.2.8. Impresoras 3D FDM de escritorio comerciales

2.2.8.1. Creality

Fundada en 2014, Shenzhen Creality 3D Technology Co., Ltd. se centra en el diseño, la investigación, la producción de impresoras 3D y productos relacionados con la impresión 3D. Compuesto por investigadores profesionales e ingenieros calificados, nuestro equipo del R&D se esfuerza constantemente para la función creativa y la experiencia excelente del usuario. Las inversiones de R&D de la compañía en impresoras 3D de la cubierta de impresión FDM/resina 3D, escáneres 3D, filamentos, resina, así como drones impresos en 3D y robots que respaldan la educación de STEAM. Nuestra fábrica de propiedad propia está certificada con BSCI e ISO, cubriendo un área de 50,000 metros cuadrados y logrando una capacidad de producción anual de más de 1,000,000 de unidades. Todos nuestros productos están certificados según los estándares CE, FCC y ROHS, se han exportado a más de 192 países, incluidos, entre otros, Francia, los Estados Unidos de América, Australia, Rusia, Reino Unido, Alemania, Singapur, Egipto e India, aportando innovación tecnológica a todos los ámbitos de la vida. El 9 de abril de 2022, nuestros fundadores lanzan el nuevo sitio web oficial con tienda en línea actualizando la visión, el núcleo y la experiencia del usuario, estableciendo una nueva imagen de sitio web de marca (Creality, 2022).

Figura 14

Impresora 3D Ender 3V3.



Nota: Adaptado de (Shenzhen Creality 3D Technology Co., Ltd., 2024).

2.2.8.2. Anycubic

Anycubic es una empresa de impresoras 3D de bajo coste la filosofía de Anycubic es que las impresoras 3D deben ser asequibles y accesibles para todo el mundo y que todos merecen dar vida a su creatividad, la empresa anycubic ha lanzado las impresoras de serie Kobra siendo, la Kobra Go la más económica y presentando una calidad increíble envidiar a sus hermanas mayores, Kobra Max y Kobra Plus.

Fundada en 2015, Anycubic se ha convertido en una de las marcas de impresoras 3D más populares en el mercado, con alrededor de 1000 empleados. Pero, no comenzamos tan elegantes como parece hoy en día. El Sr. James Ouyang, cofundador de Anycubic y Ph.D. de la Universidad de Auckland, dijo. "Lu Ouyang, fundador y CEO de Anycubic, es mi amigo de la infancia. Él tenía una empresa antes de Anycubic que



proporcionaba módulos electrónicos y accesorios para impresoras 3D durante más de 4 años." "La impresora 3D en sí no fue nuestra primera opción. Ni siquiera teníamos la confianza para entrar apresuradamente. Pero después de ver a los clientes depender cada vez más de nosotros para componentes clave de sus impresoras DIY, nos dimos cuenta de que podíamos hacerlo, y hacerlo mucho mejor. No pensé mucho, solo esperaba explorar más posibilidades con la tecnología de impresión 3D. No hay nada de qué tener miedo. Entonces, ¿por qué no marcar la diferencia?" agregó Ouyang. En 2015, Anycubic fue fundada, sin mucha vacilación. "Seguir nuestro corazón es importante. Pero el mundo real es duro. Hubo tantos altibajos. No podemos recordar cuántas noches sin dormir pasamos en esa etapa inicial." dijeron los fundadores de Anycubic. Después de un año entero de arduo trabajo, el primer modelo Anycubic Mega se lanzó en 2016. Afortunadamente, nuestro trabajo dio sus frutos. Mega se volvió tan popular en el mercado en un corto período de tiempo y nuestro viaje como fabricante profesional de impresoras 3D comenzó oficialmente. Todos estábamos asombrados y emocionados, pero no nos detuvimos ahí. La segunda y tercera generación se lanzaron poco después en el camino. 3Dream, para la libertad de crear. De hecho, las tecnologías de impresión 3D pueden hacer mucho. Pero primero que nada, creemos que las impresoras 3D deben ser accesibles y asequibles para todos en lugar de ser ciencia ficción y estar fuera del presupuesto. Creemos que cada uno de nosotros merece la libertad de hacer realidad nuestras ideas, creatividad e imaginación. Anycubic se compromete a ser una de las mejores opciones para la libertad de crear. Al lado tuyo, sabemos que lo lograremos. Como

un conocido proveedor de I+D de impresoras 3D y proveedor de servicios, Anycubic ha establecido un sistema de ventas, marketing y servicio para clientes de todo el mundo, brindando soluciones y servicios tecnológicos profesionales, incluidos servicios de operación del sistema de impresión 3D, alquiler de impresoras 3D, arrendamiento financiero, servicios de promoción de ventas, consultoría personalizada de impresión 3D y también servicios de capacitación. Con su avanzada cartera de productos y servicio profesional, Anycubic satisface los requisitos de impresión 3D y mejora la experiencia del usuario para sus clientes (Anycubic, 2024).

Figura 15

Anycubic Kobra Series.



Nota: Adaptado de (ANYCUBIC-ES, 2024).

2.2.8.3. Bambu Lab

Bambu lab es una empresa que se enfoca más en impresoras 3d de escritorio acercándose a profesionales, a diferencia de las dos empresas



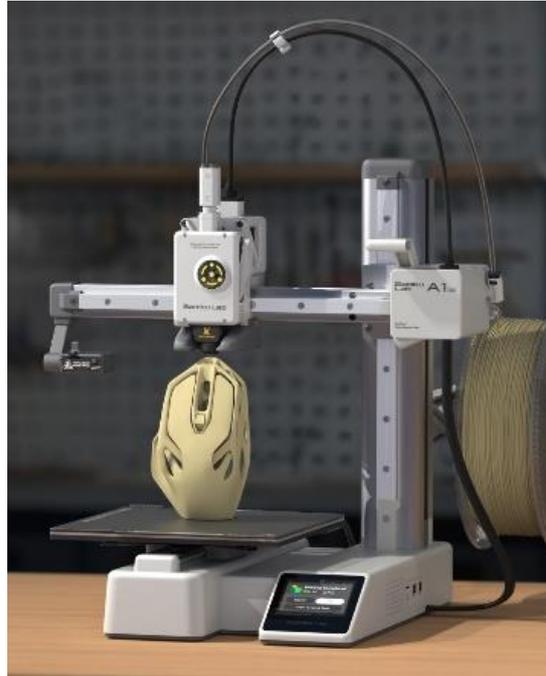
anteriores enfocadas a crear impresoras de bajo coste, Bambu lab se va por la mejoría de sistemas, tanto de extrusión y de mecánica, bambu lab al ser fundadas por ingenieros expertos en robotica e inteligencia artificial busca mejorar y llegar a lo más alto en el mundo de la impresión 3D, su mejor modelo es la Bambu Lab X1 carbon que tiene la capacidad de imprimir 4 colores de material en simultaneo a una velocidad de 500 mm/s, lo que sin duda significa un avance increíble en el mundo de las impresoras 3D.

Bambu Lab es una empresa de tecnología de consumo que se centra en impresoras 3D de escritorio. Comenzando con la serie X1, Bambu Lab construye impresoras 3D de última generación que rompen las barreras entre los mundos digital y físico, llevando la creatividad a un nivel completamente nuevo. En este momento tenemos tres sitios ubicados en Shenzhen y Shanghai en China y Austin, Texas de los Estados Unidos. Nuestra historia comenzó con la reunión de un equipo de fanáticos de la impresión 3D, que también son ingenieros expertos en robótica, inteligencia artificial, ciencia de materiales e industrias de Internet. Nuestro equipo tiene experiencia en la construcción de productos de alta tecnología que traen impactos positivos al mundo. Desde el principio, nos hemos dedicado a hacer que la tecnología de vanguardia sea asequible con conocimientos avanzados y alta calidad de producción. Nos vemos a nosotros mismos como parte del ecosistema y estamos encantados de aprender y compartir conocimientos con la comunidad de impresión 3D. La pasión de nuestro equipo radica también en el compromiso de crear la próxima generación de impresoras 3D ecológicas, empujando a la

industria hacia un futuro con una huella de carbono mucho más baja (Lab, 2024).

Figura 16

Impresora Bambu Lab A1 Mini.



Nota: Adaptado de (Lab, 2024).

Existen muchas más como: Artillery, Ultimaker, Formlabs, Etc. Dedicadas al diseño y construcción de impresoras 3D ya sea de filamento o de resina, Estas empresas son las mejores del mercado, han sabido adaptarse en el mundo de los desarrolladores de impresión 3D buscando ya sea, diseñando una impresora de buena calidad y precio reducido o creando impresoras que rompan los estereotipos de diseños lentos y anticuados, el futuro sin duda recae en estas empresas diseñando y creando buenos productos asequibles a personas comunes.

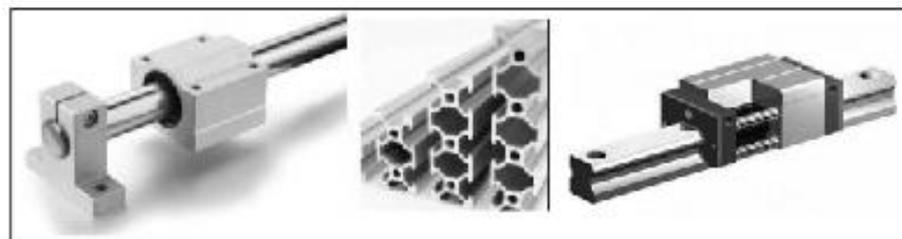
2.2.9. Componentes de una impresora 3D FDM Cartesiana

2.2.9.1. Estructura Básica de una impresora 3D

Antiguamente las impresoras 3D buscaban una forma estándar de tener una estructura firme y que brinde estabilidad a la maquina donde todos los componentes quedaran firmes, se contemplaron varios materiales desde piezas de acrílico hasta madera, fue hasta 2010 la empresa OpenBuilds fue la pionera en el uso de perfiles de aluminio V-Slot, hoy en día el uso de estos perfiles es muy usado en máquinas CNC o impresoras 3D, por supuesto que esto no se limita a estas máquinas, gracias al gran diseño de este tipo de perfiles el uso se a masificado en distintos tipos de proyectos, desde los industriales hasta prototipos básicos, tanto en el uso en impresoras 3D o maquinas CNC, hoy existen diferentes tipos de perfiles, V-Slot, T-Slot, U-Slot, etc. Cada uno con características propias, ideales según el proyecto que lo requiera (Aycardi Salgado, 2017).

Figura 17

Guias lineales usados actualmente.



Nota. Tipos de Sistemas de movimiento que usan maquinas CNC o impresoras 3D en la actualidad. Adaptado de (Sánchez Mondragón, 2023), pág. 31

Para el armado de impresoras 3D se ha optado más, por el uso de perfiles V-Slot de 2 tipos de dimensiones, de tamaño 20x20 cm, y de 20x40 cm, cada uno de estos tienen su función dentro de un sistema de impresión

3D, los perfiles de 20x20cm se usan para el marco superior, mientras que los perfiles 20x40cm se usan para la parte de la base de la impresora y el recorrido de la plataforma de impresión, estos perfiles son estándar en la construcción de impresoras 3D de escritorio, y son muy recomendables para la construcción de una máquina de manufactura aditiva (Aycardi Salgado, 2017).

Figura 18

Impresora 3D Ender 3.



Nota. Diseño mecánico de una impresora 3D Ender 3. Adaptado de (Shenzhen Creality 3D Technology Co., Ltd., 2023).

Algo importante para señalar es que debido a su popularidad y diseño innovador este tipo de perfiles de aluminio son usados como guía de los ejes, sin duda alguna algo muy particular, ya que funcionan como estructura de la impresora y también como carriles lineales donde se desplazan los ejes X, Y y Z, para lograr esto se fueron creando unas ruedas de desplazamiento especiales para este tipo de estructuras, el desarrollo de

estas ruedas se verán más adelante en la sección de sistemas de movimiento (Aycardi Salgado, 2017).

Figura 19

Rueda V-Slot sobre perfil de aluminio V-Slot.



Nota. Rueda V-Slot sobre un perfil V-Slot, es el sistema de movimiento mas eficiente usado en impresoras 3D. Adaptado de (La Costa 3D, 2023).

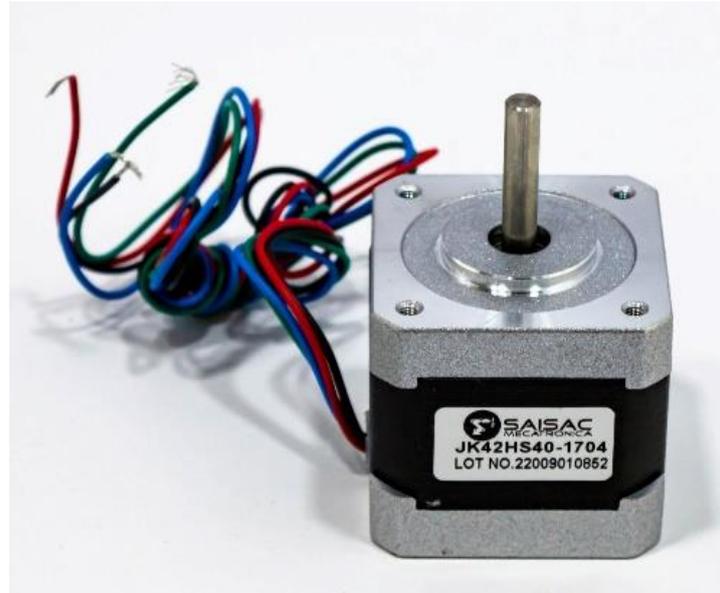
2.2.9.2. Sistema de Movimiento

Los sistemas de movimiento en una impresora 3D siempre son conformados por motores PAP debido a su precisión y exactitud, esto es fundamental en la materialización de un pieza diseñado en software CAD, los motores mediante código G son controlados para moverse a cierta ubicación y extruir cierto material, los motores son importantes en una impresora 3D por lo general en las máquinas de escritorio se usan los motores NEMA 17 debido al equilibrio entre tamaño velocidad y fuerza, necesarias para un trabajo adecuado. En las últimas máquinas de impresión 3D el torque de los motores PAP se puede controlar mediante código G,

esto brinda una mayor facilidad de uso y ahorro de consumo de energía, otra característica importante es su bajo coste, esto beneficia mucho a la fabricación de una maquina 3D (Mkay, 2022).

Figura 20

Motor Nema 17.



Nota. Motor Nema 17 usado en máquinas de control numerico computarizado.
Adaptado de (SAI SAC, 2024).

Los motores son encargados de mover tanto el eje X Y y Z, las tres coordenadas están conformados por diferentes piezas, en sistemas de movimiento antiguamente se usaban como ejes varillas de metal y rodamientos lineales, pero esto daba gran imprecisión en las piezas resultantes, estas imperfecciones se podían evitar con una precisa y tediosa configuración para, hoy en día existen diversos sistemas de guías lineales para un movimiento suave y mucho más preciso a comparación de sistemas antiguos, en impresoras de comerciales de escritorio se usa la misma estructura como guía de eje, esto es una solución más barata respecto al uso de guías lineales, el uso de la estructura como guía de eje



se da con el uso de perfiles V-SLOT de aluminio como cuerpo de la impresora y ruedas V-SLOT como guías para el movimiento de un determinado eje (Mkay, 2022).

2.2.9.3. Ruedas V-Slot

Las ruedas V-Slot están diseñadas para el recorrido suave del carril de los ejes X, Y y Z en los perfiles V-Slot, esos perfiles que también forman parte de la estructura de la máquina, para esto las ruedas V-Slot cuentan con un rodamiento para el giro libre y movimiento fluido en el perfil, esas ruedas están diseñadas para soportar carga y fricción mientras se desplazan por los carriles de los ejes X, están hechas de polímero resistente al desgaste, como el poliuretano o policarbonato, lo que significa una duración extensa, estos cuentan con unos separadores para adecuarlos a la pieza metálica como el soporte para el cabezal o la plataforma caliente, estos separadores son de 2 tipos uno fijo y el otro variable, el fijo solo se usa para separar las ruedas de la pieza de aluminio, y el separador variable se cómo espaciador y ajustador entre rueda y rueda para el correcto desplazamiento en el perfil (SAI SAC, 2024).

Figura 21

Ruedas V-Slot con carril.



Nota. Ruedas V-Slot Adaptado de (SAI SAC, 2024).

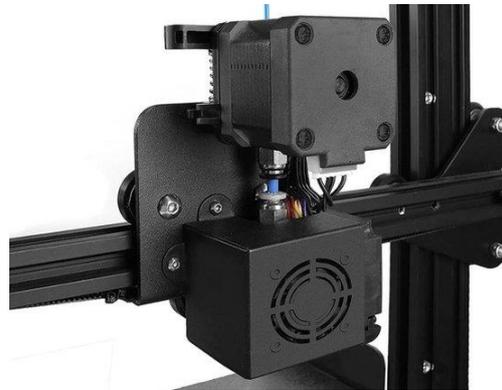
Es importante señalar que, el ajuste de las ruedas V-Slot se debe de realizar de manera precisa ya que al dejar un ajuste flojo la carga en cuestión vibrará a altas velocidades y un apriete excesivo impedirá el correcto deslizamiento de la rueda lo que significara un consumo desmedido de la corriente de los motores.

2.2.9.4. Eje X

En una impresora FDM cartesiana el eje X es el movimiento de izquierda a derecha y viceversa del cabezal de extrusión, el encargado de mover este cabezal es un motor PAP mediante una correa que estará enganchada al cabezal, como se mencionó antes este movimiento se da en un perfil V-SLOT y se desliza mediante ruedas V-SLOT, dichas ruedas son de presión variable para garantizar un movimiento fluido (Luis, 2021).

Figura 22

Sistema eje X de una impresora 3D.



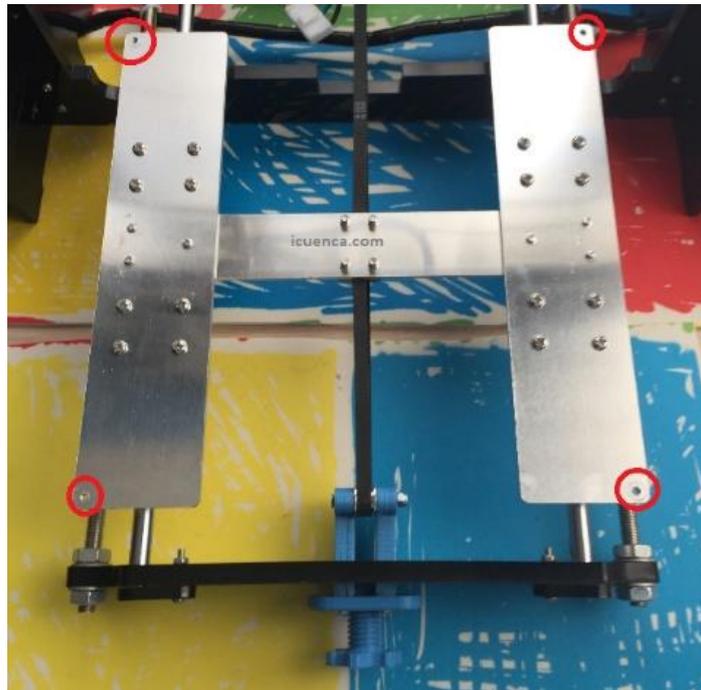
Nota. Sistema de movimiento en el eje X de una impresora 3D. Adaptado de (Bol, 2024).

