

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería Mecatrónica

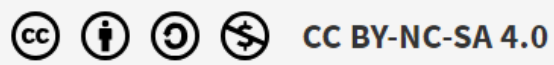


Restauración y renovación de impresora 3D Cube Pro Trio, para el aumento de capacidad del Laboratorio Institucional de Microcomputadores (LAIMI)

Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica con el grado académico de Licenciatura

Denis Alberto Monge Molina

Cartago, 12 de junio de 2024



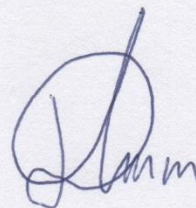
Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International

This work © 2024 is licensed under CC BY-NC-SA 4.0. To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Declaro que el presente Proyecto de Graduación ha sido realizado enteramente por mi persona, utilizando y aplicando literatura referente al tema e introduciendo conocimientos propios.

En los casos en que he utilizado bibliografía, he procedido a indicar las fuentes mediante las respectivas citas bibliográficas.

En consecuencia, asumo la responsabilidad total por el trabajo de graduación realizado y por el contenido del correspondiente informe final.



Cartago, 12 de junio de 2024

Denis Monge Molina

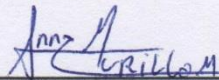
Ced: 117350752

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA PROGRAMA DE
LICENCIATURA EN INGENIERÍA MECATRÓNICA PROYECTO FINAL DE
GRADUACIÓN
ACTA DE APROBACIÓN**

El profesor asesor del presente trabajo final de graduación, indica que el documento presentado por el estudiante cumple con las normas establecidas por el programa de Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Costa Rica para ser defendido ante el jurado evaluador, como requisito final para aprobar el curso Proyecto Final de Graduación y optar así por el título de Ingeniero(a) en Mecatrónica, con el grado académico de Licenciatura.

Estudiante: Denis Alberto Monge Molina

Proyecto: Restauración y renovación de impresora 3D Cube Pro Trio, para el aumento de capacidad del Laboratorio Institucional de Microcomputadores



Ing. Ana María Murillo Morgan

Cartago, 12 de junio de 2024

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA PROGRAMA DE
LICENCIATURA EN INGENIERÍA MECATRÓNICA PROYECTO FINAL DE
GRADUACIÓN
ACTA DE APROBACIÓN**

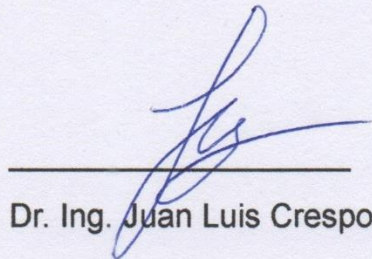
Proyecto final de graduación defendido ante el presente jurado evaluador como requisito para optar por el título de Ingeniero(a) en Mecatrónica con el grado académico de Licenciatura, según lo establecido por el programa de Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Estudiante: Denis Alberto Monge Molina

Proyecto: Restauración y renovación de impresora 3D Cube Pro Trio, para el aumento de capacidad del Laboratorio Institucional de Microcomputadores.



Ing. Eduardo José Asenjo Castillo



Dr. Ing. Juan Luis Crespo Mariño

Los miembros de este jurado dan fe de que el presente proyecto final de graduación ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por el programa de Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica.

Cartago, 12 de junio de 2024

Resumen

Se presenta la oportunidad de reacondicionar un equipo de impresión 3D de la marca 3D Systems, específicamente el modelo Cube Pro, en el Laboratorio Institucional de Microcomputadoras(LAIMI) del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC), esto principalmente con dos fines, el de dar uso a un equipo que no cumplió su vida útil debido a la pronta discontinuación por parte del fabricante lo cual imposibilita la búsqueda de suministros y repuestos, y el de aumentar la capacidad del laboratorio debido a la alta demanda en ciertas semanas del semestre.

Al realizar una adecuada investigación y selección de los componentes a utilizar se designaron que los componentes de la Prusa MK4, ya que poseen características y facilidades que ningún otro fabricante de impresoras posee. Para este reacondicionamiento se debió realizar un diseño mecánico, y una integración de los sistemas mecánico y electrónico, debido a las diferencias existentes entre ambos equipos. Para finalmente terminar con pruebas funcionales del equipo y que cumplan con las tolerancias presentes en los equipos actuales, para así validar el correcto reacondicionamiento del equipo.

Palabras Clave:

Impresora 3D, Cube Pro, Prusa MK4, Integración de sistemas, Validación

Asbtract

An opportunity has arisen to refurbish a 3D printing device from 3D Systems, specifically the Cube Pro model, at the Institutional Microcomputer Laboratory (LAIMI) of the Technological institute of Costa Rica (TEC). This project primarily serves two purposes: (1) to utilize a device that did not reach its full lifespan due to its early discontinuation by the manufacturer, which makes it difficult to find supplies and spare parts, and (2) to increase the laboratory's capacity due to high demand during certain weeks of the semester.

Through proper research and selection of components to be used, it was determined that the Prusa MK4 components would be suitable, as they possess features and capabilities that no other printer manufacturer offers. This refurbishment required mechanical design and integration of the mechanical and electronic systems due to the differences between the two devices. Finally, functional tests were conducted to ensure that the equipment meets the tolerances present in current devices, thus validating the correct refurbishment of the equipment.

Keywords:

3D Printer, Cube Pro, Prusa MK4, System Integration, Validation

Dedicatoria

A mi familia.

Agradecimiento

A mi familia, por su apoyo incondicional, comprensión y paciencia a lo largo de todos estos años. Su constante aliento y motivación fueron mi fuerza en los momentos difíciles y mi alegría en los momentos de celebración. Gracias por creer en mí y por ser mi fuente de inspiración.

A mis amigos, por estar siempre presentes no solo durante el desarrollo del proyecto, si no a lo largo de la carrera, por sus palabras de aliento y por compartir conmigo momentos inolvidables durante este camino académico. Su amistad ha sido un regalo invaluable que valoro profundamente.

Al equipo del LAIMI, por brindarme la ayuda y soporte necesario a lo largo del desarrollo del proyecto.

A Bryan Aguirre, coordinador de LAIMI por su guía experta, su apoyo constante y su paciencia infinita. Gracias por compartir su sabiduría y por inspirarme a superar mis propios límites. Su mentoría ha sido crucial para mi crecimiento profesional y personal.

Este logro no hubiera sido posible sin el apoyo incondicional de cada uno de ustedes. Cada página de este trabajo lleva impreso el esfuerzo y la colaboración de quienes me han rodeado durante esta etapa tan significativa de mi vida.

Índice

Índice de Figuras	iv
Índice de Tablas	v
1. Introducción	1
1.1 Objetivos	3
1.1.1 Objetivo General	3
1.1.2 Objetivos Específicos	3
1.2 Estructura del Documento	3
2. Marco Teórico	5
2.1 Manufactura Aditiva	5
2.2 Sistemas de Movimiento	6
2.3 Motor Stepper	7
2.4 Sistema Polea GT2- Correa	7
2.5 Tornillo de Potencia	9
2.6 Materiales de impresión	10
2.7 Código G	11
2.8 Slicing	11
2.9 Relleno	11
2.10 Resolución	12
2.11 Diagrama esfuerzo-Deformación	13
2.12 Modulo Young	13
3. Metodología	14
3.1.1 Establecimiento y clasificación de necesidades	14
3.1.2 Especificaciones del producto	16
3.1.3 Generación de Conceptos	16
3.1.4 Selección de Conceptos	17
3.1.5 Prueba de Conceptos	17
4. Desarrollo del reacondicionamiento	18
4.1 Identificación de requerimientos y especificaciones	18
4.2 Identificación de capacidades	23
4.2.1 Identificación de equipo a mantener	23
4.2.2 Selección de componentes a reemplazar	26

4.3	Diseño Mecánico	32
4.3.1	Diseño de Piezas	33
4.3.2	Selección de Método de Manufactura	37
4.3.3	Selección de Material	37
4.3.4	Verificación de Piezas	38
4.4	Ensamblaje del Sistema	43
4.4.1	Ensamblaje Eje Z Y Heatbed	44
4.4.2	Ensamblaje Eje X y Y Carriage	44
4.4.1	Ensamblaje Extrusor	46
4.4.2	Ensamblaje de Carcasa y xLCD	46
4.4.3	Resultados Experimentales	47
4.5	Conexiones	51
4.5.1	Conexión Extruder	51
4.5.2	Conexión Heatbed	52
4.5.3	Conexión xLCD	53
4.5.4	Conexión Placa Controladora	54
4.6	Integración Sistema	55
4.6.1	Código G	56
4.6.2	SelfTest	57
4.7	Impresión	57
4.7.1	Verificación de la impresión	58
4.7.2	Verificación de Tolerancias Dimensionales	59
4.7.3	Tolerancias de Tolerancias de ajuste	76
5.	Análisis Económico	82
6.	Conclusiones	86
6.1	Recomendaciones.	87
7.	Bibliografía	88
8.	Apéndices	91
A.1	Reunión con el cliente	91
A.2	Establecimiento de Necesidades	95
A.3	Métricas	96
A.4	Valores Objetivos	97
A.5	Especificaciones Finales	99
A.6	Cotización Equipos	101
9.	Anexos	103
9.1	Manual de Ensamblaje	103

9.2	Plan de Manufactura	103
9.3	Planos Piezas Manufacturadas.	103

Índice de Figuras

<i>Figura 2-1. Deposición Fundida [4]</i>	6
<i>Figura 2-2. Robot Cartesiano [6]</i>	7
<i>Figura 2-3. Transmisión por correa abierta [8]</i>	8
<i>Figura 2-4. Transmisión por correa cruzada [8]</i>	8
<i>Figura 2-5. Transmisión por correa con rodillo tensor exterior [8]</i>	8
<i>Figura 2-6. Transmisión por correa con rodillo tensor interior [8]</i>	9
<i>Figura 2-7. Tiempos de impresión según resolución de impresión [14]</i>	12
<i>Figura 4-1 Frame Impresora Cube Pro. Elaboración Propia</i>	24
<i>Figura 4-2 Kit Extrusor Cube Pro [19]</i>	25
<i>Figura 4-3 Stepper Motor Cube Pro [20]</i>	25
<i>Figura 4-4 Descomposición Funcional Primaria de una impresora 3D</i>	26
<i>Figura 4-5 Descomposición Funcional Secundaria de una impresora 3D</i>	27
<i>Figura 4-6. Ranking Modulo Young Promedio [29]</i>	38
<i>Figura 4-7 Análisis estático de esfuerzos del X Axis Tensioner</i>	39
<i>Figura 4-8 Factor de Seguridad del Análisis Estático del X Axis Tensioner</i>	39
<i>Figura 4-9 Análisis estático de esfuerzos del X Axis Driven Pulley Holder</i>	40
<i>Figura 4-10 Factor de Seguridad del Análisis Estático del X Axis Driven Pulley Holder</i>	40
<i>Figura 4-11 Análisis estático de esfuerzos del X Axis Motor Holder</i>	41
<i>Figura 4-12 Factor de Seguridad del Análisis Estático del X Axis Motor Holder</i> ...	41
<i>Figura 4-13 Análisis estático de esfuerzos del Z Nut Adapter Nema 17</i>	42
<i>Figura 4-14 Factor de Seguridad del Análisis Estático del Z Nut Adapter Nema 17</i>	42
<i>Figura 4-15 Ensamblaje Eje Z y Heatbed en el frame. Elaboración Propia</i>	44
<i>Figura 4-16 Eje X y Carriage Eje Y. Elaboración Propia</i>	45
<i>Figura 4-17 Eje Y y X Instalados en el frame. Elaboración Propia</i>	45
<i>Figura 4-18 Extrusor MK4. Elaboración Propia</i>	46
<i>Figura 4-19 Impresora Completamente Armada (Sin puerta Frontal). Elaboración Propia</i>	47
<i>Figura 4-20 Desplazamiento Máximo en eje Z</i>	48
<i>Figura 4-21 Desplazamiento Máximo en eje X</i>	48
<i>Figura 4-22 Ancho Máximo del extrusor</i>	49
<i>Figura 4-23 Desplazamiento Máximo en Eje Y</i>	50
<i>Figura 4-24 Ancho Máximo del Y Carriage</i>	50
<i>Figura 4-25. Conexiones de la Tarjeta del extrusor</i>	52
<i>Figura 4-26 Conexiones de la heatbed</i>	53
<i>Figura 4-27 Conexión Cable Serial xLCD</i>	54
<i>Figura 4-28 Conexiones Tarjeta Controladora</i>	55
<i>Figura 4-29 Valores de impresión MK4</i>	56
<i>Figura 4-30 Cama de impresión para verificación de impresión</i>	58
<i>Figura 4-31 Verificación Visual de una Correcta Impresión</i>	59
<i>Figura 4-32 Correcto Acoplamiento de Piezas Impresas</i>	76

Índice de Tablas

<i>Tabla 2-1 Principales Materiales de Impresión</i>	10
<i>Tabla 4-1 Necesidades detectadas clasificadas según el cliente</i>	20
<i>Tabla 4-2 Escala de importancia de necesidades</i>	21
<i>Tabla 4-3 Métricas con valores objetivo</i>	21
<i>Tabla 4-4 Modelo de impresora seleccionado según marca</i>	29
<i>Tabla 4-5 Características de los modelos de impresora seleccionados</i>	30
<i>Tabla 4-6 Matriz de selección de conceptos</i>	31
<i>Tabla 4-7 Matriz de Evaluación de conceptos</i>	32
<i>Tabla 4-8 Piezas de la Cube Pro Reacondicionada</i>	34
<i>Tabla 4-9 Numero de parte y cantidades de los conectores eléctricos requeridos</i>	51
<i>Tabla 4-10 Medidas Teóricas de Piezas Impresas</i>	59
<i>Tabla 4-11 Medición en X Pieza Cuadrada PLA</i>	60
<i>Tabla 4-12 Medición en X Pieza Cilíndrica PLA</i>	61
<i>Tabla 4-13 Medición en Y Pieza Cuadrada PLA</i>	61
<i>Tabla 4-14 Medición en Y Pieza Cilíndrica PLA</i>	62
<i>Tabla 4-15 Medición en Z Pieza Cuadrada PLA</i>	63
<i>Tabla 4-16 Medición en Z Pieza Cilíndrica PLA</i>	63
<i>Tabla 4-17 Medición en X Pieza Cuadrada PETG</i>	64
<i>Tabla 4-18 Medición en X Pieza Cilíndrica PETG</i>	65
<i>Tabla 4-19 Medición en Y Pieza Cuadrada PETG</i>	65
<i>Tabla 4-20 Medición en Y Pieza Cilíndrica PETG</i>	66
<i>Tabla 4-21 Medición en Z Pieza Cuadrada PETG</i>	66
<i>Tabla 4-22 Medición en Z Pieza Cilíndrica PETG</i>	67
<i>Tabla 4-23 Medición en X Pieza Cuadrada ABS</i>	68
<i>Tabla 4-24 Medición en X Pieza Cilíndrica ABS</i>	68
<i>Tabla 4-25 Medición en Y Pieza Cuadrada ABS</i>	69
<i>Tabla 4-26 Medición en Y Pieza Cilíndrica ABS</i>	70
<i>Tabla 4-27 Medición en Z Pieza Cuadrada ABS</i>	70
<i>Tabla 4-28 Medición en Z Pieza Cilíndrica ABS</i>	71
<i>Tabla 4-29 Medición en X Pieza Cuadrada FLEX</i>	72
<i>Tabla 4-30 Medición en X Pieza Cilíndrica FLEX</i>	72
<i>Tabla 4-31 Medición en Y Pieza Cuadrada FLEX</i>	73
<i>Tabla 4-32 Medición en Y Pieza Cilíndrica FLEX</i>	73
<i>Tabla 4-33 Medición en Z Pieza Cuadrada FLEX</i>	74
<i>Tabla 4-34 Medición en Z Pieza Cilíndrica FLEX</i>	75
<i>Tabla 4-35 Tolerancia de Ajuste Cuadrados PLA</i>	77
<i>Tabla 4-36 Tolerancia de Ajuste Cilindros PLA</i>	77
<i>Tabla 4-37 Tolerancia de Ajuste Cuadrados PETG</i>	78
<i>Tabla 4-38 Tolerancia de Ajuste Cilindros PETG</i>	78
<i>Tabla 4-39 Tolerancia de Ajuste Cuadrados ABS</i>	79
<i>Tabla 4-40 Tolerancia de Ajuste Cilindros ABS</i>	79
<i>Tabla 4-41 Tolerancia de Ajuste Cuadrados FLEX</i>	80