2.2.9.5. Eje Y

El eje Y es un poco más complejo ya que se encarga de mover la plataforma calefactora o cama caliente en donde se depositara el material para formar la pieza, al mover toda una superficie de al menos 20x20cm necesita mayor estabilidad, para esto el perfil V-SLOT donde se realiza el movimiento es de 20x40mm, esto brinda un mayor lugar de apoyo de las ruedas V-SLOT, conectadas a una pieza de aluminio que está conectado mediante tornillos a la cama calefactora, la pieza de aluminio cumple la función de regular la altura de la cama con la boquilla, calibrar esta distancia es muy importante para la impresión de la primera capa de la pieza, la distancia aproximada de la plataforma de impresión a la boquilla es de 0,2mm, existen algunos modelos de impresoras que el eje X es movido por todo el eje Y dejando a la cama moviéndose por el eje Z, pero debido a su estructura, dichas impresoras tienen un costo más elevado (Luis, 2021).

Figura 23

Base de eje Y de una impresora 3D.



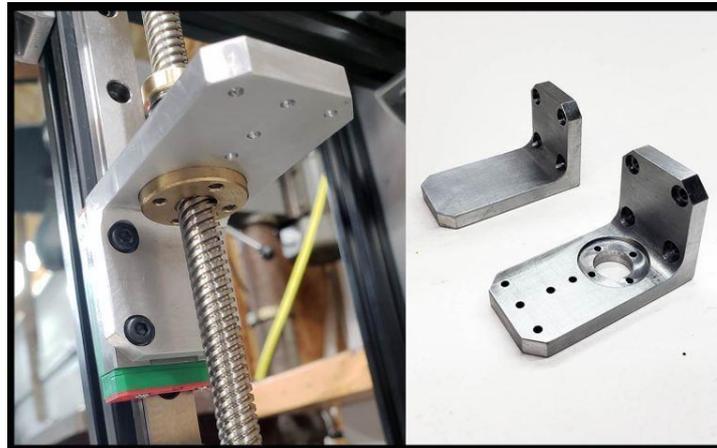
Nota. Base de la plataforma de impresión en una impresora 3D adaptado de (Icuenca, 2018).

2.2.9.6. Eje Z

El eje Z es el encargado de mover al eje X y y el cabezal de extrusión hacia arriba y abajo esto para controlar las capas de la impresión, el movimiento se realiza hacia arriba una vez terminado una capa de impresión, está conformado por los pilares principales de una impresora 3D estos también fungen como guías del eje Z, en ambos pilares hay ruedas V-SLOT ajustadas para realizar un deslizamiento muy suave hacia arriba y abajo, los motores PAP ya no usan correa en este eje, para un preciso movimiento en este eje se usan husillos o tornillo sin fin ya que este tipo de sistema son buenos para soportar mayor fuerza y ofrecen mayor precisión (Luis, 2021).

Figura 24

Husillo de Eje Z.



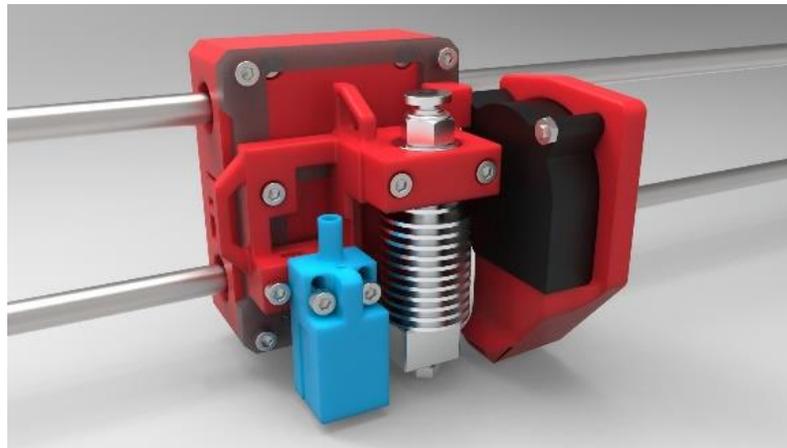
Nota. Eje de recorrido del eje Z de una impresora 3D. Adaptado de (3D Distributed, 2024).

2.2.9.7. Cabezal - Extrusor

La tecnología FDM es un proceso de impresión 3D mediante extrusión de material, este material proviene de un carrete de filamento de plástico y el proceso de extrusión se da a través de un extrusor que calienta a punto de fusión de plástico y deposita el material para formar una capa, y se procede a imprimir la siguiente capa hasta formar la figura deseada, comúnmente en las impresoras 3D más comerciales el diámetro de filamento son de 1.75mm y las boquillas de extrusión de las impresoras más comunes son de 0.4mm (Luis, 2021).

Figura 25

Cabezal de Extrusión.



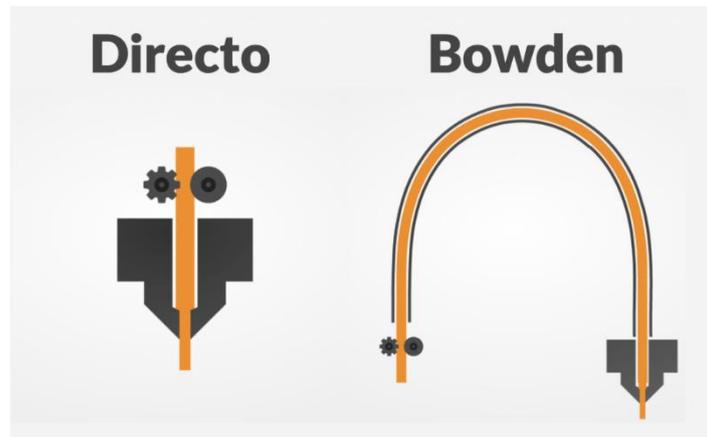
Nota. Cabezal de extrusion de una impresora 3D. Adaptado de (3D Work, 2023).

Lo más importante en una impresora FDM es el sistema de extrusión de plástico ya que existen dos que son los más populares el primero es la extrusión directa y el segundo es la extrusión tipo bowden, ambos sistemas tienen sus ventajas y desventajas, así como el uso que se les pueden dar.

En la figura 26 podemos visualizar mejor el funcionamiento, las impresoras con extrusión tipo bowden se divide en dos etapas la primera está conformado por un motor y el sistema de empuje de material mediante un tubo de teflón hasta llegar a la segunda etapa conformado por el sistema de extrusión encargado de derretir y depositar el material, la extrusión directa junta ambas etapas del sistema de extrusión tipo bowden ya que tanto el sistema de empuje como sistema de procesamiento de material están unidas en un solo sistema de cabezal para el trabajo (Bitfab, 2024).

Figura 26

Ilustración de tipos de extrusión.



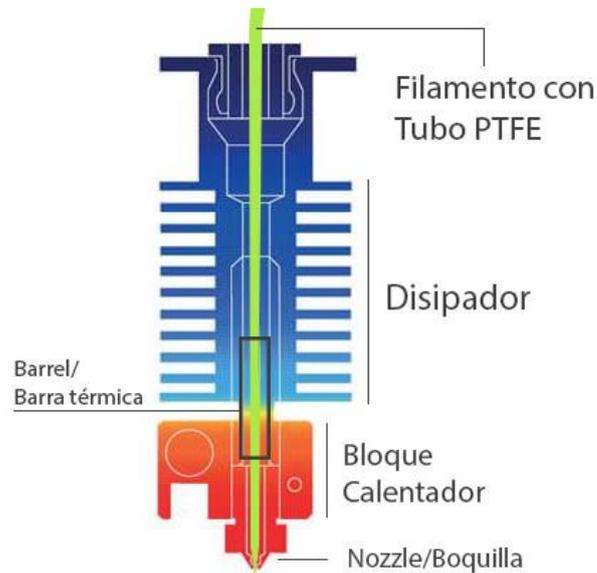
Nota: Diferencia entre un extrusor directo y un extrusor tipo bowden. Adaptado de (Bitfab, 2024).

Ambos sistemas tienen sus ventajas y desventajas, el sistema tipo bowden mejora la velocidad ya que el peso de cabezal es mucho menor a comparación del cabezal de extrusión directa conformado por el motor y el cabezal de la impresora, la extrusión directa destaca por su versatilidad frente a muchos materiales de impresión, ya que puede procesar materiales como ABS, TPU, PETG y muchos de una manera sencilla, en cambio la extrusión tipo bowden presenta problemas en estos materiales debido al tubo de teflón ya que este último impide realizar de manera óptima la retracción, proceso importante que es necesario para la impresión 3D.

El cabezal de una impresora 3D independientemente del tipo de sistema de extrusión de material, tienen componentes similares, un motor encargado de empujar el material, un tubo de teflón pequeño encargado de dirigir el filamento, un bloque calefactor encargado de distribuir el calor, un barrel encargado de unir el tubo de teflón al bloque calefactor, y una boquilla o nozzle es el encargado de depositar el material (Bitfab, 2024).

Figura 27

Partes de Boquilla de una impresora 3D.



Nota: Componentes que forman parte de una boquilla completa de extrusión de filamento. Adaptado de (Filament2Print, 2024).

En la figura 27 se muestra con detalle los componentes que conforman un cabezal de impresora 3D, es importantes recalcar que este cabezal es universal independientemente del tipo de sistema de extrusión 3D.

El rango de nozzles disponibles varía según el sistema y el fabricante, pero en general oscila entre 0.25 y 0.8 mm. Esto se debe a las limitaciones intrínsecas de la tecnología FDM. Los plásticos, al fundirse mantienen una viscosidad considerable que hace necesario aplicar una presión mayor cuanto menor sea el diámetro. Es por eso que por debajo de 0.25 mm la presión necesaria es tan alta que resulta imposible imprimir algunos plásticos de mayor viscosidad. Sin embargo, algunos fabricantes como E3D disponen de nozzles experimentales de hasta 0.15 mm, con los

que es posible obtener resultados excelentes imprimiendo con PLA a baja velocidad (Filament2Print, 2024).

2.2.9.8. Plataforma de impresión

La plataforma o cama caliente es uno de los componentes principales de una impresora 3D ya que es donde se depositará el material, y dependiendo del material la cama se calentará a un rango de temperatura en específica, en material PLA la cama deberá calentarse entre 50°C y 60°C, en material como ABS la plataforma se calienta entre 80°C y 90°C, en el caso de usar el material TPU la cama deberá permanecer sin calentarse, ya que este material se imprime con la cama a temperatura ambiente (Solectro, 2020).

Figura 28

Nivelacion manual de Cama de impresión.



Nota. Calibracion de la plataforma de impresión manualmente. Adaptado de (Venencia, 2024).

Uno de los aspectos complicados de una impresora 3D es el momento de calibrar la diferencia de altura entre la boquilla de impresión y la cama caliente, este dependerá según el tamaño de la boquilla de impresión, comúnmente se usa una boquilla de 0.4mm de grosor, en ese

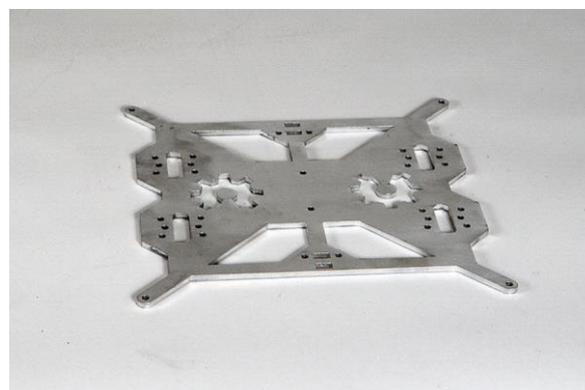
caso la diferencia entre la boquilla y plataforma de impresión será de aproximadamente 0.2mm, para calcular esa medida se usa un trozo de papel A4 para calcular esa distancia, para eliminar ese tedioso proceso de calibración en la actualidad los desarrolladores de impresoras 3D empiezan a implementar el nivelado automático, que usando un sensor de proximidad calcula la distancia entre boquilla y plataforma de impresión de manera automática (Solectro, 2020).

2.2.9.9. Soporte de cama de impresión

Para que la cama caliente permanezca unida a la estructura, descansa sobre un soporte de aluminio que unido a 4 ruedas V-Slot que se desplaza sobre el perfil V-Slot, dicho soporte de aluminio también cuenta con 4 perforaciones en sus 4 esquinas para poder realizar la nivelación manual de la plataforma de impresión, esto es variando 4 tornillos presionados por 4 muelles que evitan que los tornillos se muevan desequilibrando la plataforma (Solectro, 2020).

Figura 29

Base de aluminio para la plataforma de impresión.



Nota. Base de aluminio de la plataforma de impresión. Adaptado de (Arquitectura de los computadores, 2024).

2.2.9.10. Electrónica

En el campo de la electrónica una impresora 3D está conformado por la fuente de alimentación y el circuito de control, en la etapa de alimentación mayormente las impresoras 3D están conformados por una fuente de 24V y 15A esto es suficiente para todo el sistema mecánico para calentar la boquilla, calentar la plataforma, alimentar el circuito de control y todo lo que requiera alimentación eléctrica, por otro lado tenemos la tarjeta de control, este viene a ser el cerebro de la impresora encargada de leer el código G y transformarlas en señales eléctricas para el movimiento de los motores PAP y calcular la cantidad de material que se depositara a la construcción de una pieza, para una comunicación entre la maquina y hombre, una pantalla es conectada a la tarjeta, este será de control para manipular la impresora 3D (Tu Blog en 3D, 2024).

Figura 30

Kit basico de control de una impresora 3D.



Nota. Componentes basicos de la etapa de control de una impresora 3D (Tu Blog en 3D, 2024).

2.2.9.11. Sensores de temperatura

Estos sensores permiten el monitoreo de las temperaturas de la boquilla de extrusión y la plataforma de impresión, generalmente son termistores de un valor resistivo de $100K\Omega$, tiene la función de censar la temperatura, asegurando que tanto la boquilla como la plataforma se encuentran dentro del rango de trabajo, el control de esta temperatura se da mediante un controlador PID, es recomendable simular establecer parámetros exactos de PID ya que la configuración de fabrica no puede llegar a trabajar de una manera óptima (Tu Blog en 3D, 2024).

Figura 31

Nozzle y sensor de temperatura.



Nota. Boquilla de extrusion o nozzle de una impresora 3D. adaptado de (Spain Labs, 2024).

2.2.9.12. Sensores de fin de carrera

Estos sensores permiten definir los límites de trabajo de impresión, colocados a los extremos de los ejes estableciendo el inicio y el final de los movimientos de los carriles o guías lineales, esto evita posiciones que puedan dañar la máquina de impresión 3D (Tu Blog en 3D, 2024).

Figura 32

Sensor de final de carrera.



Nota. Final de carrera de una impresora 3D. Adaptado de (Moviltronics, 2024).

Diseños actuales de impresoras 3D implementan muchos sensores para que el trabajo de resulte con la calidad más alta posible, uno de ellos es el sensor de nivelación de plataforma como se vio anteriormente, para lograr una correcta nivelación se cuenta con un sensor capacitivo para detectar metal, para esto se debe de usar una cama o fleje magnético, en el mercado existen distintos sensores para la nivelación automática como el 3D Touch, es el más usado para la mejora de una impresora 3D que vino con nivelación manual de fábrica.

Existen sensores también para la detección de filamento, que sirve para ver si aún queda material para realizar el trabajo, este tipo de sensores permiten pausar y reanudar de manera automática el proceso de impresión cuando se detecta que no queda material (Didacticas Electrónicas, 2024).



2.2.9.13. Otros componentes

Existen otros componentes y accesorios para que una impresora 3D funcione bien, dichos ventiladores tienen la función de enfriamiento, están en distintos lugares, como las ventiladoras de electrónica son los encargados de enfriar la electrónica de la impresora 3D principalmente los mosfet, otro ventilador es el ventilador de cabezal, este enfría el trayecto final del tubo de teflón del cabezal de impresión para evitar que el material se derrita antes de llegar a la boquilla. También tenemos al ventilador de capa, este ventilador permite la solidificación del material para que se pueda imprimir sobre ello de manera inmediata o realizar puentes en la pieza. La conexión entre los motores, sensores y demás componentes a la tarjeta de control se realiza mediante cables, estos deberán de tener el calibre y protección adecuada porque algunos tendrán que estar conectados a superficies de altas temperaturas (Didacticas Electrónicas, 2024).

2.2.10. Cálculo de velocidad de la impresora 3d

La velocidad de impresión 3D dependerá de varios factores, la principal y la que define el límite de velocidad serán la velocidad de motores y el flujo de trabajo de la boquilla, pero también debemos tener en cuenta la buena estructura de la impresora, todo esto debe ser analizado para determinar una velocidad de trabajo límite en el firmware de la impresora y la creación del archivo GCode.

Primero determinamos la velocidad lineal de los motores, empezando el dato de flujo de la boquilla, en este caso $33\text{mm}^3/\text{s}$, usando una boquilla de 0.4mm y a una altura de capa de 0.2mm, usando un filamento PLA de 1.75mm de espesor, se calcula:



Área de la boquilla:

$$\pi \left(\frac{0.4 \text{ mm}}{2} \right)^2 = 0.1256 \text{ mm}^2$$

Para hallar la velocidad de lineal dividimos el flujo volumétrico entre el área de la boquilla:

$$\text{Velocidad de Impresión} = \frac{(33 \text{ mm}^3/\text{s})}{(0.1256 \text{ mm}^2)}$$

$$\text{Velocidad de Impresión} = 262.7 \text{ mm/s}$$

Así determinamos que la velocidad de deposición de filamento será de 262.7mm/s, esto es cuando se tenga que depositar filamento para crear la pieza final (Filament 2 print, 2023).

Un motor Nema 17 puede alcanzar velocidades de hasta 400mm/s, pero existen múltiples factores que afectan a la velocidad del motor como el microstepping.

Gracias a los drivers TMC2208 se puede alcanzar 1/256 de paso, lo que puede resultar en una velocidad mucho mayor, pero sacrificando el torque.

2.2.10.1. Voltaje

El voltaje juega un papel importante ya que a mayor voltaje mayor velocidad, pero también alcanzara una mayor temperatura.



2.2.10.2. Corriente

la corriente es variable a en los drivers lo cual hace posible su adecuado funcionamiento al igual que el voltaje la corriente afecta directamente a la velocidad del motor.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

3.1.1. Hardware

- Ordenador Portátil: HP ProBook 645 G4
- Procesador AMD Ryzen 5 PRO 2500U
- Memoria 8gb Ram
- Sistema Operativo Windows 11 Professional
- Impresora 3D Anycubic Kobra Go
- Resolución de 0.05 – 0.30mm
- Velocidad recomendada 60mm/s
- Area de impresión 235x235mm
- Drivers de 32 bits
- Placa TriGorilla v3.0.6 32 bits
- Voltaje de operación 24V
- Fuente de 24V 15AMP
- Tarjeta de Control MKS
- Modelo: ATmega2560
- Frecuencia de reloj: 16 MHz
- Memoria Flash: 256 KB
- Interfaz de control: Display Lcd 2004 Ramps 1.4
- Tipo de controlador soportado: A4988, DRV8825, TMC2100, LV8729, TMC2208.



- Interfaces: UART 4, I2C, SPI 1
- Voltaje de funcionamiento 24V

3.1.2. Software

- Sistema Operativo Windows 11 64 Bits
- SolidWorks 2020
- Ultimaker Cura V5.6
- Blender V4.0
- Firmware Marlín V2.1.2.4

3.2. DISEÑO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. Diseño de la investigación

El proceso de investigación se caracteriza por la inquietud de un individuo por resolver problemas que lo rodean mediante la aplicación del método científico. En este caso, desde el paradigma positivista, emerge la posibilidad de realizar investigación desde procesos experimentales en los cuales se manipula de manera intencionada una variable independiente de investigación. Precisamente, este es el contexto en el cual se quiere reflexionar en este editorial, por lo cual, a continuación, se trabaja el tema de los diseños de investigación experimentales (Ramos Galarza, 2021).

La investigación es de tipo experimental debido a la manipulación de variables de diseño como la velocidad y temperatura de impresión o la configuración del software, observando como esto afecta significativamente a la calidad final de la pieza a fabricar, Al monitorear cuidadosamente las actividades laborales, medir con precisión los resultados y comparar diferentes



configuraciones, se pueden realizar múltiples experimentos. Al analizar datos para determinar qué diseños o configuraciones producen los mejores resultados se crea y prueba hipótesis sobre cómo ciertos cambios podrían afectar el rendimiento. Este proceso iterativo de diseño, prueba y revisión, basado en hallazgos empíricos y análisis sistemáticos, está estrechamente relacionado con la investigación experimental.

3.2.2. Nivel de la investigación

Según Aldrin Velásquez, en su artículo “¿Qué es la investigación correlacional?”, se obtiene que la investigación correlacional es un tipo de método de investigación no experimental en el cual un investigador mide dos variables. Entiende y evalúa la relación estadística entre ellas sin influencia de ninguna variable extraña (Velásquez, 2024).

El nivel de investigación es explicativo y en parte correlacional. Esta investigación busca comprender y materializar el funcionamiento de una impresora 3D cartesiana, también se desea explorar en como diferentes variables del diseño afectan su rendimiento y calidad de impresión. Al manipular múltiples factores como la velocidad de impresión, temperatura del extrusor o configuración del software, y analizar sus efectos en la calidad de las piezas impresas, se establecen relaciones causales entre estos elementos. Además, el estudio correlaciona diversas variables de diseño con los resultados de impresión, permitiendo predecir cómo los cambios en ciertos parámetros afectarán el resultado final. Este enfoque explicativo y correlacional proporciona una comprensión profunda de los mecanismos subyacentes en el funcionamiento de la



de muestra predeterminado). El muestreo no probabilístico se utiliza donde no es posible extraer un muestreo de probabilidad aleatorio debido a consideraciones de tiempo o costo. El muestreo no probabilístico es un método menos estricto, este método de muestreo depende en gran medida de la experiencia de los investigadores. El muestreo no probabilístico comúnmente se lleva a cabo mediante métodos de observación, y se utiliza ampliamente en la investigación cualitativa (Ortega, 2024).

En la investigación se usa el muestreo no probabilístico debido a la naturaleza de profundizar en un tema más que generalizar resultados, dadas las limitaciones del tiempo y recursos de nuestra investigación, el muestreo no probabilístico nos permite obtener calidad de información de un número menor pero importante de participantes, se reconoce que el muestreo no probabilístico cuenta con muchas limitaciones, principalmente en términos de representatividad y generalización de los resultados, pero estos se reducirán buscando mucha diversidad de perfiles, transparencia y buen uso de datos.

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.5.1. Técnicas

En esta investigación se emplea el método de observación, esta es la manera más óptima de saber que el desempeño de la impresora 3D, esto también nos permite verificar y catalogar el uso, la facilidad, y el trabajo final de la máquina en comparación a otros equipos que se dedican al mismo trabajo, desde un punto de vista técnico, es crucial llevar pruebas de rendimiento. Esto nos permitirá evaluar aspectos básicos como la velocidad, la precisión de colocación de capas, el rendimiento de la placa controladora, la fidelidad de la pieza final respecto a la pieza digital, etc.



En conclusión, el método de observación permitirá una evaluación integral del proyecto, también nos brindará una comprensión profunda acerca del equipo.

3.5.2. Instrumentos

La investigación usa múltiples instrumentos para la recolección de datos usando la técnica de observación, por ejemplo:

3.5.2.1. Notas de Campo

consiste en recolectar datos, descripciones o cualquier incidencia que surja durante el proceso de evaluación.

3.5.2.2. Software de monitoreo

Consiste en comparar datos entre la pieza final y la simulación en computadora.

3.5.2.3. Herramientas de medición

aquí se incluyen medidores de distancia, medidores de tiempo, medidores de masa, etc. Instrumentos que permitan comprobar variables específicas durante todo el proceso de observación.

3.5.2.4. Archivos multimedia

el uso de fotografías o de video mejorará mucho el proceso de observación del comportamiento de la máquina.

3.6. PROCEDIMIENTO

3.6.1. Diseño de una impresora 3d cartesiana FDM

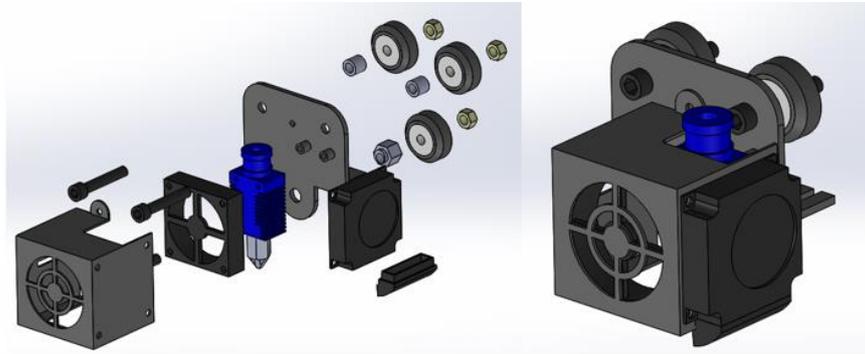
En esta investigación se optó por desarrollar una impresora cartesiana FDM debido a su fácil entendimiento y manejo intuitivo, como ya se mencionó la tecnología FDM es la más usada en el mundo de la impresión 3D, esto se hace para que los estudiantes puedan entender muy bien el principio de funcionamiento de una impresora 3D, la maquina en cuestión tendrá un extrusor mediante bowden ya que lo que queremos obtener es alta velocidad con buena calidad, cada componente de la impresora será explicada y desarrollada en esta investigación.

3.6.1.1. Extrusor

Para el desarrollo de la impresora se usará el kit de cabezal de extrusión TZ-E3 2.0, este extrusor tiene la boquilla de acero endurecido lo que permite llegar temperaturas de hasta 300°C lo que facilita usarlo para materiales como PETG y ABS, el radiador esta hecho de aleación de aluminio lo que evita atascos, la placa calefactora permite tiene una potencia de 48W con un voltaje de 24V, todo el extrusor tiene un peso ligero de 26gr, lo que permitirá mayor velocidad del cabezal, lo más importante de este extrusor es que tiene la capacidad de imprimir hasta $33mm^3/S$, ideal para impresoras de alta velocidad.

Figura 34

Extrusor simulado y todas las partes que lo componen.



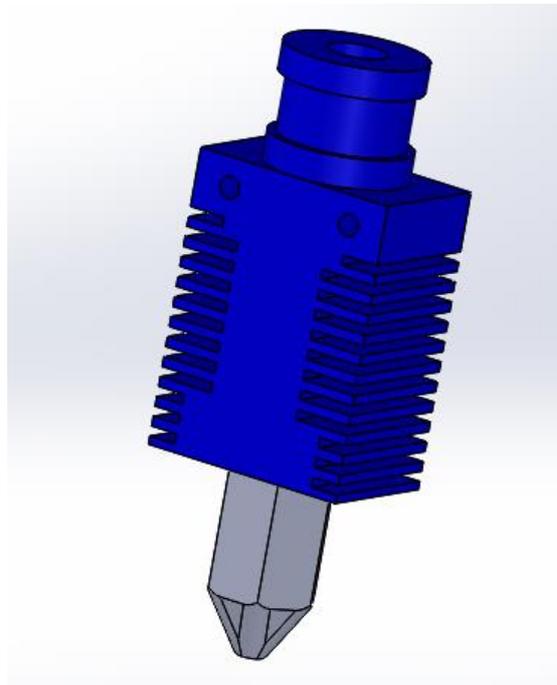
Nota. Elaboración propia

3.6.1.2. Boquilla

Es la pieza final del extrusor, para esta impresora se decidió por una boquilla de 0.4mm, ya que es la más usada.

Figura 35

Boquilla de alta velocidad.



Nota. Elaboracion propia

3.6.1.3. Tubo de teflón

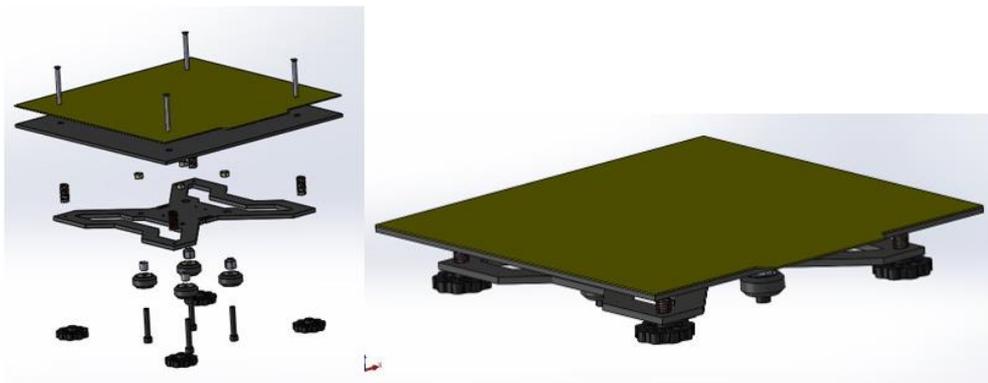
Pieza encargada de guiar el filamento desde el motor extrusor hasta el sistema de extrusión.

3.6.2. Plataforma de impresión

La plataforma de impresión es muy importante a la hora de imprimir materiales como ABS o PLA, es por eso que se decidió por la plataforma de la marca Creality, esta plataforma es usada por las impresoras de la línea de impresoras Ender 3, con dimensiones de 235x235x3mm ofrece un espacio amplio de trabajo, y con la capacidad de llegar hasta los 110°C es ideal para trabajar materiales mecánicos con ABS o PETG.

Figura 36

Plataforma de impresión y sus componentes.



Nota. Elaboración Propia

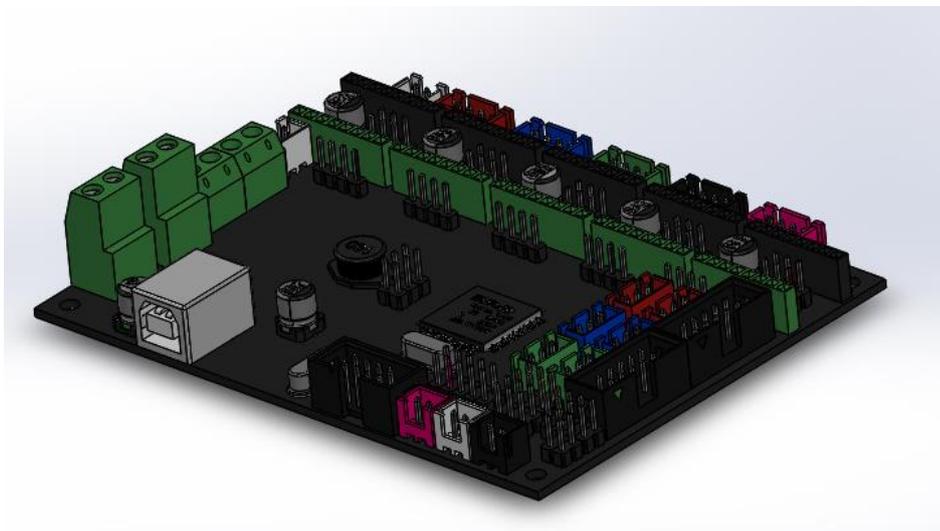
3.6.3. Tarjeta de control MKS Gen L v1.0

La tarjeta de control MKS GEN L v1.0 es ideal para impresoras de FDM cartesianas, ya que cuenta con la capacidad de aceptar drivers de 32 bits, además de eso esta tarjeta cuenta con las siguientes características:

- Microprocesador ARM Cortex-M3 de 32bits.
- Puertos USB para conectividad.
- Ranura para memoria SD card.
- Cuenta con el chip STM32F103ZET6 de STMicroelectronics.
- Múltiples periféricos de salida.

Figura 37

Tarjeta de control MKS GEN L V1.0.



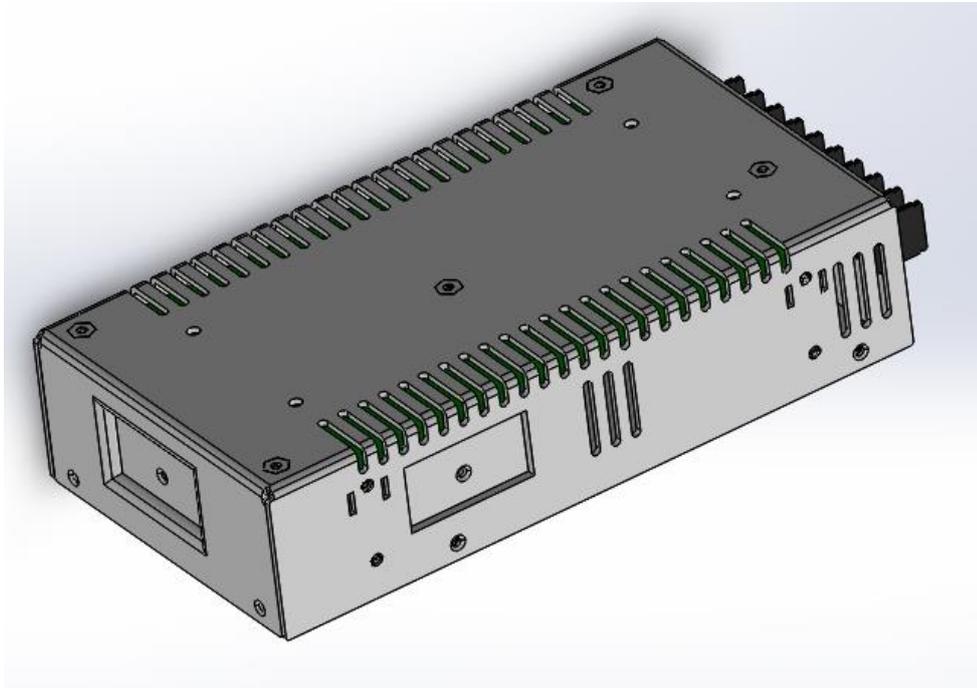
Nota. Elaboración Propia

3.6.4. Fuente de poder

Para poder alimentar toda la impresora, se optó por adquirir una fuente de 24v y 15amp, esto es suficiente para suministrar tanto la tarjeta de control, motores, sensores, sistemas de enfriamiento, la plataforma de impresión y el extrusor.

Figura 38

Fuente de Poder de 24v 15amp.



Nota. Elaboración propia

3.6.5. Estructura

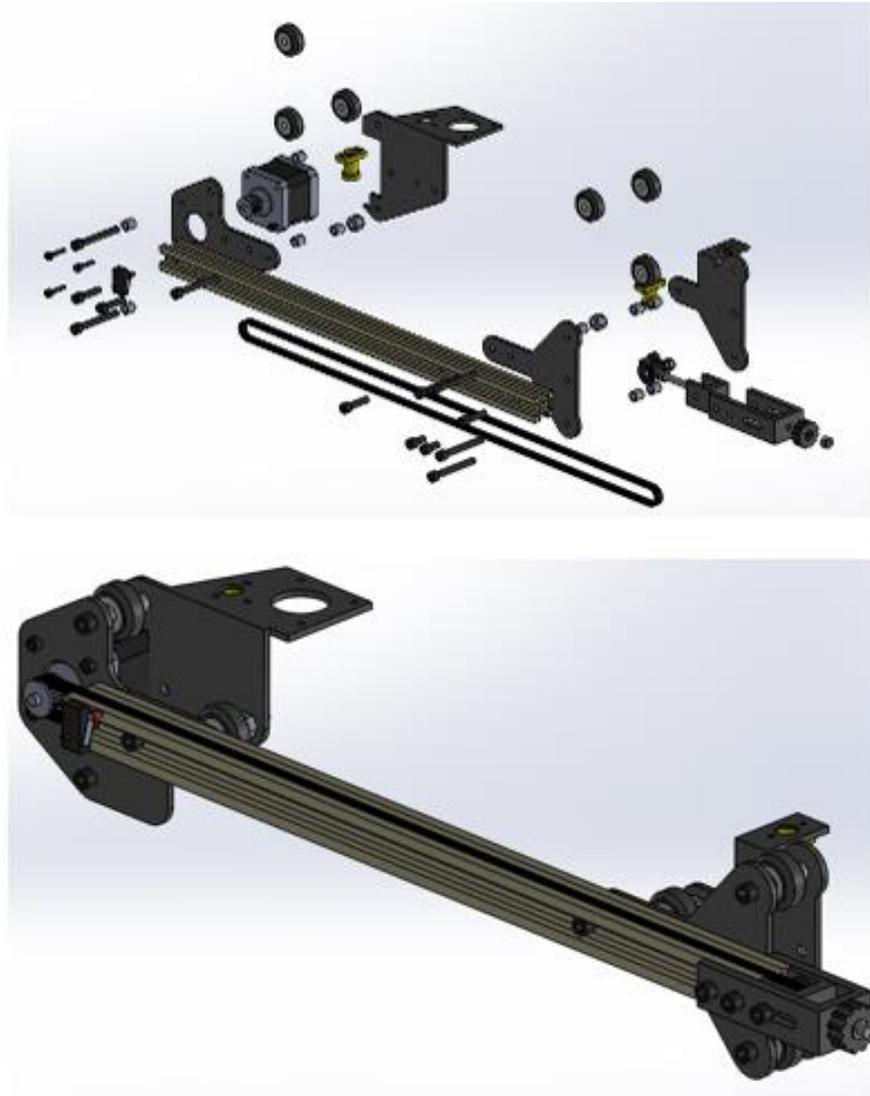
La estructura de la impresora estará conformada de perfiles V-Slot de aluminio de diferentes medidas, esto se hace con la finalidad de encontrar un equilibrio adecuado para la impresora.

3.6.5.1. Estructura para Eje X

Aquí se encuentra el cabezal, por lo que el perfil de aluminio será de 20x20x400mm, también funcionará como guía del cabezal.

Figura 39

Estructura del eje X y sus componentes.



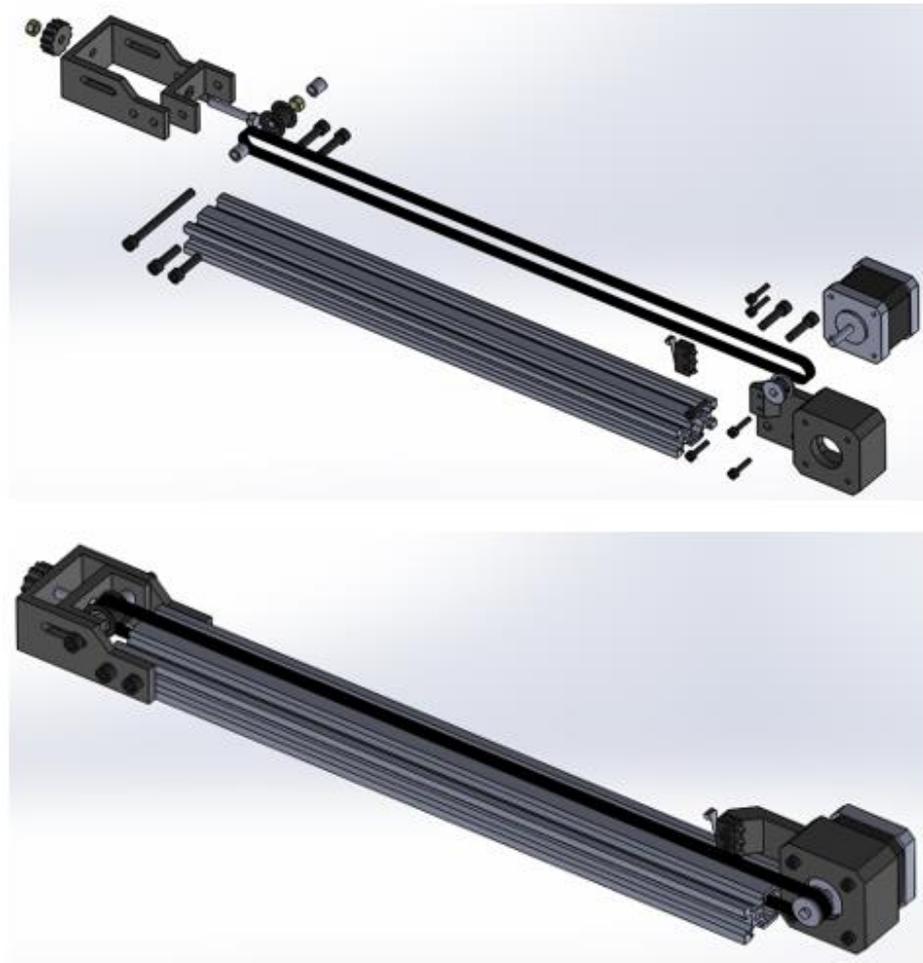
Nota. Elaboración propia.