<i>Tabla 4-42 Tolerancia de Ajuste Cilindros FLEX.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 5-1 Total Gastos dólares.....</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 5-2 Total Gasto en colones.....</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 5-3 Precios Aproximado de Impresoras Similares.....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 5-4. Consumo de Material 2024, precios internos y externos.....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla A 8-1 Preguntas y respuestas en reunión con el cliente.....</i>	<i>91</i>
<i>Tabla A.8-2 Necesidades percibidas.....</i>	<i>95</i>
<i>Tabla A8-3 Métricas con valores objetivos asociadas a cada necesidad percibida.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 8-4 Justificación de Valores Objetivo.....</i>	<i>97</i>
<i>Tabla 8-5 Especificaciones Finales del proyecto.....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 8-6 Cálculo de Depreciación de Activos.....</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 8-7 Uso anual de los activos.....</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 8-8 Costos Asociados al proyecto.....</i>	<i>102</i>

1. Introducción

El presente trabajo fue desarrollado en el Laboratorio Institucional de Microcomputadoras (LAIMI) del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC) perteneciente al Departamento de Administración en Tecnologías de Información y Comunicaciones (DATIC). El laboratorio fue fundado con el objetivo de beneficiar al desempeño académico brindándole a los estudiantes herramientas como computadoras, software, acceso a internet, así como servicios de impresión.

En el LAIMI se realizan constantes impresiones 3D para la complementación y realización de proyectos de la población estudiantil. Actualmente se cuentan con cinco impresoras funcionales Prusa MK3 las cuales se utilizan para abarcar las necesidades de toda la población estudiantil.

La principal problemática que enfrenta el laboratorio es la alta demanda de impresiones 3D con relación a los recursos existentes en las semanas de entregas de proyectos. Los tiempos de entrega de los diferentes proyectos suelen coincidir en fechas y esto genera que los tiempos de impresión sean incompatibles con los de entrega debido a la cantidad de solicitudes.

Actualmente el laboratorio posee cuatro impresoras Cube Pro Trio, las cuales debido a su pronta obsolescencia por parte de la casa matriz, se encuentran en muy buen estado, pero poseen problemas de repuestos a nivel mundial y aún más a nivel local. Debido a esta situación de su retiro del mercado, se limita la actualización y mantenimiento de estas. En este momento las cuatro impresoras se encuentran en desuso por motivos de desactualización. Sumado a esto, el mercado ofrece kits de actualizaciones completos y no piezas individuales lo que genera un costo excesivo y no la hacen una buena competencia frente a las impresoras actuales del laboratorio, Prusa MK3+, las cuales poseen una gran variedad de repuestos tanto originales como genéricos, y una estructura que posee una gran cantidad de partes impresas en 3D lo que permite anticipar y tener un stock de piezas de repuesto a bajo costo y más accesible.

La impresora Cube Pro Trio cuenta con una estructura mucho más robusta y cerrada, lo cual para cierto tipo de aplicaciones y materiales es importante para garantizar precisión, y control interno de la temperatura. Es por ello por lo que se plantea un reacondicionamiento y una renovación de las impresoras Cube Pro Trio, tomando lo mejor de ambas impresoras, desde lo robusto de las impresoras Cube Pro Trio hasta la facilidad de reparación y calibración que presentan la Prusa MK3+. Se observó que la calibración de las Cube Pro Trio requería usualmente de personal técnico capacitado o una correcta formación en el área para poder realizar la calibración de la impresora lo que hace que su mantenimiento sea más costoso.

Otro factor importante por tomar en cuenta es la cama de impresión de la Cube Pro, esta al ser de vidrio es propensa al desacople de la pieza durante la impresión. Es por eso por lo que una superficie de impresión con control de temperatura es fundamental para mantener un buen acabado, así como una correcta adherencia de la pieza.

A lo largo del presente trabajo se explica las necesidades del LAIMI en relación con las impresoras Cube Pro Trio, el proceso de reacondicionamiento utilizando piezas Prusa utilizadas en las impresoras MK3+ y sus conceptos, además de presentar las dificultades presentes en el camino y sus soluciones.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

- Acondicionar una impresora Cube Pro Trio, para el Laboratorio Institucional de Microcomputadoras (LAIMI) del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR)

1.1.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar las capacidades actuales de los componentes disponibles en las Cube Pro Trio para establecer una base de qué puede ser reutilizable.
- Diseñar el nuevo sistema mecánico de los nuevos componentes y mecanismos a utilizar para el reacondicionamiento de la impresora.
- Realizar el ajuste del control de los motores y demás sensores que permitan el correcto funcionamiento de estos al interpretarse el código G generado por el software.
- Validar la integración de los sistemas de control y mecánico para lograr una impresión 3D con los estándares establecidos en el software.

1.2 Estructura del Documento

Esta sección describe la estructura de los siguientes capítulos del documento. En el capítulo 2 se presentan las consideraciones teóricas más significativas para el desarrollo del proyecto. El capítulo 3 describe la metodología de trabajo utilizada en este proyecto. El capítulo 4 cubre el desarrollo del reacondicionamiento realizado a la impresora Cube Pro Trio desglosando las necesidades, piezas y procesos realizados. En el capítulo 5 se abarca el análisis económico en el cual se determina la viabilidad económica del proyecto basándose en su rentabilidad y los recursos disponibles del laboratorio. Las conclusiones pueden encontrarse en el capítulo 6, por último, las recomendaciones de muestran en el capítulo 6.

El principal aporte de ingeniería en este proyecto fue el reacondicionamiento de la impresora Cube Pro Trio deseado por el laboratorio para para distribuir eficientemente la carga de pedidos de impresiones. Se incluye el proceso de rediseño y adaptación de las piezas necesarias, manufactura de estas y el desarrollo de la programación necesaria para el correcto funcionamiento de la máquina.

2. Marco Teórico

2.1 Manufactura Aditiva

Para Plastics Technology [1], la manufactura aditiva es mayormente conocida como “impresión 3D”. A diferencia de los métodos tradicionales de moldeo o mecanizado, este innovador método funde los materiales a través de distintos procesos para construir una pieza en capas, previamente diseñada.

Este modelo de manufactura beneficia a las empresas otorgándoles la posibilidad de realizar procesos más eficientes, reemplazar piezas metálicas por otras de plástico liviano y resistente, minimizando así los costos. Este tipo de tecnología permite diseñar piezas complejas estructuralmente en su interior y realizar cambios en su diseño en cualquier momento ya que no se requiere un molde para su creación. Además, permite eliminar procesos de ensamblaje, ya que puede que una pieza construida por varios componentes se impresione como una sola pieza.