3.6.5.2. Estructura de Eje Y

Este eje deberá soportar un poco más de peso, por lo que se usará perfiles de 20x40x360mm en el perfil central y el marco que formará la base de la impresora estar formado por perfiles de 20x40x300mm y 40x40x300mm, formando una estructura sólida para la impresora.

Figura 40

Estructura del eje Y con sus respectivos componentes.



Nota. Elaboración propia.

3.6.5.3. Estructura de Eje Z

Esta zona es variable dependiendo de la altura que uno desee, en este caso se usará perfiles de 20x40x400mm ya que la altura será de 300mm, limitándolo con un perfil de 20x20x400mm.

Figura 41

Estructura del eje Z y sus componentes.



Nota. Elaboración propia.

3.6.5.4. Estructuras de movimiento

Estas estructuras son las encargadas de realizar la conexión entre las ruedas V-Slot y los perfiles que fungen como guías lineales, en este apartado se tienen múltiples estructuras todas hechas de aluminio.

3.6.5.5. Adaptador de plataforma de impresión

Es el enlace entre la guía lineal y la plataforma de impresión como se ve en la figura 35 permitiendo primero que la plataforma se desplace por el eje Y y segundo regular la altura de la cama en 4 puntos.

3.6.5.6. Adaptador de Cabezal

Es la pieza que permite la unión entre el cabezal y el eje X visto en la figura 34, en esta pieza va conectado el extrusor.

3.6.5.7. Cubierta de protección

Esta pieza protege a todos los componentes del cabezal de la impresora visto en la figura 34, sirve de escudo al extrusor, también como soporte de ventiladores de enfriamiento, y por último también sirve como soporte del sensor de auto nivelación.

3.6.5.8. Soporte de Montaje Eje X

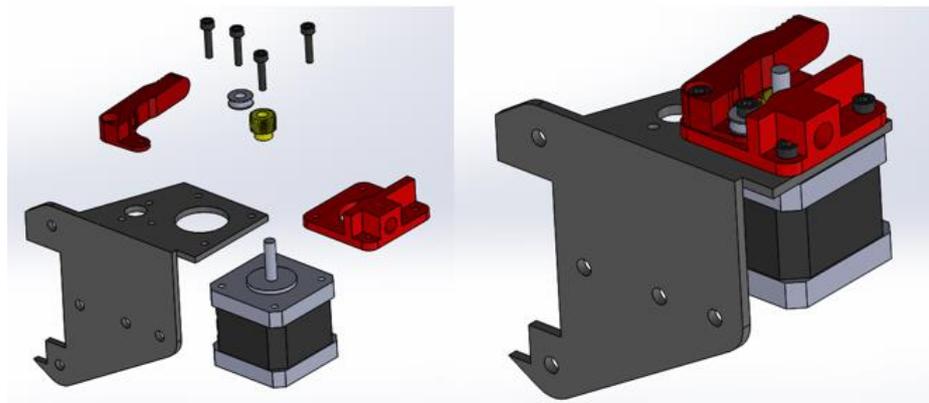
Estas piezas tienen la función de sostener la estructura del eje X, permitiendo el desplazamiento del cabezal, pero a la vez funcionan como adaptadores de desplazamiento del eje Z, el soporte del montaje del lado Derecho también tiene la función de soporte del motor de extrusión, ambos vistos en la figura 39.

3.6.5.9. Estructura de extrusora Bowden

Esta pieza cumple con la función de empujar el material para su posterior deposición en la plataforma de impresión, está sujeta al soporte de montaje del lado derecho.

Figura 42

Extrusor metálico mediante Bowden.



Nota. Elaboración Propia

3.6.5.10. Tensores

Son piezas que tienen la función de tensar la correa para un movimiento preciso, vistos en las figuras 39 y 40 perteneciendo a los ejes X y Y respectivamente

3.6.5.11. Ruedas V-Slot

Son las encargadas del desplazamiento suave a través de los perfiles de aluminio que funcionan como guías lineales.

3.6.6. Motores

Como ya se mencionó anteriormente se usarán motores Nema 17, pero los motores deberán contar con otros componentes para generar un movimiento fluido, estos motores cuentan con los siguientes parámetros fundamentales:

- Angulo de paso: 1.8°
- Voltaje nominal: 4.8v
- Corriente: 1.2 amp



- Torque: 0.4NM
- Velocidad Nominal:0-1000rpm

Además del motor para general movimiento lineal se necesitan las siguientes piezas:

3.6.6.1. Acoplador de eje

Se usará la pieza D25L35 para adaptar el eje del motor al husillo encargado del movimiento en el eje Z.

3.6.6.2. Husillo T8

Es una varilla resacada encargada de mover el eje Z, con un paso de rosca de 8mm.

3.6.6.3. Tuercas para husillo

Estas tuercas de latón cuentan con un sistema antirretroceso, van conectadas a los husillos T8 permitiendo el movimiento del eje Z.

3.6.6.4. Polea de sincronización

Esta polea enlaza los motores a un sistema de correas encargadas del movimiento de los ejes X y Y, para esta impresora se usará una polea de 20 dientes, vistos en las figuras 39 y 40 perteneciendo a los motores de los X y Y.

3.6.6.5. Correa de distribución

La correa ira enganchada a los perfiles de movimiento de los ejes X y Y, vistos en las figuras 39 y 40, conectadas a los motores mediante las



poleas de sincronización y permitiendo su ajuste gracias a los tensores ubicados en lados opuestos a los motores.

3.6.7. Otros componentes

Existen componentes que son importantes para una impresora de buena calidad como son:

3.6.7.1. Ventiladores

Son los encargados del sistema de enfriamientos, se colocarán ventiladores para: el bloque calefactor del extrusor para evitar atascos, ventilador de capa para imprimir PLA, ventilador para la electrónica para evitar calentamiento en los mosfets, etc.

3.6.7.2. Regulador de altura

Esta pieza es la encargada de regular la altura entre la boquilla y la plataforma de impresión de manera manual, cuenta con un resorte de ajuste para que la nivelación este bien tensada.

3.6.7.3. Case para la electrónica

Es una caja que contendrá las placas de control, la fuente de poder, mosfets de control, etc. También servirá como soporte para el filamento, este tendrá que ser separado de la impresora para poder imprimir ABS, Nylon o PETG, en un ambiente cerrado, ya que la más mínima corriente de aire ocasionaría un mal producto.



3.6.7.4. Piezas impresas

Estas piezas no están disponibles para su venta, por tal motivo serán impresas en una impresora diseñadas e impresas, para el caso de la impresión se usará una impresora 3D Anycubic Kobra Go.

3.6.7.5. Impresora 3D Anycubic Kobra Go

Esta máquina tendrá 2 propósitos, la primera es la creación de algunas piezas que se necesitan para el armado de la impresora, y el segundo propósito será de comparación de velocidad.

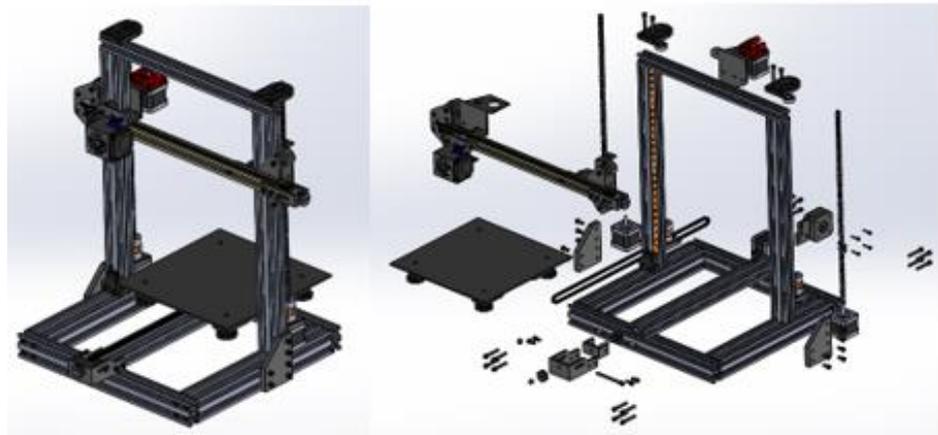
3.6.7.6. Computadora Portátil H

Este equipo tiene la finalidad de desarrollar todo el proceso de trabajo, desde el diseño 3D hasta el control de la impresora.

La simulación de la impresora 3D se llevó a cabo en el software de SolidWorks, el diseño se inspiró en múltiples máquinas como la impresora 3D Ender 3, Creality CR10, Anet A8, Anet A8 plus, Anycubic Kobra Go, etc. El equipo desarrollado se inspira en los mejores componentes de estas máquinas anteriormente mencionadas para lograr crear una impresora 3D con mayor estabilidad, mayor velocidad y facilidad de uso creando piezas más rápidas y con buena calidad.

Figura 43

Impresora 3D ensamblada.



Nota. Elaboración propia.

En la figura 43 se observa la impresora en 2 estados, la primera, en su estado ensamblado, en la segunda, su despiece, aquí se muestra cada componente separado para que se pueda apreciar su función dentro del sistema de impresión 3D.

3.6.8. Cálculo de corriente para motores PAP nema 17

Los motores PAP tienden a consumir entre 1 y 2 amperios por fase, pero para un funcionamiento óptimo se debe realizar unos cálculos de corriente para evitar pérdida de pasos y calentamiento excesivo del motor, vamos a trabajar con los datos de fabricante, pero para este caso programaremos el driver TMC2208 de manera física a 1.2amp, pero para este driver también es posible programar mediante comandos el límite de corriente, con el siguiente comando:

M906 X{corriente} Y{corriente} Z{corriente} E{corriente}

Siendo:



X{Corriente}: la corriente del motor que controla el eje X

Y{Corriente}: la corriente del motor que controla el eje Y

Z{Corriente}: la corriente del motor que controla el eje Z

E{Corriente}: la corriente del motor que controla el extrusor

Para la impresora 3D necesitamos que tanto eje X y Y tengan 1.1 amp de corriente para el eje Z será de 1.25amp y el extrusor tendrá 1.2 amp de corriente por lo que finalmente el código para la programación de los drivers sería:

```
M906 X1100 Y1100 Z1250 E1200
```

Los drivers TMC2208 tienen un potenciómetro donde se podrán realizar los cambios, pero mediante los códigos anteriormente mencionados es posible cambiar la corriente mediante software.

3.6.9. Programación del firmware Marlin

Como se mencionó anteriormente Marlin es un firmware de código abierto diseñado exclusivamente para impresoras 3D, dentro del extenso catálogo de equipos con el que cuenta el firmware de la impresora 3D que se diseñara se basa en el firmware ANET A8, debido a su simple pero efectivo diseño, los parámetros importantes que se deben configurar son los siguientes:

3.6.9.1. Placa de Control

Se usará la placa de control MKS Gen L V1.0, esto es importante, ya que, al no seleccionar la placa, el programa no se podrá cargar al microcontrolador, este se hace con el código:

Figura 44

Declaración de la placa a usar.

```
90 // Choose the name from boards.h that matches your setup
91 #ifndef MOTHERBOARD
92     #define MOTHERBOARD BOARD_MKS_GEN_L
93 #endif
--
```

Nota. Elaboracion propia.

En la figura 44 se define la placa que se usará, en este caso la placa es la MKS GEN L V1.0.

3.6.9.2. Drivers

La selección de los drivers encargados de controlar los motores de los ejes X, Y, Z y el motor del extrusor en este caso se define mediante:

Figura 45

Declaración de Drivers que se usarán.

```
161 #define X_DRIVER_TYPE TMC2208_STANDALONE
162 #define Y_DRIVER_TYPE TMC2208_STANDALONE
163 #define Z_DRIVER_TYPE TMC2208_STANDALONE
164 //#define X2_DRIVER_TYPE A4988
165 //#define Y2_DRIVER_TYPE A4988
166 //#define Z2_DRIVER_TYPE A4988
167 //#define Z3_DRIVER_TYPE A4988
168 //#define Z4_DRIVER_TYPE A4988
169 //#define I_DRIVER_TYPE A4988
170 //#define J_DRIVER_TYPE A4988
171 //#define K_DRIVER_TYPE A4988
172 #define E0_DRIVER_TYPE TMC2208_STANDALONE
--
```

Nota. Elaboración propia.

En la figura 45 se define el driver TMC2208 para todos los motores encargados del movimiento.

Figura 47

Declaración de parámetros de velocidad y aceleración.

```
1093 #define DEFAULT_AXIS_STEPS_PER_UNIT { 100, 100, 400, 100 }
1094 #define DEFAULT_ACCELERATION 1000 // X, Y, Z ... and
1095 #define DEFAULT_RETRACT_ACCELERATION 1500 // E acceleration
1096 #define DEFAULT_TRAVEL_ACCELERATION 1500 // X, Y, Z ... acc
1097 /**
1098  * Default Max Feed Rate (mm/s)
1099  * Override with M203
1100  *
1101  * X, Y, Z [, I [, J [, K]]
1102  */
1103 #define DEFAULT_MAX_FEEDRATE { 200, 200, 8, 25 }
1104 // #define LIMITED_MAX_FR_EDITING // Limit edit via M203 o
1105 #if ENABLED(LIMITED_MAX_FR_EDITING)
1106 #define MAX_FEEDRATE_EDIT_VALUES { 600, 600, 10, 50 } // ..
1107 #endif
```

Nota. Elaboración propia.

En la figura 47 se limita las velocidades de trabajo de la máquina, esto se hace para preservar la integridad física de la maquina y evitar esfuerzos exagerados que la estructura no podrá soportar.

3.6.9.5. Parámetros de Precaentado

Se determina los parámetros de preparación de extrusor, plataforma, ventilador, etc. Para materiales ABS y PLA, el código es:

Figura 48

Declaración de parámetros de preparación para ABS y PLA.

```
2070 #define PREHEAT_1_LABEL "PLA"
2071 #define PREHEAT_1_TEMP_HOTEND 200
2072 #define PREHEAT_1_TEMP_BED 60
2073 #define PREHEAT_1_TEMP_CHAMBER 35
2074 #define PREHEAT_1_FAN_SPEED 0 // Value
2075
2076 #define PREHEAT_2_LABEL "ABS"
2077 #define PREHEAT_2_TEMP_HOTEND 230
2078 #define PREHEAT_2_TEMP_BED 80
2079 #define PREHEAT_2_TEMP_CHAMBER 35
2080 #define PREHEAT_2_FAN_SPEED 0 // Value
```

Nota. Elaboración propia.

En la figura 48 se establecen valores predeterminados de calentado en materiales ya establecidos, como el PLA y ABS.

3.6.9.6. Configuración de la pantalla de control

Es la selección de la pantalla de visualización y de control que se usará una pantalla de 20x40.

Figura 49

Declaración de parámetros del uso de una pantalla de control.

```
2408 //  
2409 // Note: Usually sold with a white PCB.  
2410 //  
2411 #define REPRAP_DISCOUNT_SMART_CONTROLLER  
2412
```

Nota. Elaboración propia.

En la figura 49 se muestran los parámetros básicos que se deben tomar en cuenta para poder cargar el firmware en la tarjeta MKS Gen L v1.0, en este caso la pantalla.

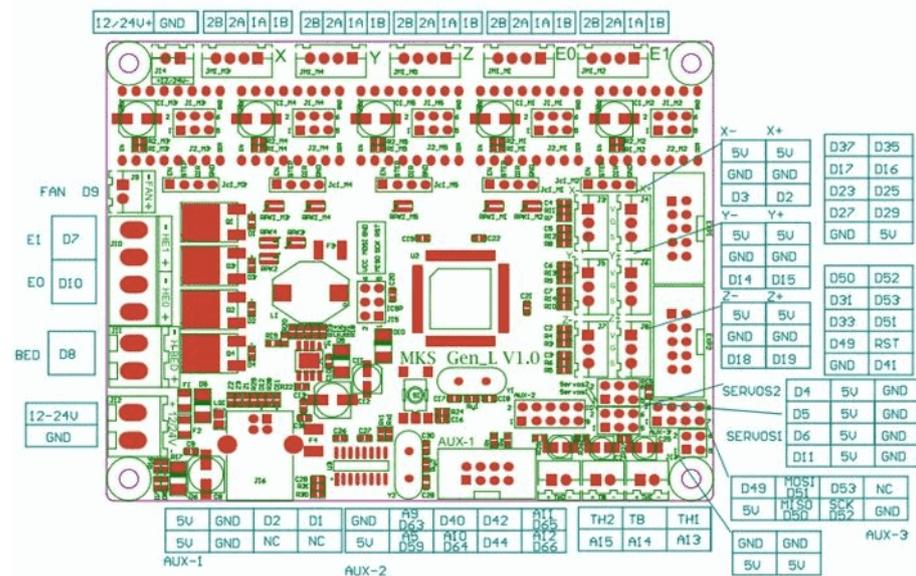
Para poder revisar el código original y el código modificado para la impresora es posible acceder a ellos en el repositorio de Github (véase anexo 4).

3.6.10. Conexiones

Todos los componentes como los fines de carrera, motores, sensores, etc, tendrán el siguiente diagrama de conexiones:

Figura 50

Conexión del controlador MKS Gen L v1.0.



Nota. (TH3D, s.f.)

En la figura 50 se observa las conexiones de la tarjeta controladora MKS GEN L V1.0, se deberá tener cuidado para realizar una buena conexión entre los periféricos de la tarjeta y los componentes como motores, ventiladores, sensores, etc.

3.6.11. Comprobación

Para comprobar que todos los componentes se conectaron y programaron correctamente se usará el programa Pronterface para su comprobación, al conectar la impresora 3D al ordenador se seleccionará el puerto y los baudios de funcionamiento para lograr un enlace óptimo, en este caso COM 6 a 250000 baudios, algo que se debe tener en cuenta es que la velocidad de 250000 baudios no es un valor estándar según la especificación RS-232, sin embargo el software Marlin usa este número de baudios por 3 razones, la primera, es ideal para enviar grandes volúmenes de datos, la segunda razón es que la mayoría de



microcontroladores y adaptadores USB-serial modernos como CH340 o FTDI pueden soportar esta velocidad incluso si no es estándar, y por último la tercera razón es evitar problemas de compatibilidad, algunos chips y controladores tenían problemas de estabilidad al trabajar con 230400 baudios, que es el valor estándar más cercano a 250000, la selección de trabajar con 250000 baudios se elige como un compromiso entre rendimiento y compatibilidad en hardware moderno . Los comandos que se enviarán para evaluar aspectos básicos de la máquina serán los siguientes:

M119: Comprobar que finales de carrera estén abiertos

Al usar M119 se tiene que ir presionando los finales de carrera para comprobar su buen funcionamiento.

G28: Envía todos los ejes al punto de inicio

G1 X100 Y100 Z100 F3000: Mueve los ejes al punto (X=100mm, Y=100mm, Z=100mm), a una velocidad de 3000 mm/min.

M140 S60: Caliente la cama a una temperatura de 60°C.

M104 S200: Calienta el extrusor a una temperatura de 200°C

G1 E100 F300: Extruye 100mm de filamento a una velocidad de 300mm/min.

En caso de presentarse un déficit o sobre extrusión se puede cambiar el flujo de filamento siguiendo los siguientes pasos:

Verificar el estado actual del flujo extruyendo 100mm:

FE: 100mm



$$FR: 95mm$$

$$PA = 103$$

Donde:

FE: Filamento que debería extruirse

FR: Filamento que se extruyó

PA: Pasos actuales del motor de extrusor

PO: Pasos Óptimos

$$PO = \frac{(PA * FE)}{FR}$$

$$PO = \frac{(103 * 100)}{95}$$

$$PO = 108.42$$

Entonces se considera que el motor del extrusor debe dar 108 pasos para extruir 100mm de filamento, esto se cambiará mediante el siguiente comando:

M92 E108: Modifica los pasos de extrusor a 108 pasos por 100 mm

M500: guardar configuración.

Estos son algunos comandos para la primera prueba de la impresora, también a continuación se muestran otros comandos no tan importantes, pero si necesarios.

M503: Muestra la configuración actual de la maquina

M107: Apaga el ventilador de capa

M104 S0: Apaga el Hotend

M140 S0: Apaga la plataforma de impresión

M105: Obtener temperatura actual

M502: Restaurar parámetros predeterminados

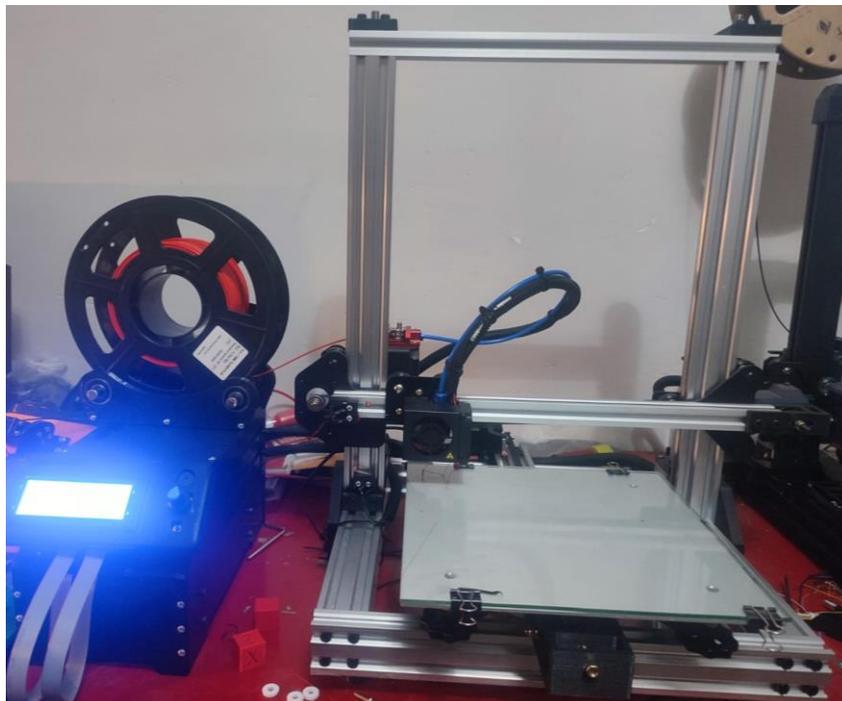
G4: Pausa temporal

M18: Activar o desactivar los motores

Una vez con el firmware cargado y con los parámetros ya correctamente configurados, la impresora está terminada.

Figura 51

Impresora 3D ensamblada.



Nota. Elaboración propia.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Calibración de la impresora

Para que la impresora 3D este en un punto óptimo de trabajo, se tienen que evaluar diferentes parámetros de impresión, la configuración por defecto no es suficiente, la impresora es una maquina única y por lo tanto se tiene que crear parámetros únicos con variables que deben adecuarse tanto a la estructura como a la programación, para esto se imprimirán piezas que se centraran en evaluar dichas variables.

En las siguientes pruebas se muestran impresiones en materiales de ABS y PLA, el PLA será de color rojo mientras que el ABS será de color verde, esto para poder diferenciar las pruebas.

4.1.1.1. Temperatura de Impresión

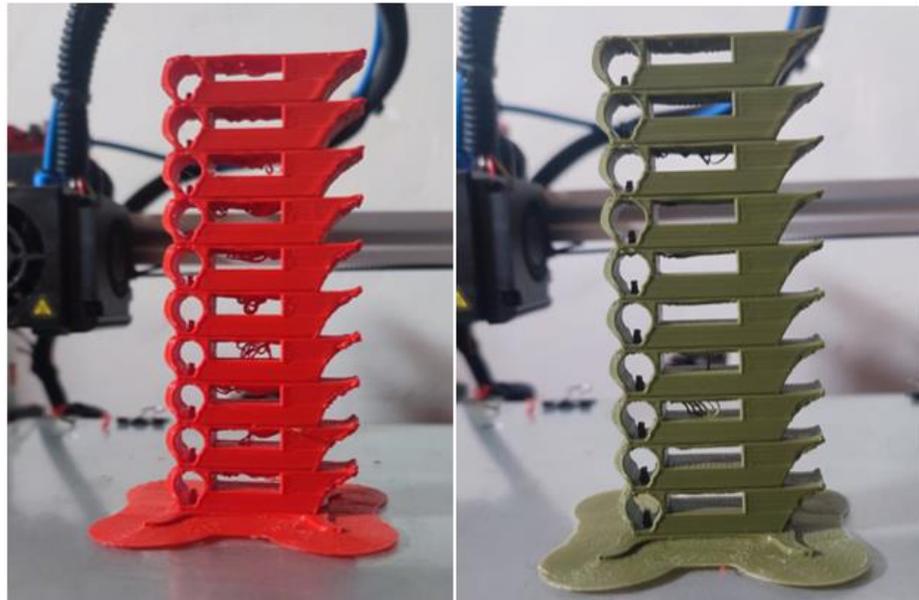
Esto dependerá del material, para esto se considera PLA y ABS, el diseño de la pieza cuenta con varios niveles en los que la temperatura disminuirá, y se tendrá que observar el comportamiento de voladizos, retracción de material, flujo y adherencia de la pieza resultante, tanto el PLA como ABS tendrán diferentes valores, la temperatura se configurará de acuerdo con los resultados obtenidos.

La pieza encargada de evaluar la temperatura de extrusor para cada material se llama torre de temperatura, para PLA comienza en 225°C e ira

bajando 5°C en cada piso de la torre hasta llegar a los 180°C, en ABS la temperatura de impresión comienza en 245°C, hasta llegar a los 220°C también disminuyendo 5° en cada piso de la torre.

Figura 52

Torre de temperatura de material PLA (Rojo) y ABS (Verde).



Nota. Elaboración propia.

En la figura 52 se observa que el material PLA en temperaturas del extrusor menores de 200°C la pieza muestra voladizos débiles, y retracción faltante, mientras que más de 210°C la pieza muestra exceso de flujo de material por lo tanto el PLA presenta mejores resultados en el rango de trabajo que va desde los 200°C hasta los 210°C, la temperatura de cama debe ser desde los 45°C hasta los 60°C para evitar que la pieza se desprege

En ABS la temperatura sube considerablemente tanto en el extrusor como la de la plataforma de impresión, en el extrusor la temperatura óptima de trabajo va desde los 235°C hasta los 245°C, esto puede ser debido a la dureza del material, para la plataforma de impresión la

temperatura se debió aumentar hasta los 80°C, ya que el ABS tiende a despegarse de la plataforma.

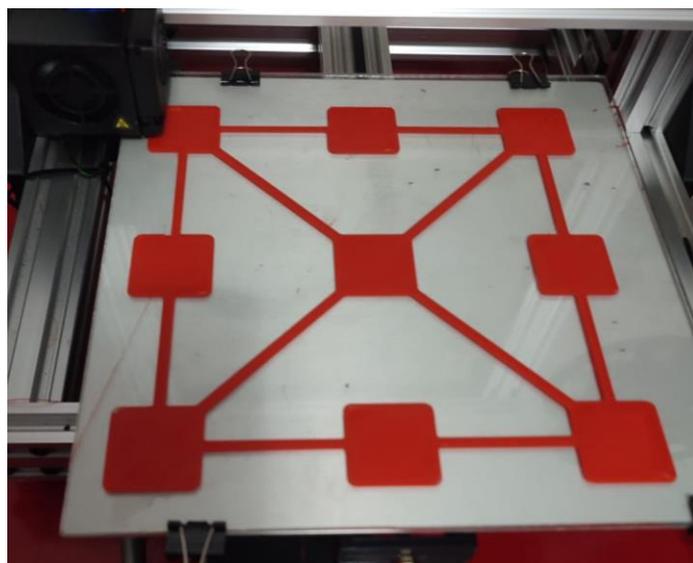
4.1.1.2. Nivelación de la plataforma de impresión

En esta sección se probará la correcta nivelación de la plataforma, la distancia adecuada entre la boquilla del extrusor y la plataforma garantizará una buena primera capa de impresión, esto significa que la pieza tendrá buena adherencia lo cual evitará errores en el desarrollo de la pieza restante.

La pieza de calibración que se encarga de la evaluación de la nivelación de la plataforma es una que fue diseñada para cubrir casi en su totalidad puntos importantes de la plataforma, una sola capa es suficiente para mostrar que dichos puntos evalúen una correcta separación entre la plataforma y la boquilla de extrusor.

Figura 53

Correcta impresión en todas las ubicaciones de la plataforma.



Nota. Elaboración Propia.



En la figura 53 se muestra una excelente calibración, ya que todos los puntos presentan un buen flujo, y buena adherencia, la plataforma se calibra mediante los tornillos que presenta en cada arista de la plataforma, es importante que se debe nivelar la plataforma cada 5 o 6 impresiones, esta calibración será la misma para cualquier tipo de material

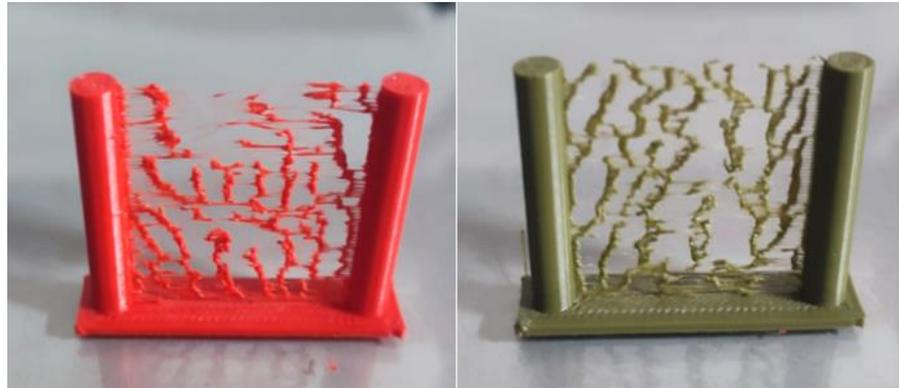
4.1.1.3. Calibración de Retracción

La retracción en una impresora es el movimiento que hace el extrusor cuando la boquilla necesita desplazarse por trayectos donde no se necesita extruir material, el motor de extrusor necesita retraer el filamento para evitar goteos. una mala retracción dañara la pieza resultante mostrando hilos e irregularidades en paredes de la pieza estos errores se llaman stringing.

La pieza encargada de evaluar este parámetro consta de dos pilares que se irán imprimiendo capa por capa por lo que la boquilla del extrusor tendrá que realizar viajes de un pilar a otro, si existe una mala retracción la pieza resultante presentará hilos, estos serán el resultado del goteo y mala retracción.

Figura 54

Mala retracción tanto en PLA (Rojo) y ABS (Verde).



Nota. Elaboración Propia.

En la figura 54 se ve que, si presentan hilos entre los pilares de la pieza, lo cual demuestra que la distancia de retracción es insuficiente, para mejorar la retracción también se debe tener en cuenta la velocidad con lo que el extrusor retrae el material, se pueden activar parámetros del laminador como distancia de rodaje o limpieza de boquilla para mejorar la retracción.

Figura 55

Correcta calibración de retracción en PLA (Rojo) y ABS(Verde).



Nota. Elaboración propia

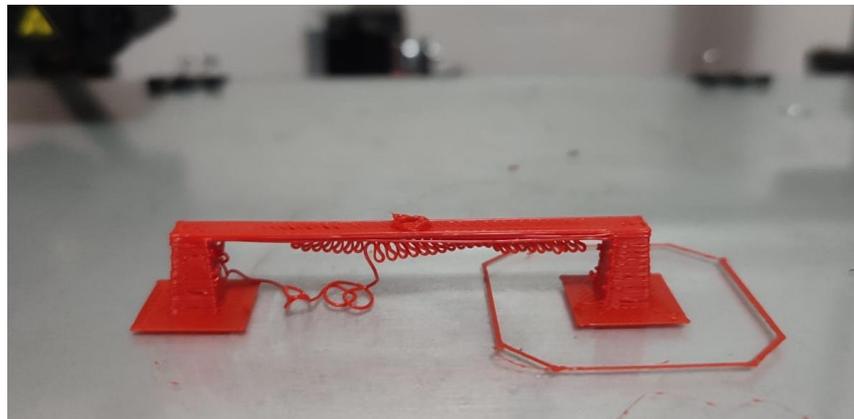
En la figura 55 se muestra un excelente manejo de retracción, tanto en ABS como en PLA, los valores de retracción se obtuvieron a partir de prueba y error, en ABS la distancia de retracción es de 10mm a una velocidad de 60mm/s y en PLA la retracción es de 6mm a una velocidad de 80mm/s.

4.1.1.4. Calibración de Puentes

Los puentes o voladizos son partes de la pieza donde no existen soportes donde se pueda depositar material, en otras palabras, lugares donde el material que se deposite tendrá que ser en el aire, los puentes son útiles para no tener que depender de soportes así que una adecuada configuración en los laminadores garantiza una buena impresión.

Figura 56

Mala calibración de puentes.

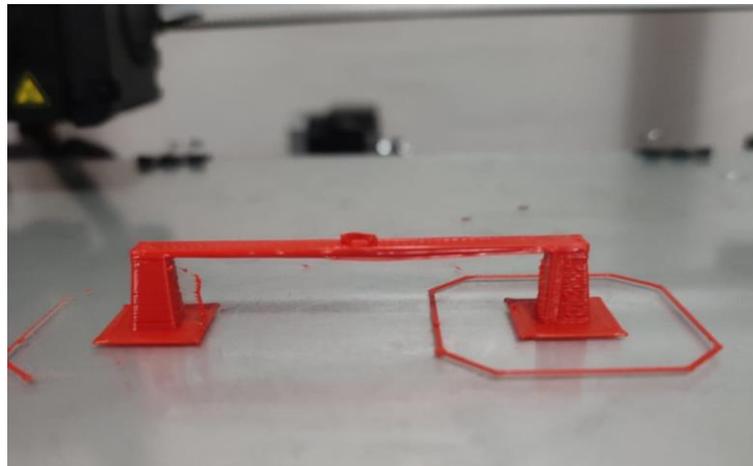


Nota. Elaboración propia.

En la figura 56 se ve que el puenteo es malo, habiendo partes de la pieza donde el material se depositó en el aire y cayo de mala manera se deberá tener en cuenta la velocidad y relleno del puenteo.

Figura 57

Correcta calibración de impresión de puentes.



Nota. Elaboración propia.

En la figura 57 se muestra un correcto puenteo tanto en ABS como en PLA, en ambos casos el puenteo se realiza a una velocidad de 200mm/s, y el relleno lineal entre los extremos de los puntos de puenteo.

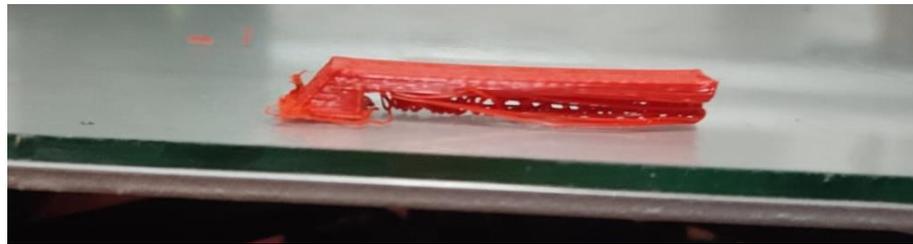
4.1.1.5. Calibración de soportes

En el caso donde sea imposible realizar puentes se opta por la impresión de soportes, estos dependiendo del caso se imprimirán a partir de la plataforma o partes de la pieza, al imprimir el soporte este estaría listo para poder aguantar el material depositado que si es parte de la pieza final.

La pieza de calibración consta de una base con un voladizo sin llegar a otro pilar, debajo del voladizo es donde debería de imprimirse el soporte.

Figura 58

Pieza impresa sin soportes.

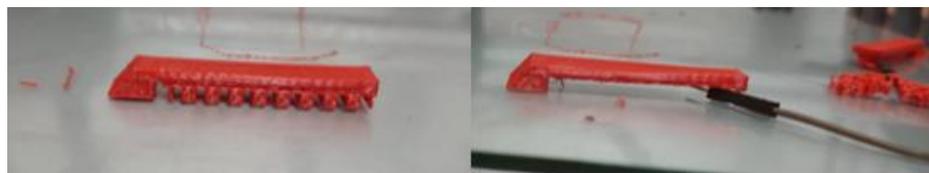


Nota. Elaboración propia.

En la figura 58 se puede observar la pieza impresa sin soporte, en la impresión de la pieza el material no tuvo donde imprimirse lo que resulto en una deformidad de la pieza.

Figura 59

Pieza impresa con soportes.



Nota. Elaboración propia.

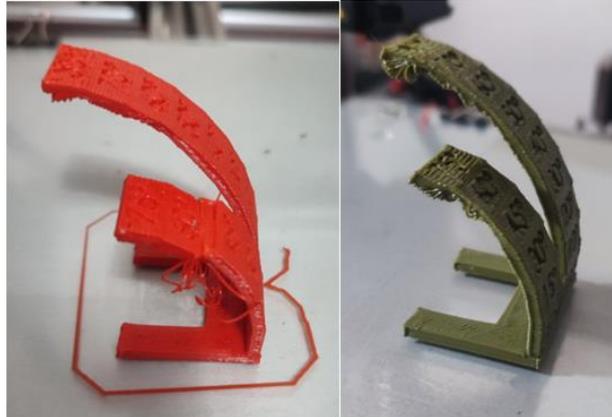
En la figura 59 la pieza se imprimió con soportes, el material se imprimió en una superficie de soporte, en todos los materiales se tendrá la misma configuración y para una fácil extracción del soporte se recomienda un bajo relleno y una distancia de 5mm.

4.1.1.6. Calibración de ángulo de impresión

El ángulo de impresión es la capacidad de la impresora de imprimir voladizos en cierto ángulo respecto a la plataforma de impresión, esto para evaluar la existencia de soportes a partir de cierta inclinación de la pieza.