Existen varias tecnologías de manufactura aditiva. Bernal, J. [2] las clasifica en 7 tipos:

- Estereolitografía (SLA)
- Sinterización selectiva por láser (SLS)
- Deposición de material fundido (FDM)
- Modelado por deposición fundida (FDM)
- Laminado de hojas (LOM)
- Fabricación asistida por láser (LAM)
- Binder Jetting

Para este proyecto en particular, se utilizó una impresora 3D con tecnología de Disposición de material fundido (FDM). Es también conocido como fabricación con filamento fundido (FFF) como se muestra en la Figura 2-1 según la organización Markforged [3]. Este modelo utiliza filamento termoplástico y lo extruye para formar capa a capa el objeto sobre una cama de fabricación. Este modelo ofrece costos bajos, piezas de alta resistencia y poco peso, tolerancia al calor y estabilidad dimensional.

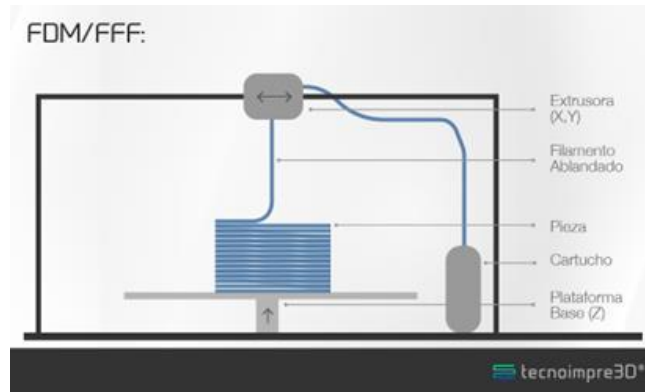


Figura 2-1. Deposición Fundida [4]

2.2 Sistemas de Movimiento

Para el modelo de Deposición de material fundido (FDM) existen dos sistemas de movimiento de para la producción de objetos mediante manufactura aditiva. Esto se da a raíz de la necesidad de innovar para mejorar los procesos. Dos de estos sistemas son los robots cartesianos y el sistema CoreXY.

Robots cartesianos

Los robots cartesianos son máquinas que trabajan con un movimiento lineal y se mueven en dirección a tres ejes X-Y-Z. Estos ejes le permiten moverse de arriba hacia abajo, de atrás para adelante y de un lado a otro siendo así una de las mejores opciones del mercado. Los motores que usan este tipo de robots ofrecen mucha mayor precisión y flexibilidad por su rango de movimiento, bajan los costos de mano de obra al trabajar más horas continuas y son una opción segura integralmente. [5]

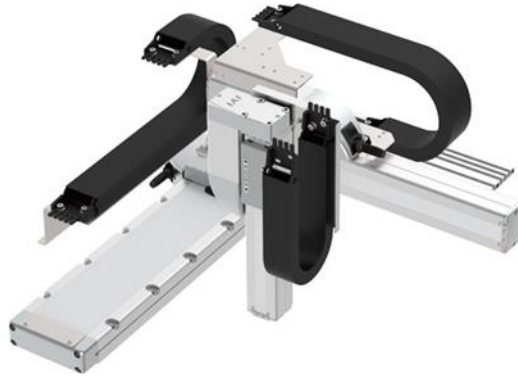


Figura 2-2. Robot Cartesiano [6]

2.3 Motor Stepper

Este tipo de motores son conocidos como motores de potencia fraccionaria por su baja potencia que no supera el caballo de fuerza. Estos son buscados en el mercado por su bajo costo, poco peso, funcionan silenciosamente y su baja inercia.

A diferencia de un servomotor que trabaja con corriente continua, el motor stepper o paso a paso responde a una serie de señales o pasos que van desde un sistema digital hasta sus mecanismos de control que hacen que gire en cierta cantidad de grados según los pasos o se quede quieto. Esto tiene como ventaja que no debe ser realimentado, sino que funciona de una forma más autónoma y estable. [7]

2.4 Sistema Polea GT2- Correa

El sistema de polea GT2 con correa consiste en un sistema donde dos o más poleas unidas a los ejes o árboles son movidos gracias al uso de correas y la transmisión de movimiento hacia las mismas. Este sistema requiere poco mantenimiento ya que, a diferencia de cadenas o engranajes, no necesitan ser engrasadas constantemente. Una de sus mayores ventajas es que pueden llegar a alcanzar elevadas velocidades a comparación de otros sistemas. Existen distintas clasificaciones de configuraciones según García, J. [8]. Entre ellas están:

- Transmisión por correa abierta: Los árboles están paralelos y los ejes giran en la misma dirección

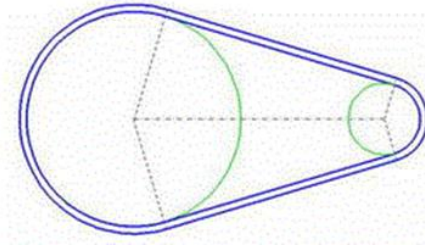


Figura 2-3. Transmisión por correa abierta [8]

- Transmisión por correa cruzada: Los árboles siguen estando paralelos, pero los ejes giran en direcciones contrarias. Para que la correa no se desgaste se debe procurar que haya una distancia pertinente entre los ejes.

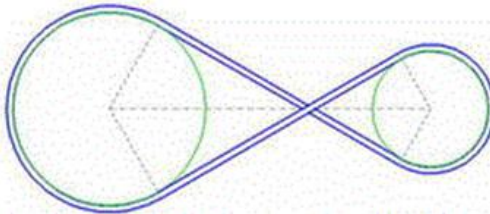


Figura 2-4. Transmisión por correa cruzada [8]

- Transmisión por correa con rodillo tensor exterior: Esta transmisión hace que se tense más la correa al momento de aumentar el ángulo entre la polea y la correa. Permite alcanzar más potencia

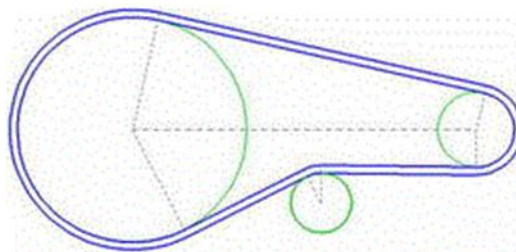


Figura 2-5. Transmisión por correa con rodillo tensor exterior [8]

- Transmisión por correa con rodillo tensor interior: Se parece al sistema de transmisión por correa con rodillo exterior, la diferencia está en que el rodillo se encuentra por dentro lo que disminuye el ángulo con la polea y le permite a la correa una mayor vida útil.

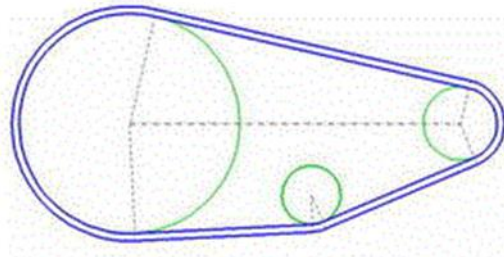


Figura 2-6. Transmisión por correa con rodillo tensor interior [8]

2.5 Tornillo de Potencia

Los tornillos de potencia son un mecanismo con una base de funcionamiento sencilla que facilita muchos procesos a nivel de maquinaria. Se utiliza una base de un tornillo y una rosca. El movimiento principal de una rosca en el tornillo es rotatorio, pero en el caso de los tornillos de potencia se busca un movimiento rectilíneo al momento de aplicar fuerza y potencia, o sea, un desplazamiento de la rosca.

Existen tres tipos de roscas: cuadrada, ACME y unificada. La cuadrada ha mostrado tener mejores resultados, aunque por su forma no convencional no es tan común, ya que su producción resulta más costosa. [9]

Entre sus usos más comunes está la elevación de carga. A fin de cuentas, su función es desplazar. En un mecanismo como una impresora 3D pueden usarse para elevar y descender camas de impresión, por ejemplo.