Figura 60

Pieza de verificación de ángulo de impresión en PLA (Roja) y ABS (Verde).



Nota. Elaboracion propia.

En la figura 60 se puede observar que en PLA existe una deformidad a partir de los 60° mientras que en ABS la deformidad se presenta en 50° , esto define que en materiales de PLA los voladizos de más de 60° y en ABS los voladizos de más de 50° deberán de necesitar soportes para no presentar deformaciones.

4.1.1.7. Cubo de calibración

El cubo de calibración nos sirve para ver las limitaciones de nuestra impresora 3D, al evaluar los 3 ejes de la maquina nos dirá los puntos de vibración, esto nos dirá la velocidad máxima con la que se puede imprimir.

Figura 61

Cubo decalibracion en PLA (Rojo) y ABS (Verde).



Nota. Elaboración propia.

En la figura 61 se muestra que la velocidad límite de la impresora usando PLA es de 200mm/s mientras que en ABS la velocidad límite es de 120mm/s.

4.1.1.8. Calibración de expansión horizontal

La expansión horizontal es la dilatación del material una vez depositado en la plataforma de impresión, esto puede agrandar la pieza final respecto al diseño digital.

La pieza encargada de evaluar este parámetro es una que debe imprimirse como una sola pieza, el producto resultante se tendrá que separar dando libre movimiento a los componentes internos.

Figura 62

Pieza de prueba de la expansión horizontal.



Nota. Elaboración propia.

En la figura 62 se observa que la pieza logra su separación, al ser impresa como 1 sola pieza garantiza que la expansión horizontal de la pieza debe tener un error de 0.15mm, , estos valores son iguales para todo tipo de material.

4.1.1.9. Calibración de buen equilibrio

Esta calibración evalúa una muchos de los parámetros anteriormente mencionados, el flujo, la vibración de la máquina, el enfriamiento del material depositado, etc.

La pieza consta de una esfera que será impresa de abajo hacia arriba dejando salir el material formando un pilar donde se imprimirá de manera seguida una esfera.

Figura 63

Esfera impresa sobre pilar.



Nota. Elaboracion Propia.

En la figura 63 se muestra que la impresión resulto ser un éxito, resultando en una pieza casi perfecta mostrando que la maquina tiene un buen equilibrio entre todas sus variables de configuración.

4.1.2. Parametrización en el laminador

Con las pruebas de calibración realizadas anteriormente se pueden sacar variables que puedan optimizar el trabajo de la impresora 3D, estas variables serán aplicados en los parámetros correspondientes.



4.1.2.1. Altura de Capa Primaria

Es la diferencia entre capa y capa de la impresora, esto define la calidad de la impresión, con una boquilla de 0.4mm se recomienda una altura de capa que va desde los 0.08mm hasta 0.32mm.

4.1.2.2. Capas solidas superiores

Son las capas finales de la pieza a imprimir, siempre tienen que ser con un relleno del 100% muy a diferencia del relleno interno de la pieza que puede ser variado.

4.1.2.3. Capas solidas inferiores

Son las primeras capas de la pieza a imprimir, también deben ser con un relleno del 100%.

4.1.2.4. Cubiertas de contorno perímetro

Son las líneas de impresión que rodean la pieza por los ejes X y Y, cubren la pieza para poder darle forma.

4.1.2.5. Relleno

Es el porcentaje de relleno que tendrá la pieza, puede tomar valores desde 0% creando un relleno hueco o hasta 100% creando un relleno sólido, aquí también se determina el tipo de relleno que tendrá la pieza.



4.1.2.6. Soporte

Sirve para poder imprimir partes de la pieza que no estén conectados a la plataforma de impresión y necesiten de una base para poder ser impresos.

4.1.2.7. Temperatura

Este parámetro sirve para controlar tanto la temperatura del extrusor como la temperatura de la plataforma de impresión, en este parámetro también entra los ventiladores de capa y de extrusión.

4.1.2.8. Velocidades

En este parámetro se configura las velocidades que pueda tener las impresoras, como: velocidad de contorno, velocidad de relleno, velocidad de soporte, etc.

Estos son parámetros importantes que se deben tener en cuenta para el óptimo funcionamiento del equipo, en el caso de la impresora fabricada se muestra una tabla de los parámetros adecuados para su ideal funcionamiento.

Tabla 1:

Parámetros a configurar en el laminador.

Parámetro	Valor
Altura de capa	0.2mm
Capas solidas superiores	3
Capas solidas inferiores	3
Cubiertas de contorno perímetro	3
Relleno	20%
Soporte	Según la pieza
Temperatura de extrusor	200°-PLA, 250°-ABS
Temperatura de plataforma de impresión	60°-PLA, 80°-ABS
Velocidad de relleno	120 mm/s
Velocidad de contorno	80 mm/s
Velocidad de soporte	80 mm/s
Velocidad de ejes X, Y	150 mm/s
Velocidad de eje Z	30 mm/s

Nota. Elaboración propia

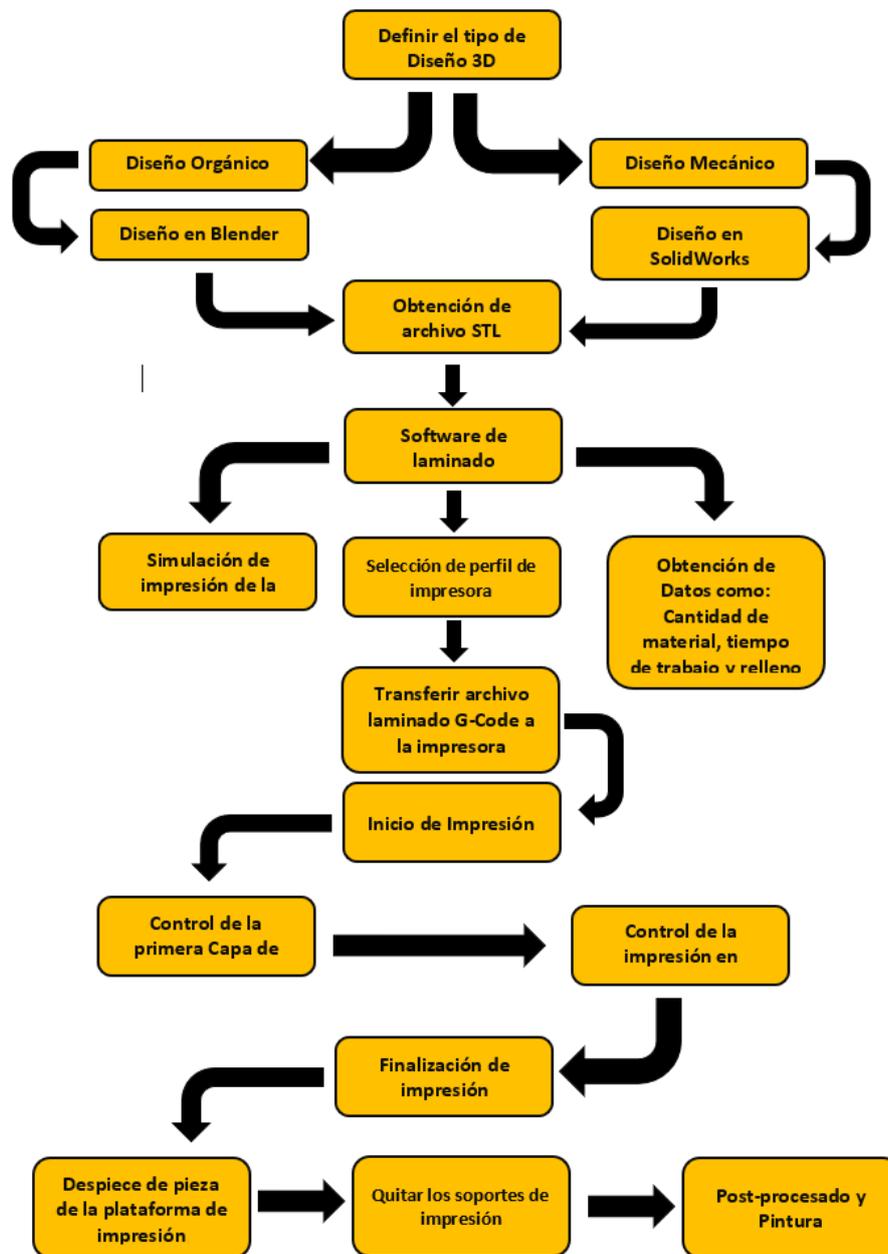
4.1.3. Diagrama de flujo del proceso de impresión 3d

La impresión de una pieza en 3D debe seguir los siguientes pasos para poder pasar de una idea a un objeto tangible.

Todo el proceso desde la concepción de la idea hasta su materialización esta revisada en el siguiente diagrama de flujo, se debe considerar que el diagrama esta realizado tomando en cuenta la revisión de 2 tipos de diseños 3D orgánicos y mecánicos

Figura 64

Diagrama de Flujo del proceso de diseño e impresión 3D.

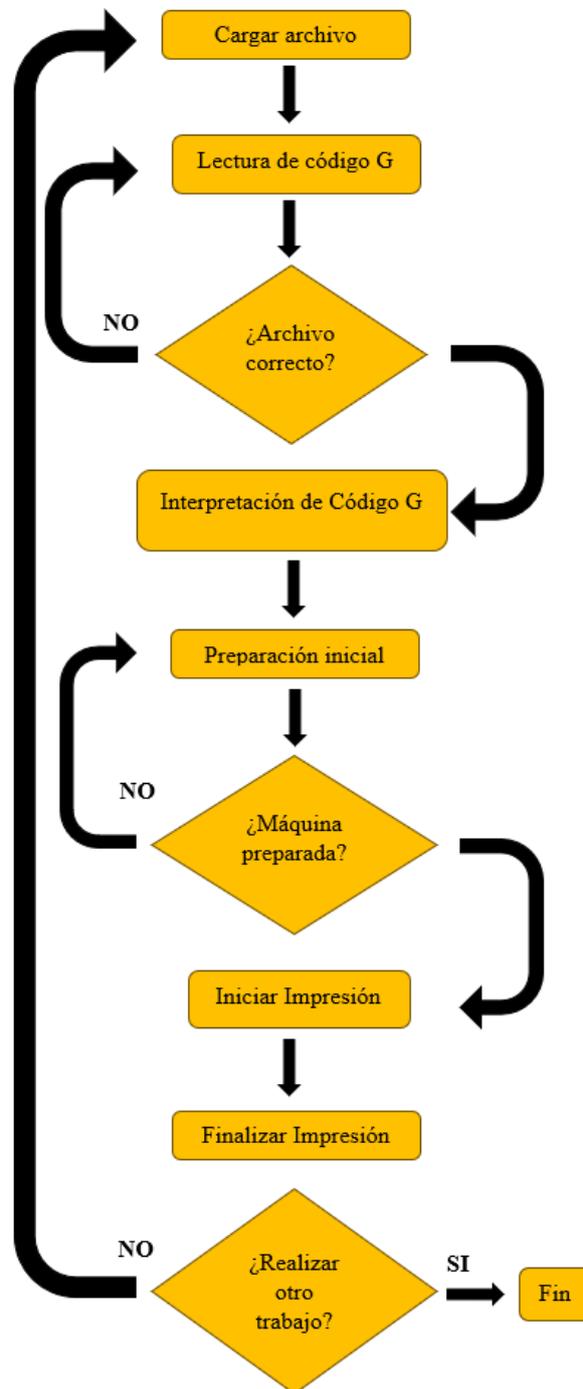


Nota. Elaboración Propia.

En la figura 64 se puede observar todo el proceso de manufactura aditiva desde la creación de la idea hasta la elaboración de la pieza.

Figura 65

Diagrama de flujo del funcionamiento de la impresora 3D



Nota: Elaboración propia.

En la figura 65 se muestra el diagrama de flujo del funcionamiento de la programación de una impresora 3D, partiendo desde la carga del archivo hasta la finalización del trabajo.

4.1.4. Resultados de impresión del equipo

Para verificar el resultado de la pieza impresa del equipo desarrollado, se comparará con una pieza impresa en otra maquina comercial, en este caso la impresora Kobra Go de Anycubic que tiene un costo aproximado al equipo construido, se tomaran parámetros como velocidad, tiempo y calidad de impresión, estos 3 parámetros son los más importantes al momento de verificar una pieza, ambas maquinas tendrán piezas que fueron laminadas por el mismo software en este caso Ultimaker Cura.

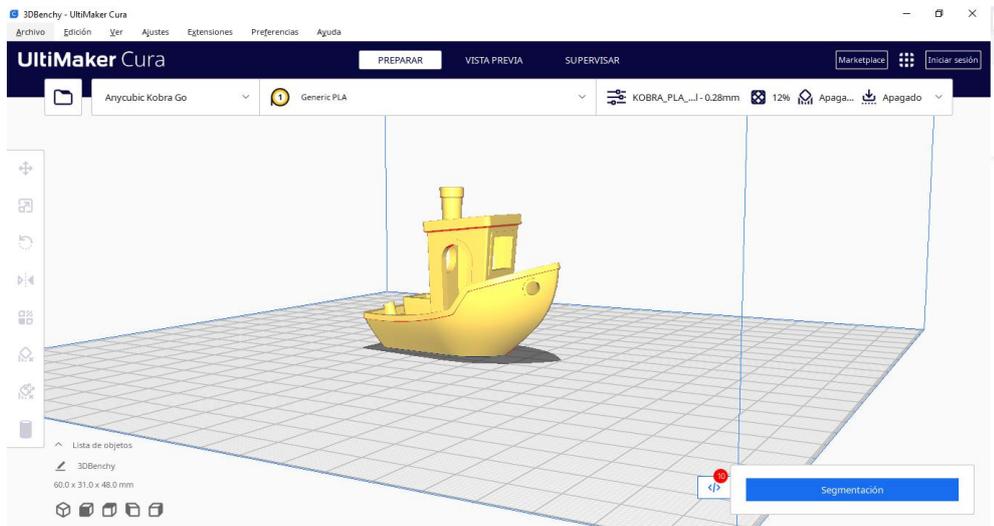
Con el diseño mecánico, la programación del firmware y la configuración de los parámetros óptimos de la impresora, se logra llegar a la velocidad de 120mm/s de impresión, lo cual es aceptable para la creación de buenas piezas de manera rápida.

4.1.5. Benchy

Es un pequeño barco diseñado para poner a prueba las capacidades de una impresora, es una pieza perfecta para ver la óptima calibración de una impresora 3D, Benchy es una pieza compleja que hasta la impresora FDM más básica puede crear, nos servirá, para hacer una comparativa entre ambas impresoras.

Figura 66

Laminado de Pieza Benchy en software Ultimaker Cura.



Nota. Elaboracion propia.

Ambas impresoras cuentan con sus propios perfiles en Ultimaker Cura, las siguientes tablas muestran datos teóricos brindados por el laminador.

Tabla 2:

Comparación de resultados de ambos equipos con datos teóricos

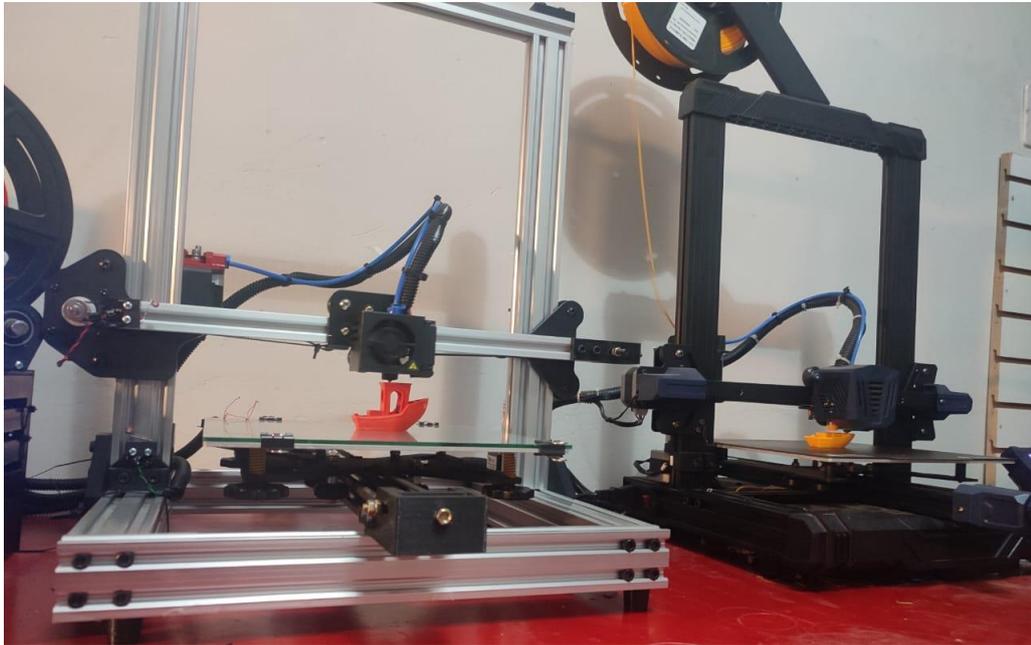
Variable	Impresora 3D Kobra Go	Impresora Fabricada
Tiempo de impresión	1 hora 30 minutos	50 minutos
Consumo de Material	3863 mm	3900 mm
Calidad de Impresión	Buena	buena

Nota: Elaboración propia

Ambas impresoras comienzan con el trabajo de manera simultánea para poder observar mejor la diferencia de velocidad que existen entre ambas maquinas.

Figura 67

Comparación de trabajo de ambas impresoras.



Nota. Elaboración propia.

En la figura 67 se observa que la impresora desarrollada va terminando la impresión mientras que la impresora Kobra Go, está en un 60% de impresión.

Figura 68

Tiempos de impresión.



Nota. Se muestran los tiempos de impresión en la izquierda el tiempo realizado por la impresora construida y la derecha de la impresora comercial. Elaboración Propia.

Al terminar ambas impresoras con la impresión se puede notar que la impresora construida tiene un mejor tiempo que la impresora comercial, mientras

que la impresora Construida imprimió a Benchy en 55 minutos, la impresora Anycubic Kobra Go lo imprimió en 1 hora y 35 minutos, lo que se traduce en el doble de velocidad. Se puede observar que ambas piezas tienen buena calidad, los parámetros más importantes que se deben fijar al imprimir a Benchy son: buena alineación de capas, correcto enfriamiento de capas, excelente precisión de la impresora, correcta calibración de flujo de material, excelente simetría y una ausencia de errores como el warping, stringing o pie de elefante.

Al terminar la prueba los resultados se muestran en la tabla 3.

Tabla 3:

Comparación entre los resultados reales de los equipos.

Variable	Impresora 3D Kobra Go	Impresora Fabricada
Tiempo de impresión	1 hora 35 minutos	56 minutos
Consumo de Material	3860 mm	3900 mm
Material	PLA común	PLA común
Calidad de Impresión	Excelente	excelente

Nota. Elaboración Propia.

En la tabla 3 se puede apreciar que la impresora construida tiene un tiempo mucho menor que la impresora Anycubic Kobra Go, obteniendo una buena calidad, esto es gracias a varios factores como un diseño de la estructura mucho más robusta, placa de procesamiento usando drivers de 32 bits permitiendo un desplazamiento mucho más preciso, boquilla de aleación de acero, extrusor metálico para evitar errores de consumo de filamento, hotend de $33\text{mm}^3/\text{s}$ de impresión, estos parámetros hacen que la impresora creada sea mucho más eficiente al momento de trabajar.

Figura 69

Impresión de Benchys.