2.6 Materiales de impresión

Los materiales de impresión más utilizados para el modelo de deposición de material fundido son los termoplásticos. Estos son fáciles de moldear y de bajo costo. Existen una serie de materiales que son los más utilizados por sus diferentes cualidades según Prusa [10], estos se detallan a continuación en la Tabla 2-1.

Tabla 2-1 Principales Materiales de Impresión

Abreviación	Nombre Completo	Características
PLA	Ácido Poliláctico	Poliéster vegetal biológicamente biodegradable. Es uno de los materiales más sencillos de utilizar ya que funciona a bajas temperaturas y no es afectado fácilmente por el ambiente. Aun así, es un material que ya impreso puede deformarse al estar en un ambiente de cierta temperatura o bajo ciertas circunstancias.
PETG	Tereftalato de polietileno modificado con glicol	Es un material tenaz, resistente y flexible. Es ideal para imprimir piezas técnicas y mecánicas por su resistencia a altas temperaturas.
ABS	Acrilonitrilo butadieno estireno	Es un material tenaz y resistente, pero que se deteriora fácilmente al exponerlo al aire libre. Se usa para piezas mecánicas baratas y de uso no industrial como los legos.
FLEX (TPU)	Filamentos flexibles	Es un material tenaz, resistente y flexible. Es usado por usuarios más avanzados en la impresión 3D ya que es muy blando y puede resultar en muchas

		complicaciones durante su uso si no se maneja correctamente.
--	--	--

2.7 Código G

El código G según Valle, G [11]. es el mecanismo usado por las máquinas de control numérico por computador (CNC) para generar una acción. Los códigos G le dan órdenes a la máquina para realizar una acción como desplazarse de un lado a otro.

2.8 Slicing

El proceso de slicing o corte de impresión 3D, es fundamental para poder imprimir una pieza. Los programas de corte analizan el diseño de la pieza a imprimir y lo “cortan en rebanadas” generando así el código G a utilizar. Este proceso es la guía de movimiento que la impresora debe realizar. Estos programas generan este código y lo convierten en un archivo STL que luego es leído por la máquina. Sin este proceso no sería posible una impresión capa a capa. [12]

2.9 Relleno

Según Prusa [13] los patrones de relleno son las diferentes maneras en las que un programa de corte de impresión puede generar el patrón de corte. Para generar un patrón de relleno hay que tener en cuenta la velocidad de impresión, la flexibilidad, si la pieza necesita soportes y la densidad del material a utilizar.

Entre los diferentes tipos de patrones de relleno más utilizados están:

- Relleno giroide: Su forma le da gran resistencia y permite que se pueda rellenar de otros materiales.
- Relleno cúbico: Crea un patrón de cubos lo que genera muchas bolsas de aire, haciéndolo ideal para piezas que deben flotar.
- Relleno cúbico adaptativo: A diferencia del cúbico simple, este genera cubos más grandes en el centro para ahorrar tiempo y material en piezas de gran

volumen. En las paredes exteriores genera cubos pequeños y resistentes, y en el centro cubos más grandes y menos densos.

- Relleno rectilíneo: Este patrón crea una cuadrícula rectilínea en donde cada capa va en una sola dirección y la siguiente gira 90°
- Rectilíneo alineado: Crea un patrón de líneas paralelas entre sí.
- Relleno rejilla: Es muy similar al rectilíneo, pero este va en ambas direcciones en una misma capa, acumulando material en los vértices de encuentro.
- Relleno en triángulos: Misma base sistemática del relleno de rejilla, pero este imprime en tres direcciones y no cuatro, creando patrones triangulares.
- Relleno de estrellas: Su base es un patrón de triángulos, pero al momento de cruzarse los trazos crea una figura de estrella de seis puntas.
- Relleno lineal: Misma base sistemática del relleno rectilíneo, pero no maneja trazos paralelos entre sí.
- Relleno concéntrico: Imprime líneas según el perímetro del diseño y va disminuyendo el perímetro de las líneas conforme se acerca al centro.
- Panal de abeja: Este crea un patrón conformado por hexágonos.

2.10 Resolución

La resolución de una pieza se define por el espesor de capa que se elija. Este factor puede afectar en la velocidad con la que una pieza se imprima y la calidad de resolución de esta. Entre menor sea el espesor de la capa, mayor resolución tendrá y mayor el tiempo de impresión. [14]

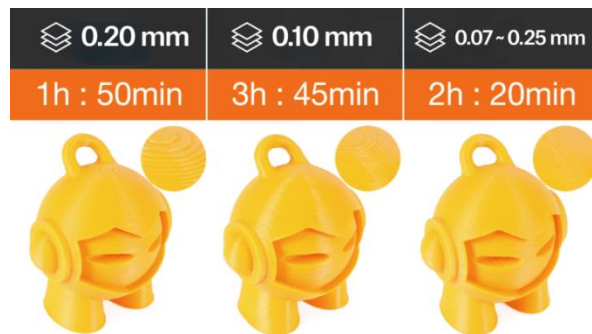


Figura 2-7. Tiempos de impresión según resolución de impresión [14]

2.11 Diagrama esfuerzo-Deformación

Los diagramas de Esfuerzo-Deformación son pruebas que se realizan sobre los materiales a utilizar para determinar si son dúctiles o frágiles. Se genera un esfuerzo sobre el material y se mide el nivel de deformación que se obtiene según el esfuerzo aplicado.

La deformación se suele medir en alargamiento y compresión, mientras que el esfuerzo se determina como la unidad de medida de fuerza por unidad de área aplicada. Estos dos componentes están relacionados por el módulo de elasticidad o Módulo de Young. [15]

2.12 Modulo Young

El Módulo de Young o módulo de elasticidad es una propiedad mecánica que permite determinar el nivel de rigidez o elasticidad de un material. Este es válido siempre y cuando el material regrese a su forma original. Este módulo se representa con la letra “E” y la fórmula para calcularlo se representa como $E = \sigma / \varepsilon$ [16]

E = Módulo de Young

σ = Esfuerzo

ε = Deformación unitaria

3. Metodología

El presente apartado tiene como objetivo establecer la metodología a utilizar durante el desarrollo del proyecto, para eso se ha decidido seguir con la metodología de Ulrich, K. y Eppinger, S. [17]

3.1.1 Establecimiento y clasificación de necesidades

Para ello como primer paso es necesario identificar las necesidades del cliente y a raíz de eso identificar el método ideal para poder solucionar las mismas. El método se va a enfocar en:

- Enfocar en que el producto cubra las necesidades del cliente.
- Identificar si hay necesidades más allá de las mencionadas por cliente
- Dar una base de datos con las especificaciones del producto explicadas
- Crear una carpeta con el registro de todos los documentos utilizados y necesidades que se dieron durante el trabajo del producto

El objetivo es crear un flujo de trabajo que facilite la comunicación entre el cliente y el desarrollador en cuando lo que se necesita trabajar. A partir de las necesidades del cliente se establecen pasos, documentación y demás necesidades para realizar el producto de manera completa. Cada flujo de trabajo de llena con diferentes requisitos según el cliente, pero para ello se pueden seguir cinco pasos establecidos por Ulrich, K. y Eppinger, S. [17]

Paso 1. Recopilar las necesidades del cliente sin procesar.

Este paso se puede hacer mediante 3 métodos: entrevista directamente con el cliente, grupos de enfoque u observación del producto en uso. Es importante recalcar que estos métodos no son excluyentes entre sí, pueden ser combinados para una mayor precisión de las necesidades existentes. Es importante registrar

esta recolección mediante grabación de voz, video, notas o cualquier otro método que ayude a dejar un precedente.