Nota. Benchy impresos, Benchy impreso en impresora construida (izquierda-rojo), Benchy impreso en impresora comercial (derecho-amarillo). Elaboracion propia.

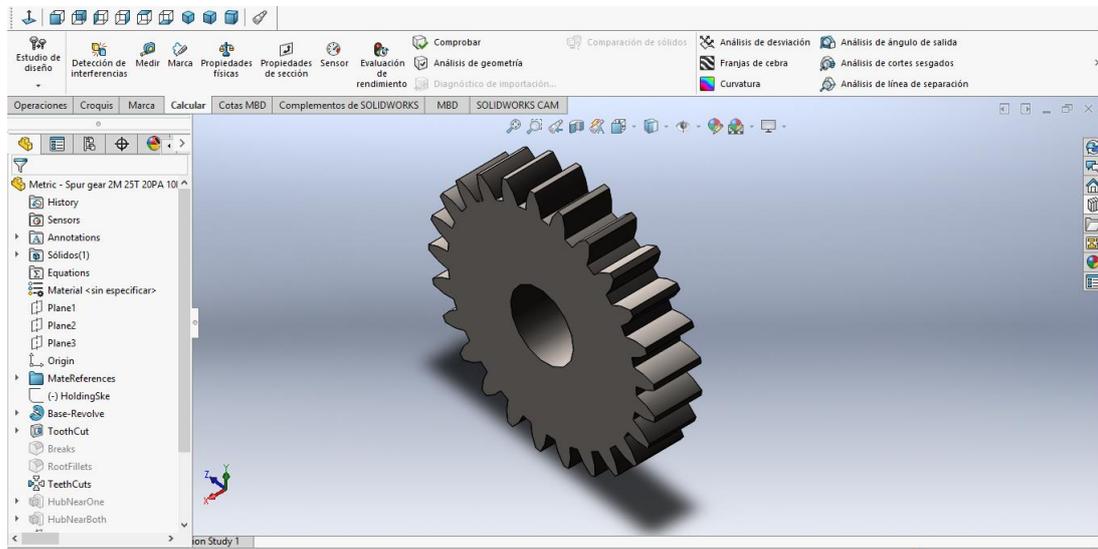
En la figura 69 se puede apreciar la calidad de impresión de ambas impresoras esto significa que la impresora construida no tiene nada que envidiar a los equipos FDM de equipos reconocidos como Anycubic, Ender o Artillery, lo que sin duda mejoró el estado de la impresora fueron la estructura, la programación y la parametrización del modelo a imprimir.

4.2. OPTIMIZACIÓN DE PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE ARCHIVO GCODE

Para la obtención de una pieza para su manufactura se debe seguir ciertos pasos y así poder obtener un excelente equilibrio entre impresión y acabado, todo empieza con el diseño de la pieza en SolidWorks, se tomará como ejemplo un engranaje con las siguientes características: 25 dientes, 20° de ángulo de presión, 10mm de anchura de cara, 15mm de eje nominal,

Figura 70

Engranaje diseñado en SolidWorks.

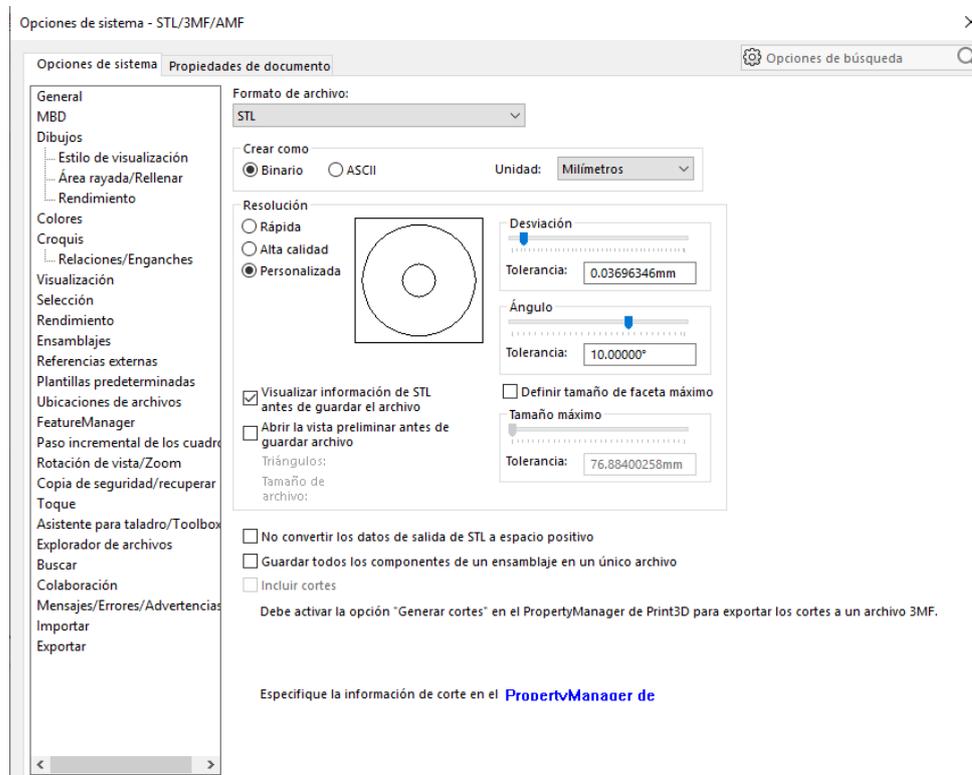


Nota. Elaboración propia.

En la figura 70 se observa el diseño de un engranaje, el primer paso para optimizar el archivo en formato STL es optimizar la resolución de guardado, una resolución de alta calidad, tardará en ser procesado por la impresora, mientras que una resolución de baja calidad no tendrá los detalles del diseño, por lo que lo mejor es que la calidad sea de mediano nivel.

Figura 71

Evaluación de parámetros del formato STL de SolidWorks.



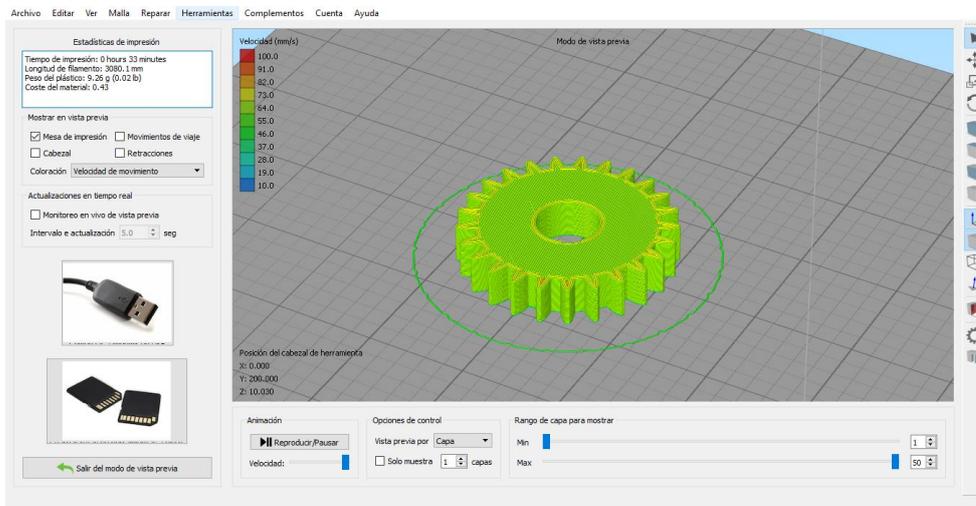
Nota. Elaboración propia.

En SolidWorks se permite exportar en formato STL y es la extensión de archivo con la que trabajaremos tal como se observa en la figura 71 ya que permite ahorrar recursos y es el más recomendado para la impresión de diseños mecánicos, por el contrario, la extensión OBJ es recomendado para diseños orgánicos ya que necesitamos de más detalles en el diseño.

Una vez la pieza esta lista se debe procesar en el laminador, en este caso Simplify 3D, para su respectiva simulación y obtención de datos como tiempo de trabajo y cantidad de material a usar.

Figura 72

Simulación de impresión 3D en Simplify 3D.

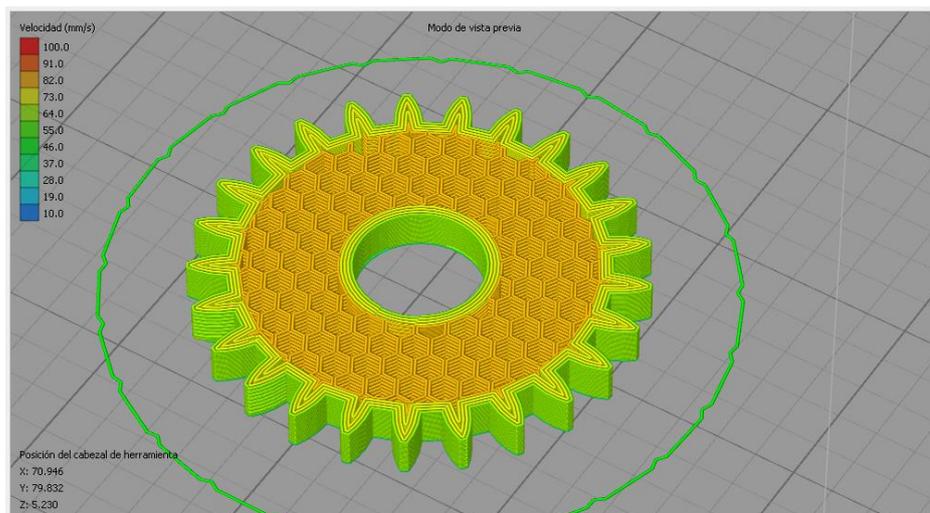


Nota. Elaboración propia.

En la figura 72 se puede observar que se imprimirá en 33 minutos y se consumirá 3 metros de filamento PLA, pero se observa que solo tiene 3 cubiertas de perímetro y relleno de 10% esto es insuficiente para una pieza como un engranaje.

Figura 73

Simulación en Simplify 3D con cambio en laminación.



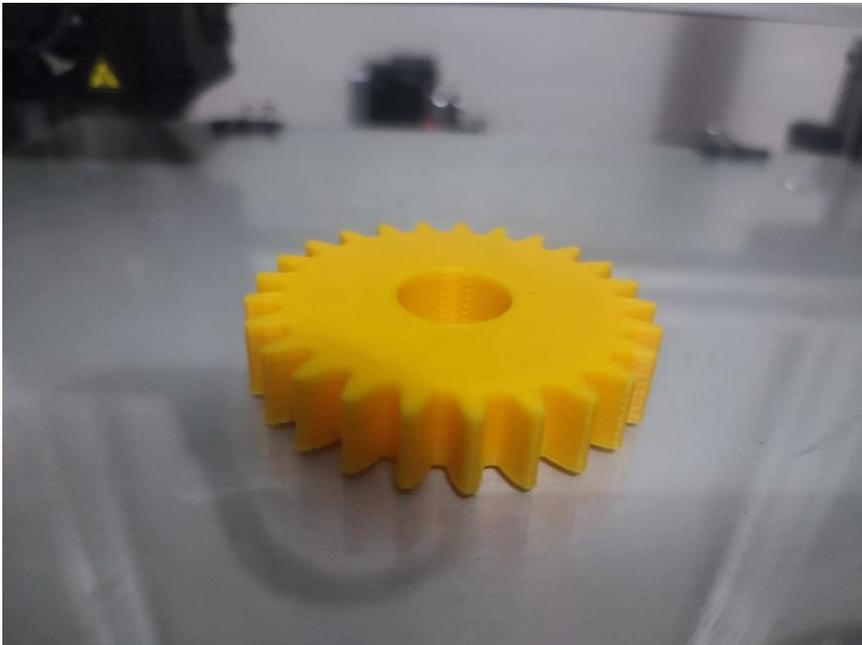
Nota. Elaboración propia.

En la figura 73 se observa que ahora tiene 4 cubiertas de perímetro y 30% de relleno con un patrón hexagonal, esto garantizará un buen desempeño en el trabajo que realizará.

Para el último paso se pasará a materializar el engranaje en la impresora, para esto se debe limpiar la plataforma de impresión y revisar el buen estado de material, para evitar tener errores de impresión ya mencionados en el capítulo II.

Figura 74

Engranaje impreso en PLA amarillo.



Nota. Elaboración propia.

En la figura 74 se puede observar la pieza final ya terminada, se observa que la resolución del STL designado es la más optimizada para piezas mecánicas, el engranaje está listo para cumplir con su trabajo.

Tomando en cuenta estos cambios, la tabla de parámetros básicos para la impresión de la pieza queda de la siguiente manera:



Tabla 4:

Variaciones para piezas mecánicas.

Parámetro	Valor
Altura de capa	0.2mm
Capas solidas superiores	4
Capas solidas inferiores	4
Cubiertas de contorno perímetro	4
Relleno	35%
Soporte	Según la pieza
Temperatura de extrusor	200°-PLA, 250°-ABS, 240°-PETG
Temperatura de plataforma de impresión	60°-PLA, 80°-ABS, 75°-PETG
Velocidad de relleno	120 mm/s
Velocidad de contorno	80 mm/s
Velocidad de soporte	80 mm/s
Velocidad de ejes X, Y	150 mm/s
Velocidad de eje Z	30 mm/s

Nota. Elaboración propia.



V. CONCLUSIONES

- PRIMERA:** Se ha logrado una implementación de una impresora 3D para modelado asistido por computadora usando el software SolidWorks para la creación de piezas digitales, el laminador Ultimaker Cura para la configuración del archivo para su posterior materialización, siendo estas piezas en múltiples proyectos, mejorando el aprendizaje de los estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional del Altiplano.
- SEGUNDA:** La optimización de ciertos parámetros como el firmware y la estructura de la maquina da como resultado que el equipo obtiene un comportamiento superior frente a impresoras 3D de escritorio comerciales, pudiendo alcanzar velocidades de hasta 120mm/s.
- TERCERA:** El proceso de obtención de archivos con parámetros óptimos en código G para su materialización en la impresora 3D fue mejorado, gracias a la configuración que nos presenta el software Ultimaker Cura, al poder optimizar parámetros como velocidad, temperatura, consumo de material de la pieza final, etc.



VI. RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** Se debe de conseguir una parametrización de condiciones de acuerdo a la máquina, ya que no todos equipos son iguales, esto se puede lograr a base prueba y error, o calculando dichos parámetros desde el diseño de la máquina.
- SEGUNDA:** Se recomienda una adecuada capacitación del personal para el uso de la impresora 3D, ya que la ausencia de dicha capacitación pondría en peligro tanto al personal como al equipo.
- TERCERA:** Es importante conocer las limitaciones que puede llegar a tener el equipo, como velocidades máximas, aceleraciones, o incluso la temperatura, dichas limitaciones deben ser programadas en el firmware del equipo.
- CUARTA:** Como toda máquina la impresora debe de tener una revisión cada cierto tiempo, el mantenimiento preventivo es importante para una duración más extensa, así como la revisión de partes de la impresora, una manera de reconocer la falta de mantenimiento es el reconocimiento de errores de la pieza fabricada.
- QUINTA:** Se recomienda mantener el material a usar para la impresión en óptimas condiciones, sobre todo revisar si el material presenta humedad, la presencia de este hará que la pieza resultante presente múltiples errores.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (2023). Obtenido de La Costa 3D: https://www.lacosta3d.com.ar/MLA-923342029-rueda-v-slot-para-perfil-2020-2040-_JM
- 3D Distributed.* (2024). Obtenido de <https://3ddistributed.com/corexy-3d-printer/triple-z-axis-stepper-motors/>
- 3D Systems. (2024). *3D Systems*. Obtenido de 3D Systems:
<https://es.3dsystems.com/quickparts/learning-center/what-is-stl-file>
- 3D Work.* (2023). Obtenido de <https://3dwork.io/cabecal-de-impresora-3d/>
- Anycubic. (2024). *www.anycubic.es*. Obtenido de www.anycubic.es:
<https://www.anycubic.es/pages/about-anycubic>
- ANYCUBIC-ES.* (2024). Obtenido de <https://www.anycubic.es/products/kobra>
- Arquitectura de los computadores.* (2024). Obtenido de
<https://arquitecturacomputadoreshoy.wordpress.com/2014/11/22/impresoras-3d/>
- Aycardi Salgado, T. M. (2017). *Diseño y construcción de una impresora 3D de gran formato con tecnología de fabricación con filamento fundido (FFF) tipo core-XY basada en arduino*. Universidad de Córdoba, Montería, Córdoba, Colombia. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/322624836.pdf>
- Bañegil Collado Raquel, S. d. (2022). Investigación de Materiales para impresión 3D de tejidos. *Investigación de Materiales para impresión 3D de tejidos*. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España. Obtenido de https://oa.upm.es/71120/3/TFM_RAQUEL_BANEGIL_COLLADO.pdf



- BCN.3D. (2023). *BCN3D*. Obtenido de BCN3D:
<https://support.bcn3d.com/es/knowledge/postprocess>
- Bitfab*. (2024). Obtenido de <https://bitfab.io/es/blog/extrusor-impresora-3d/>
- Bol*. (2024). Obtenido de <https://www.bol.com/nl/nl/p/creality-direct-drive-extruder-upgrade-kit-voor-3d-printer-ender-3-cr-10/9300000047352774/>
- Bueno Merino, S. (2023). *Sistemas de impresión 3D: reseña histórica*, [Trabajo de Fin de Grado, Escuela Técnica Superior de Ingeniería]. Repositorio Institucional, Sevilla, España. Obtenido de <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/94782/fichero/TFG-4782+Bueno+Merino.pdf>
- C., L. (12 de mayo de 2023). *3D Natives*. Obtenido de 3D Natives:
<https://www.3dnatives.com/es/tipos-impresoras-3d-fdm-190620172/#!>
- C., L. (8 de agosto de 2024). *3D Natives*. Obtenido de 3D Natives:
<https://www.3dnatives.com/es/mejores-sofware-cad-programa-180320192/>
- Cama, E. (2017). *Cursos Aula 21*. Obtenido de Cursos Aula 21:
<https://www.cursosaula21.com/que-es-la-impresion-3d/>
- Canela Fuentes Pablo Ernesto, H. R. (2019). *Impresión 3D*. Universidad San Ignacio de Loyola, Lima. Obtenido de <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/b2e2d426-3f64-438a-8db5-098bb2456b0e/content>
- Casado Ramírez, E. D., Guillen Taje, J. L., & Martín Canché, B. D. (octubre de 2023). El diseño e impresión 3D como recurso didáctico en estudiante de nivel. *Religacion*, 5. Obtenido de



https://www.researchgate.net/publication/376051202_El_diseno_e_impresion_3D_como_recurso_didactico_en_estudiante_de_nivel_superior

Chávez Camarena, E. K., Rengifo Cuellar, N. L., & De La Torre Salazar, J. R. (2022). Viabilidad de la Impresión 3D de concreto para la constructibilidad de viviendas sociales. *20th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology* (pág. 9). Florida: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de https://www.laccei.org/LACCEI2022-BocaRaton/full_papers/FP58.pdf

Creality. (2022). *www.creality.com*. Obtenido de www.creality.com:
https://www.creality.com/es/pages/about-us?spm=..index.footer_1.1&spm_prev=..index.header_1.1

Creatorium. (2022). Obtenido de <https://creatorium3d.com/post-procesado-3d-una-apariencia-de-lujo/>

Dassault Systèmes. (2024). Obtenido de https://help.solidworks.com/2018/spanish/SolidWorks/sldworks/c_user_interface_overview.htm

Dassault Systemes. (2024). *3DS*. Obtenido de 3DS:
<https://www.3ds.com/es/make/guide/process/3d-printing>