Paso 2. Interpretar datos sin procesar en términos de necesidades de los clientes

El presente paso ayuda al grupo de desarrolladores a entender cuáles son realmente las necesidades del cliente en torno al producto. Es posible que durante los métodos de recopilación el cliente pregunte posibilidades o haga sugerencias de lo que quiere, pero es necesario interpretar esas preguntas y convertirlas a enunciados según las características del producto, además de interpretar los inconvenientes que el producto actual o la falta de este generan.

Para interpretar esas necesidades, es importante seguir las siguientes reglas:

1. Redactar la necesidad en términos de lo que debe hacer el producto y no en cómo debe hacerlo.
2. Ser tan específicos como sea posible según la información recopilada.
3. Escribir afirmativamente los enunciados: lo que sí hace o tiene, no lo que carece.
4. Definir la necesidad del producto como una característica de este.
5. Evitar redactar con palabras como “debe” y “debería”

Paso 3: Organizar las necesidades en una jerarquía

Este paso es básicamente definir cuáles son las necesidades prioritarias, secundarias y terciarias de ser necesario. Para así crear una lista jerárquica de las necesidades encontradas

Paso 4. Establecer la importancia relativa de las necesidades

De la mano con el paso 3, en este paso se establece la importancia relativa de cada necesidad clasificándolas del 1 al 5. Esto ayuda a crear un flujo de trabajo según la

importancia de cada una y definir cuáles pueden ser desplazadas para los últimos pasos del proceso de creación.

Paso 5. Reflexionar en los resultados y el proceso

Luego de haber definido en enunciados las necesidades, se debe evaluar cada uno para determinar si entran en los conocimientos y posibilidades de trabajo del equipo desarrollador.

3.1.2 Especificaciones del producto

Durante la recolección de necesidades, el cliente establece estas en un lenguaje propio, pero el equipo de trabajo debe definir estas en un lenguaje comercial y definir cuáles son las posibilidades, Por eso se crean las especificaciones objetivo, que son lo que se pretende lograr. Al final del proyecto se obtienen las especificaciones finales, que son lo que realmente se logró.

Las especificaciones objetivo se pueden obtener creando matrices de métricas, haciendo tablas de comparación con la competencia y definiendo así resultados posibles.

3.1.3 Generación de Conceptos

La etapa de generación de conceptos es una mezcla entre creatividad e investigación. Para un correcto entendimiento por parte del cliente de lo que se va a realizar y establecer un proceso eficiente es necesario. Entender qué son los componentes, cuáles son los métodos que utilizar y cuáles son los fundamentos de funcionamiento del producto.

Para esto se utilizan lluvias de ideas recolectando los diferentes conocimientos del equipo desarrollador y la investigación por medios externos. Investigar medios externos puede aportar puntos de vista de expertos innovadores y diferentes.

3.1.4 Selección de Conceptos

Después de la generación de conceptos, se deben elegir los mejores para aplicar en el proyecto. Esto se hace filtrando y evaluando cada concepto, ya sea intuitiva o estructuralmente. A raíz de esto, es posible que se combinen algunos conceptos para optimizarlos o bien descartar partes de un concepto que es funcional, pero que no es óptimo en su totalidad para la producción del trabajo.

3.1.5 Prueba de Conceptos

Probar el concepto puede ser muy similar a su selección. La diferencia está que la selección del concepto es hecha por el equipo de desarrolladores, la prueba expone los conceptos a un posible público meta del cual se obtienen diferentes respuestas de entendimiento, utilidad y efectividad.

4. Desarrollo del reacondicionamiento

En este capítulo se desarrollará el proceso de reacondicionamiento de la impresora Cube Pro, esto basándose en la metodología antes descrita, siguiendo paso a paso un desarrollo adecuado para lograr cada uno de los objetivos para finalmente obtener un resultado favorable a la hora de utilizar el equipo. Para ello es necesario identificar cuáles son las necesidades del cliente, para poder establecer métricas para las necesidades fundamentales, las cuales servirán para la correcta verificación del sistema. Por ello es necesario luego analizar las capacidades del equipo disponible, para realizar un estudio de los componentes disponibles en el mercado y así determinar cuál es la mejor solución para el proyecto.

Posteriormente se procede al rediseño o diseño de componentes mecánicos según corresponda debido a la incorporación de estos nuevos componentes detallando a su vez los detalles de manufactura y ensamblaje de este, verificando un correcto movimiento de las partes a lo largo de la estructura. Y donde los cuales luego de realizadas las respectivas conexiones eléctricas, es necesario validar el correcto movimiento de los motores, para poder finalmente hacer las correcciones necesarias y poder realizar lecturas de archivos tipo código G, que resulten en el correcto funcionamiento del equipo, lo que resultará finalmente en una impresión 3D, que requerirá ser validada en sus dimensiones y calidad de impresión para poder finalmente validar el equipo.

4.1 Identificación de requerimientos y especificaciones

Al realizar una investigación adecuada con las características principales, y aspectos importantes a tomar en cuenta a la hora de adquirir una impresora, en especial impresoras de este tipo que son consideradas caseras, además de diferentes reuniones con el cliente, se logran determinar una serie de requerimientos para el proyecto por parte del cliente, los cuales permiten entender cuál es el alcance del proyecto, así como poder tener una base de cuales deben ser las

características adecuadas de la impresora, y de las impresiones como tal luego de implementado el reacondicionamiento.

Las necesidades identificadas a lo largo de entrevistas con el cliente se detallan en la Tabla 4-1, en este se clasifican las necesidades en base a su importancia. En la entrevista el cliente detalla que el equipo que dispone actualmente como reemplazo del equipo a reacondicionar, presenta mejoras notables y que sus necesidades, así como resultados esperados se basan en los resultados obtenidos. Es por ello que el cliente espera poseer un área de impresión igual a estos equipos, así mismo se espera que pueda imprimir casi tan rápido como lo hacen los equipos actuales, ya al ser un equipo más grande este considera que los desplazamientos pueden tomar más tiempo y, por tanto, los tiempos de impresión pueden incrementar, pero no significativamente.

Un punto importante por parte del cliente es considerar definitivamente la incorporación de una cama caliente al equipo, ya que la unión de las piezas impresas a esta mejora significativamente y la cantidad de piezas que presentan errores por una mala adhesión se reduce; además de realizar cambios totales en sistema del extrusor, así como la tarjeta controladora del equipo, debido a que, por cuestiones de repuestos, costo y mantenimiento de este, es imposible poder seguir con estos sistemas.

Por último, de las necesidades más críticas encontradas es que el equipo utilice un software que pueda generar los códigos G tanto para los equipos actuales, como para los equipos a reacondicionar, ya que debido a la cantidad de personas que utilizan el software, no es conveniente utilizar dos softwares debido a la carga asociada y a la curva de aprendizaje necesaria.

Tabla 4-1 Necesidades detectadas clasificadas según el cliente.

Necesidad	Importancia
1. El SD Mantiene características mínimas actuales	
1.1.El SD mantiene el área de impresión	5
1.2.El SD mantiene los tiempos de impresión actuales	4
1.3.El SD imprime la misma cantidad de materiales	4
1.4.EL SD Mantiene la calidad de impresión actual	4
1.5.El SD Mantiene la definición actual de impresión	4
1.6.El SD modifica el sistema de movimiento de ejes actual	2
1.7.El SD posee una interfaz grafica	4
2. El SD es actualizable con componentes y mejoras	
2.1.El SD utiliza un nuevo controlador	4
2.2.EL SD utiliza un nuevo extrusor	5
2.3.EL SD utiliza filamento genérico	4
3. El SD tiene la capacidad de imprimir multicolor	2
4. EL SD posee el filamento dentro de la carcasa externa	2
5. El SD es controlado mediante un Software compatible con las Impresoras Prusa	5
6. EL SD puede actualizar el firmware de una manera sencilla y sin conocimiento técnico avanzado.	4
7. El SD posee un costo bajo	3

8. El SD posee conectividad alámbrica e inalámbrica.	3
9. El SD posee cama térmica	5

El grado de importancia para las necesidades según el cliente, fue realizado en base a una escala, que se detalla en la Tabla 4-2

Tabla 4-2 Escala de importancia de necesidades.

Valor	Correspondencia
1	Indeseable
2	No es importante
3	Deseable
4	Importante
5	Imprescindible

Es importante poder medir el cumplimiento de cada una de estas necesidades en base a la importancia señalada por el cliente. Para ello es necesario poder tener requerimientos que debe cumplir el sistema y métricas para cada una de estos para poder determinar el cumplimiento de estos adecuadamente.

En la Tabla 4-3 se muestran los requerimientos que se desarrollaron, las métricas descritas corresponden al estudio previo, análisis de capacidades de los equipos como motores, sistemas controladores, y sistemas de movimiento.

Tabla 4-3 Métricas con valores objetivo.

No.	Métrica	Imp	Unidad	Valor Marginal	Valor Ideal
1	Desplazamiento Eje X	5	mm	250	>250
2	Desplazamiento Eje Y	5	mm	210	>210
3	Desplazamiento Eje Z	5	mm	210	>210
4	Velocidad en eje X	4	m/s	150	>150
5	Velocidad Eje Y	4	m/s	150	>150

6	Velocidad Eje Z	4	m/s	10	>10
7	Velocidad Eje E	4	m/s	80	>80
8	Aceleración Eje X	4	m ² /s	800	>800
9	Aceleración Eje Y	4	m ² /s	800	>800
10	Aceleración Eje Z	4	m ² /s	150	>150
11	Aceleración Eje E	4	m ² /s	2000	>2000
12	Impresión en PLA	4	Binario	Si	Si
13	Impresión ABS	4	Binario	Si	Si
14	Impresión en PETG	4	Binario	Si	Si
15	Impresión en TPU	4	Binario	Si	Si
16	Tolerancia Dimensional (Eje X, Y, Z)	4	mm	0.3mm	<0.3 mm
17	Tolerancias Geométrica (Impresión)	4	Binario	Pasa	Pasa
18	Desplazamiento Mínimo en Z	4	mm	0.1mm	<0.1mm
19	Interfaz grafica	4	Binario	Si	Si
20	Nueva tarjeta controladora	5	Binario	Si	Si
21	Nuevo extrusor	5	Binario	Si	Si
22	Uso de filamento genérico	4	Binario	Si	Si
23	Software compatible	5	Binario	Si	Si
24	Actualización Simple	4	Binario	Si	Si
25	Bajo Costo	3	Dólares	5000	<5000
26	Conectividad alámbrica e inalámbrica.	3	Binario	Si	Si
27	Cama térmica	5	Binario	Si	Si

En la

Tabla A-3 y la Tabla 8-4 se pueden encontrar primeramente la relación entre las métricas y cada una de las necesidades que se determinaron eran necesarias en el proyecto, además de encontrar la respectiva justificación de cada uno de los valores objetivo, basada en comentarios por parte del cliente, investigación previa, y el equipo disponible en el laboratorio

4.2 Identificación de capacidades

Las necesidades identificadas luego de la entrevista con el cliente permiten establecer una serie de capacidades mínimas de los equipos a utilizar con el fin de cumplir con las métricas establecidas anteriormente. Para ello se establece un listado de partes en las cuales se determinará si cumplen o no con los requerimientos específicos y, posteriormente, un análisis de los componentes encontrados en el mercado tanto nacional como internacionalmente, que puedan cumplir adecuadamente las necesidades del proyecto.

4.2.1 Identificación de equipo a mantener

Es importante primero analizar las capacidades actuales del equipo y partes mecánicas que se encuentran en la Cube Pro, para ello fue necesario realizar una identificación de las partes y un desarme del equipo para poder acceder a los mismos y poder verificar sus características.

Primeramente, se encuentra el frame de la impresora el cual se muestra en la Figura 4-1, el cual permite el movimiento en los 3 ejes coordenados de la misma. Este se observa en excelentes condiciones, además de ser un sistema fabricado en acero y aluminio, lo cual parece un excelente diseño por su robustez. Este es un equipo que se decide mantener ya que es una de las principales características favorables del equipo.

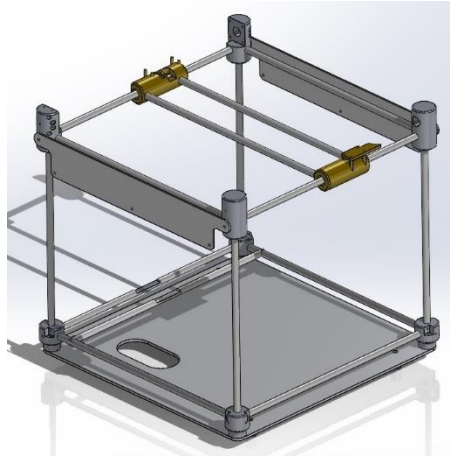


Figura 4-1 Frame Impresora Cube Pro. Elaboración Propia

Seguidamente, se tiene la fuente de poder de la impresora la cual produce 24 V a su salida, con un consumo de un máximo de 700W según [18], lo cual es consistente con las impresoras actuales disponibles en el laboratorio, y por lo cual se considera que es bastante adecuado mantener la fuente de poder.

La tarjeta controladora es uno de los elementos principales a sustituir, especialmente debido a que esta no es una tarjeta con código abierto, lo cual imposibilita realizar cambios en el control de esta, por tanto, realizar los cambios en el extrusor y en el sistema de detección de filamento resulta imposible, lo que hace necesario realizar el cambio de esta.

El sistema de extrusión es el factor principal por el cual el mantenimiento del equipo era extremadamente costoso, debido a que el repuesto del termistor o boquilla incluía todo el extrusor como tal, esto incrementaba en exceso de costos, así como la dificultad de encontrar los mismos luego de discontinuación por parte de la casa matriz del equipo. El extrusor se muestra en la Figura 4-2, donde se puede observar que el hotend del mismo posee una sección de cerámica, donde se encuentra inmerso el termistor, lo cual dificulta su replicación, además de lo costosa que sería la misma al no ser una producción en masa.

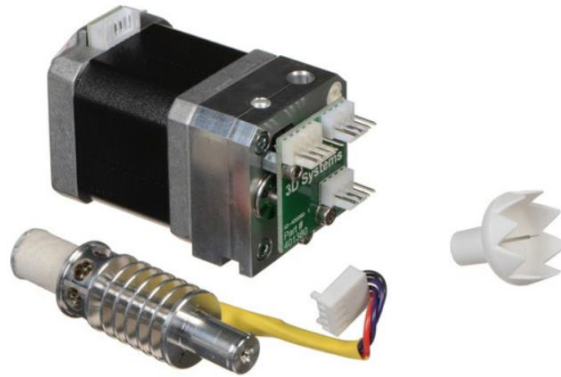


Figura 4-2 Kit Extrusor Cube Pro [19]

Los últimos componentes críticos son los motores stepper, los cuales son los encargados junto con la tarjeta de asegurar el correcto funcionamiento de la impresora, ya que estos tienen características específicas que pueden asegurar movimientos precisos en todo su funcionamiento. Las características según la hoja de datos [20] de los motores que controlan el eje X y Y son motores Nema 17 con un ángulo de giro de 1.8 grados, una resistencia de 1.9 ohm y una corriente máxima de 1.68 A.