Dassault Systems. (2024). *3DS*. Obtenido de 3DS :
<https://www.3ds.com/es/make/guide/process/3d-printing>

Didacticas Electrónicas. (2024). *didacticaselectronicas.com*. Obtenido de didacticaselectronicas.com:
https://didacticaselectronicas.com/index.php/view/productdetails/virtuemart_product_id/12095/virtuemart_category_id/515



Filament 2 print. (02 de mayo de 2023). *filament2print*. Obtenido de filament2print:

<https://filament2print.com/es/blog/impresion-3d-de-alta-velocidad?slug=impresion-3d-de-alta-velocidad&module=smartblog>

Filament2Print. (5 de octubre de 2022). *Filament2Print*. Obtenido de Filament2Print:

<https://filament2print.com/es/blog/mejores-sofware-laminado-gratuitos?slug=mejores-sofware-laminado-gratuitos&module=smartblog>

Filament2Print. (2024). Obtenido de https://filament2print.com/es/blog/96_Como-elegir-el-hotend-correcto.html

Formlabs. (2024). Obtenido de <https://formlabs.com/es/blog/materiales-impresion-3d/>

Horacio, G. R. (19 de mayo de 2024). *theconversation.com*. Obtenido de

theconversation.com: <https://theconversation.com/raspberry-pi-por-que-las-computadoras-de-tamano-reducido-son-tan-utiles-207392>

Hurtado Maldonado, J. J. (2023). *Propuesta para el uso de las impresoras 3D en la reducción de costos y optimización de recursos en la industria manufacturera [Tesis de Ingeniería, Instituto Politécnico Nacional]*. Repositorio Institucional, Ciudad de México, México. Obtenido de

<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/31621/%E2%80%9CPropuesta%20para%20el%20uso%20de%20las%20impresoras%203D%20en%20la%20reducci%C3%B3n%20de%20costos%20y%20optimizaci%C3%B3n%20de%20recursos%20en%20la%20industria%20manufacturera%E2%80%9D.pdf?seq>

Icuenca. (2018). Obtenido de <https://icuenca.com/cambio-del-sistema-de-nivelar-la-cama-caliente-para-la-impresora-3d-anet-a8/>

J., J. (22 de marzo de 2024). *HTA 3D*. Obtenido de HTA 3D:

<https://www.hta3d.com/es/blog/klipper-un-potente-firmware-para-tu-impresora-3d-como-instalar-klipper-en-raspberry->



pi?srsltid=AfmBOopvArsrJfx_Cz7CIV2MB-
joIo_nmdt8situ9oKu9RhmvbMPdCdb

Lab, B. (2024). <https://bambulab.com/>. Obtenido de <https://bambulab.com/>:
<https://bambulab.com/en/about-us>

Leon3D. (2023). *Leon3D*. Obtenido de Leon3D: https://www.leon-3d.es/guia-de-resolucion-de-problemas/?srsltid=AfmBOorPc3IjY3u0ocdltEYab2bOFjjdJi3yfqU_QXpL9p4sTRk-hU14

López Parada, J. (9 de mayo de 2018). Fabricación aditiva y transformación logística: la impresión 3D. *Oikonomics Revista de los estudios de Economía y Empresa*, 68. Obtenido de https://oikonomics.uoc.edu/divulgacio/oikonomics/_recursos/documents/09/5_Lopez_Oikonomics_9_A4_cast.pdf

Luis, C. J. (17 de marzo de 2021). *Servitec 3D*. Obtenido de Servitec 3D: <https://servitec3d.com/blog/como-funciona-una-impresora-3d/>

Madeira Schmitt , B., Fraga Zirbes , C., Bonin , C., Lohmann , D., Castoldi Lencina, D., & Sabino Netto, A. d. (20 de 12 de 2017). *SciELO - Scientific Electronic Library Online[Fotografía]*. Obtenido de <https://www.scielo.br/j/mr/a/h5FWSSJ7f9WZbwtSVpG3jBQ/#>

MakerBot Industries. LLC[Fotografía]. (2024). Obtenido de MakerBot Industries: <https://www.thingiverse.com/thing:10955>

Marketing MCAD. (20 de noviembre de 2022). *MCAD*. Obtenido de MCAD: <https://mcad.co/que-es-cad-diseno-asistido-por-computador/>



Markforged . (2022). Obtenido de Markforged:

<https://markforged.com/es/resources/learn/3d-printing-basics/3d-printing-introduction/3d-printer-types-technologies>

Mastoner Distribucion Informática. (2018). 3D Print quality troubleshooting guide.

Melgar Rondón, J. A. (2022). *Diseño de un sistema de impresion 3D de escritorio FDM/FFF optimizado para imprimir entre 100 y 150mm/s*[Tesis de grado,Pontificia Universidad catolica del Perú]. Repositorio Institucional, Lima, Perú. Obtenido de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/23476>

Mkay, J. (26 de enero de 2022). *Advanced Motion Controls*. Obtenido de Advanced Motion Controls: <https://www.a-m-c.com/es/control-de-movimiento-en-impresion-3d/>

Moviltronics. (2024). Obtenido de <https://moviltronics.com/tienda/modulo-final-de-carrera/>

Ortega, C. (2024). *Question Pro*. Obtenido de Question Pro:

<https://www.questionpro.com/blog/es/muestreo-no-probabilistico/#:~:text=E1%20muestreo%20no%20probabil%20C3%ADstico%20es,hacer%20la%20selecci%20B3n%20al%20azar>

Peter. (22 de enero de 2020). *3D Work*. Obtenido de 3D Work:

<https://3dwork.io/octoprint-gestiona-tu-impresora-3d-remotamente-con-raspberry-pi-y-octopi/>

Philipp, T. (8 de noviembre de 2022). *Mr. Beam*. Obtenido de Mr. Beam:

<https://www.mr-beam.org/es/blogs/news/que-es-un-codigo-g?srsltid=AfmBOorH5XfZD3goLS1qCMPqAlrxdlGqLi836LrF7r9vSBzgr4whdTO>



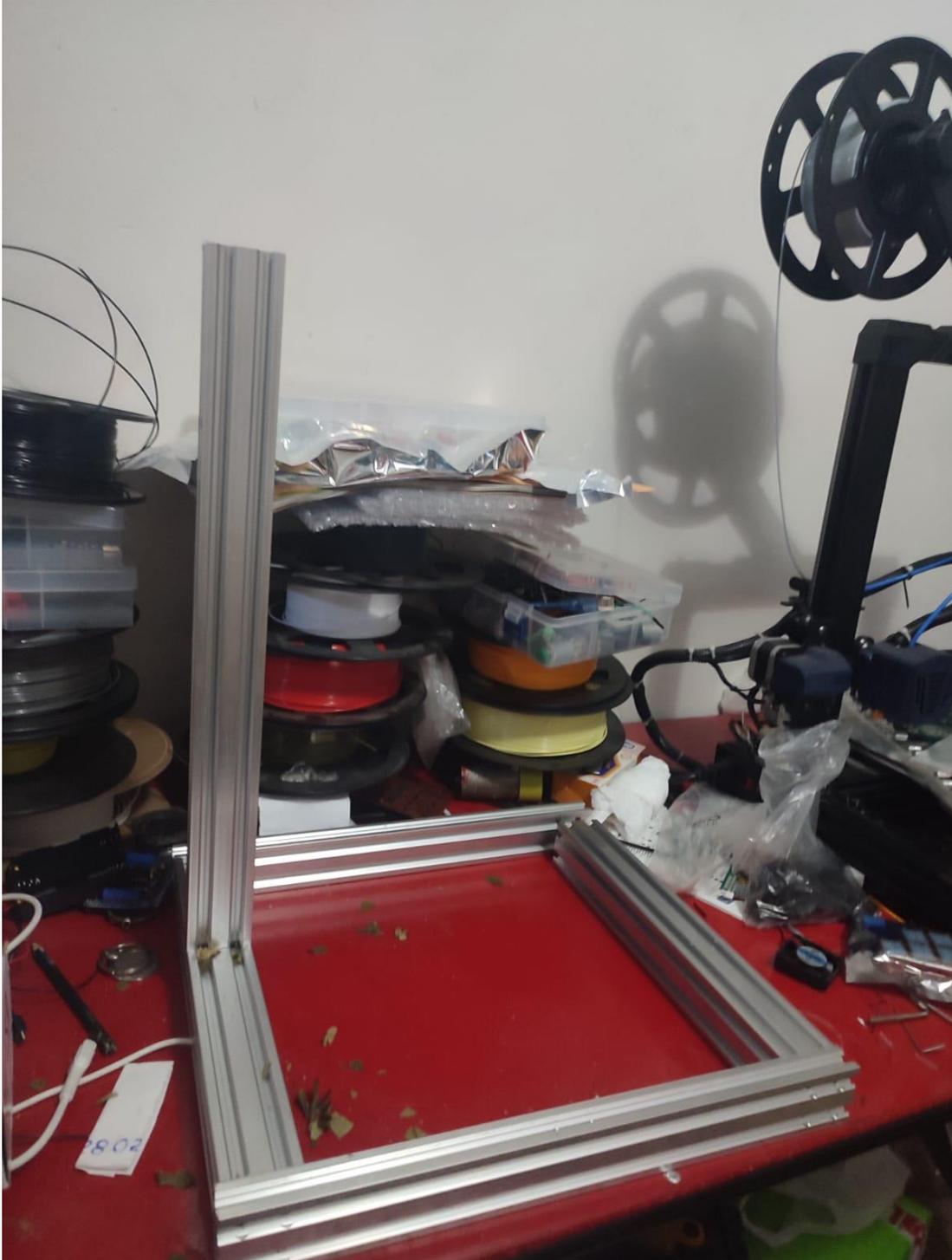
- Ramos Galarza, C. (2021). Diseños de investigación experimental. *CienciAmerica*, 2.
- Ramos Lozano, S. (2019). *Reduccion del tiempo de impresion en impresora 3D que utiliza la tecnologia de deposicion de filamento fundido*[Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de ciudad Juárez]. Repositorio Institucional, Juárez, Chihuahua, Mexico. Obtenido de <http://erecursos.uacj.mx/handle/20.500.11961/5656>
- Rodriguez Wong, R. M. (2022). *Estudio de la prefactibilidad para la instalación de una planta de producción de órtesis de tobillo con tecnología de impresión 3D* [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Lima]. Repositorio Institucional, Lima, Perú. Obtenido de <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/16425>
- SAI SAC. (2024). Obtenido de <https://saisac.pe/producto/nema-17-1-7a-4-2kg-cm-inc-cable-y-tornillos/>
- SAI SAC. (2024). Obtenido de <https://saisac.pe/producto/rueda-extrema-v-slot-tipo-b/>
- Sánchez Mondragón, S. (2023). *Diseño y fabricación de un sistema CNC para el corte por plasma de planchas metálicas en la empresa MG Industria & Comercio S.A.C.* [Tesis de Grado, Universidad Continental]. Repositorio Institucional, Huancayo, Perú. Obtenido de <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/14380>
- Shenzhen Creality 3D Technology Co., Ltd. (2023). Obtenido de <https://www.creality.com/products/ender-3-3d-printer>
- Shenzhen Creality 3D Technology Co., Ltd. (2024). Obtenido de https://www.creality.com/products/creality-ender-3-v3?spm=..index.index_creality_product_1.1



- Solectro. (1 de septiembre de 2020). *Solectroshop*. Obtenido de Solectroshop:
https://solectroshop.com/es/blog/componentes-de-las-impresoras-3d-como-funcionan-las-impresoras-3d-n40?srsIid=AfmBOopog-2rF3jyAeJjHGcQ9TX3_YxjxF303KVX65KR13kHCO48PnKJ
- Spain Labs*. (2024). Obtenido de
<https://www.spainlabs.com/foros/showthread.php?tid=5683>
- TH3D*. (s.f.). Obtenido de TH3D: <https://support.th3dstudio.com/helpcenter/mks-gen-l-board-connections/>
- Tu Blog en 3D*. (2024). Obtenido de <https://tublogen3d.com/impresoras-3d/electronica-2/>
- Ultimaker*. (2023). Obtenido de <https://support.ultimaker.com/s/article/1667411132925>
- VACODIR S.A*. (2020). Obtenido de <https://www.vacodir.com.uy/diferencias-de-los-formatos-de-impresion-3d-stl-vs-obj-vs-ply/>
- Velázquez, A. (2024). *Question Pro*. Obtenido de Question Pro:
<https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-correlacional/>
- Venencia, D. (2024). *Impresion 3D*. Obtenido de <https://impresion3d.website/nivelar-impresora-3d/>
- Wikipedia*. (2024). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi

ANEXOS

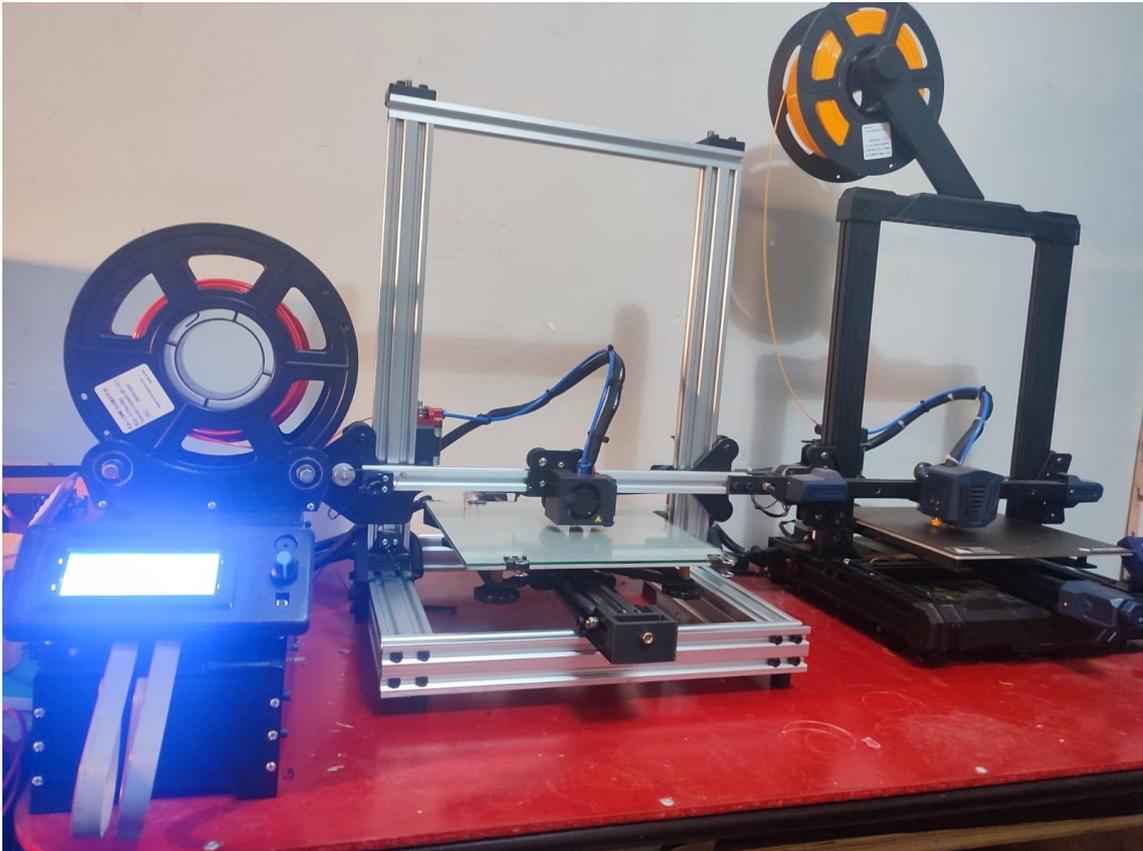
ANEXO 1: Armado de estructura de aluminio de la impresora 3D.



ANEXO 2: Perfilera de aluminio V-Slot a usar en la impresora 3D.



ANEXO 3: Comparación de la impresora 3D con otro equipo comercial.





ANEXO 4: El código fuente del firmware Marlin

El código Marlin esta modificado para la impresora elaborada se encuentra disponible en el siguiente repositorio, y en el siguiente repositorio también se encuentra el código Marlin original, ambos están disponibles para su modificación o mejora.

Nombre del repositorio: FREDY3D_Adapted_Marlin_2.0.9.7

Enlace: https://github.com/freddy7412/FREDY3D_Adapted_Marlin_2.0.9.7

Para facilitar su consulta, el repositorio incluye:

- La versión final de código.
- Documentación técnica.
- Modificaciones del código Marlin Original
- Créditos a desarrolladores originales.

Nombre del repositorio: Marlin

Enlace: <https://github.com/MarlinFirmware/Marlin>

- Versión 2.0.9.7 del código de Marlin
- Instrucciones de ejecución
- Documentación del código.
- Créditos a la comunidad desarrolladora.

ANEXO 5: Matriz de consistencia.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA IMPRESORA 3D PARA MODELADO ASISTIDO POR COMPUTADORA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO 2024				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variabes	Metodología
Problema General	Objetivos General	Hipótesis General	Variable Independiente	La implementación de una impresora 3D, presenta una metodología experimental, comienza con la identificación de las limitaciones de las impresoras comerciales de escritorio actuales, se realiza una investigación preliminar sobre las tecnologías, materiales y métodos existentes relacionados con el mundo de la impresión 3D. Posteriormente, se plantea una propuesta de mejora diseñando un plan detallado que incluye la integración de hardware y software, la implementación implica la construcción, programación y calibración de la impresora, finalmente se realiza pruebas de impresión para validar su funcionamiento en comparación con otros equipos.
¿La implementación de una impresora 3D mejorará el desarrollo de proyectos de los estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional del Altiplano?	Diseñar e implementar una impresora 3D para modelado asistido por computadora en la Universidad Nacional del Altiplano.	El diseño e implementación de una impresora 3d permitirá el modelado asistido por computadora en la Universidad Nacional del Altiplano.	-Diseño de una estructura robusta y programación del firmware de una impresora 3D.	
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos	Variable Dependiente	
<p>-¿El sistema de hardware y software propuestos pueden mejorar el rendimiento de una impresora 3D común?</p> <p>-¿Es posible la mejora de parámetros en el laminador para mejorar la velocidad sin afectar la calidad final de la pieza?</p>	<p>- Diseñar e implementar la estructura y firmware de una impresora 3d con la capacidad de imprimir a una velocidad de 100mm/s.</p> <p>- Diseñar un proceso adecuado para la obtención de un archivo optimizado desde su diseño en SolidWorks hasta la preparación del programa del control numérico en el laminador para la impresora 3D.</p>	<p>- El diseño de una impresora 3D de alta velocidad permitirá realizar trabajos de alta calidad a una velocidad de 100mm/s.</p> <p>- El proceso de conversión de un archivo 3D hasta el lenguaje de control numérico mejorará el rendimiento de la impresora 3D.</p>	<p>- Velocidad de trabajo de una impresora 3D.</p> <p>- Calidad de la pieza resultante respecto al uso</p> <p>- parámetros para distinto tipo de material como ABS, PLA, etc.</p>	



ANEXO 6: Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo FREDY JESUS CALCINA QUISPE,
identificado con DNI 73880038 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERIA ELECTRONICA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA IMPRESORA 3D PARA
MODELADO ASISTIDO POR COMPUTADORA EN LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO 2024 ”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 07 de DICIEMBRE del 20 24

FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO 7: Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo FREDY JESUS CALCINA QUISPE,
identificado con DNI 73880038 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA IMPRESORA 3D
PARA MODELADO ASISTIDO POR COMPUTADORA EN LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO 2024 ”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 07 de DICIEMBRE del 20 24

FIRMA (obligatoria)



Huella