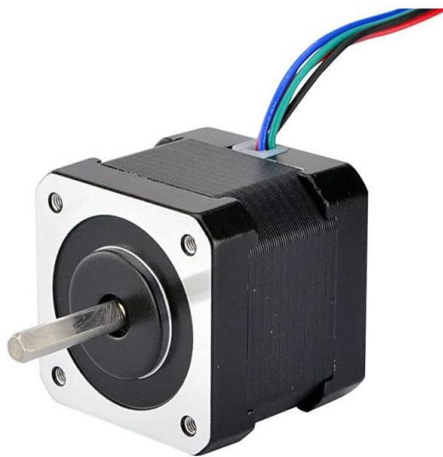


Figura 4-3 Stepper Motor Cube Pro [20]

Mientras que el motor encargado de controlar el eje Z, según los datos suministrados por el fabricante [21] es un motor Nema 23 con un ángulo de giro de 1.8 grados y una corriente máxima en su conexión bipolar en serie de 2.1 A.

Estos motores, aunque se encuentran en un buen estado, el cliente señala que de ser posible se realice el cambio de estos, debido a que estos son bastante más ruidosos que los motores que se disponen actualmente en los equipos del laboratorio, y que no ve que signifiquen un aumento muy grande en el presupuesto del proyecto como tal.

Los demás componentes encontrados en la Cube Pro, prácticamente se descartan, debido a los requerimientos señalados por el cliente, como lo son la cama de impresión, el calentador de la impresora, el relay de activación del calentador, así como la pantalla de esta, ya que al ser necesario un cambio en la tarjeta controladora y al no ser un equipo con licencia abierta, no es posible determinar cuál es el diagrama de conexiones para la alimentación y comunicación de la interfaz gráfica.

4.2.2 Selección de componentes a reemplazar

Para poder realizar una adecuada selección de componentes, es necesario realizar una descomposición funcional del proyecto, que se puede observar de una manera básica en la Figura 4-4, donde la impresora recibe la alimentación de energía, el material en forma de filamento, y las señales que en este caso son el código G y las instrucciones para la impresión o movimiento de ejes.



Figura 4-4 Descomposición Funcional Primaria de una impresora 3D

Una impresora se divide en pequeños subsistemas, esto se observó en el diagnóstico realizado a los componentes que se encontraban dentro de la Cube Pro, por ello es necesario poder identificarlos, para poder analizar cada uno por separado para evitar la complejidad de trabajar como un solo sistema como tal. En la Figura 4-5 se puede observar cada uno de los principales subsistemas, donde la energía es recibida completamente por parte de la fuente de poder y esta se encarga de distribuirla a la cama caliente y a la tarjeta controladora, que a su vez se encarga de distribuir la energía a los demás sistemas, así como enviar y recibir señales de todos estos para, de esta manera, poder controlar cada uno de los parámetros de impresión y movimiento de la impresora.

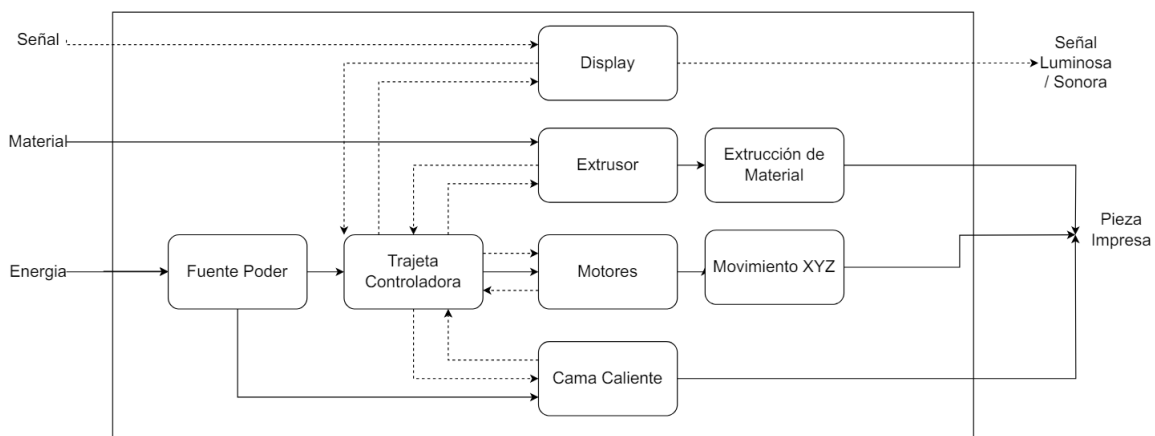


Figura 4-5 Descomposición Funcional Secundaria de una impresora 3D

La tarjeta controladora se encarga de controlar los sistemas del display, extrusor, motores y cama caliente. El display recibe el código G y las señales por parte del usuario para poder controlar la impresora. Por su parte el extrusor recibe las señales para el calentamiento del hotend, del movimiento del extrusor y ventiladores y envía valores de la temperatura adecuada de los ventiladores de impresión, por último, la cama caliente recibe la información de la tarjeta controladora, y envía datos sobre la temperatura de esta.

Finalmente, se combinan todos los sistemas y se produce una pieza impresa en base al código G recibido, además se genera la salida de una señal lumínica y sonora por parte del display, no solo al final de la impresión, sino durante esta. Si

algún parámetro se sale de rango, se genera de esta manera un error en la impresión.

Al tener esta descomposición funcional se puede generar una serie de conceptos para la posible solución del problema en cuestión, para ello fueron seleccionados cuatro de los principales proveedores de impresoras 3D en el mundo de una gama similar a la Cube Pro y a la Prusa MK3, que son las impresoras de las cuales se obtienen por parte del cliente y del estudio previo las necesidades y los valores objetivo.

Estas cuatro marcas son:

- Sovol
- Prusa
- Siboor
- Creality

Las 4 marcas poseen distintos modelos de impresoras, que satisfacen desde las necesidades más básicas y hasta las más avanzadas, por lo cual también es necesario poder determinar cuáles son los modelos, accesorios y piezas de recambio de estas que más se acercan a los alcances del proyecto, esto con el fin de disminuir la cantidad de conceptos a evaluar debido a que exceden completamente las capacidades solicitadas, o porque no las cumplen adecuadamente.

En la Tabla 4-4 se puede observar la selección de modelos de impresora 3D, de los cuales se seleccionan los componentes para sustituir en la Cube Pro. Debido a que son los modelos que son más similares en las capacidades requeridas, se les asigna una letra para poder catalogar más fácilmente los distintos conceptos.

Tabla 4-4 Modelo de impresora seleccionado según marca

Marca	Modelo Seleccionado	Concepto
Sovol	Sovol SV07	A
Prusa	MK4	B
Siboor	Voron 2.4	C
Creality	Ender 6	D

Es importante poder conocer las características principales de cada uno de estos modelos para determinar en cuales parámetros destacan y en cuales no, para de esta forma poder determinar la mejor combinación de componentes. Sin embargo, realizar esta combinación de piezas de distintos fabricantes incrementa significativamente la complejidad del proyecto, no solo por las adaptaciones necesarias para las conexiones y comunicación entre los distintos dispositivos, sino que puede afectar en los tiempos de desarrollo del proyecto.

Sumado a esto, se incrementa la complejidad a la hora de realizar actualizaciones al equipo, lo cual es una necesidad del cliente, y también los distintos planes de mantenimiento que puedan tener cada uno de los equipos. Es un aumento significativo en el conocimiento por parte de la persona encargada de este proceso, además que para futuros problemas que pueda presentar el equipo no existen datos o ejemplos similares ya que esta sería una combinación única.

Es por ello que solo se va a tomar en cuenta las capacidades de los sistemas completos como tal y se van a adquirir las piezas de estos modelos en su totalidad para que se pueda facilitar posteriormente su mantenimiento, remodelaciones, actualizaciones y la solución de problemas. Aunque es un sistema completamente diferente, se tiene en cuenta que los problemas que pueden surgir con el uso del equipo se puedan solucionar en foros, o por experiencia propia de otros usuarios del modelo seleccionado.

Es por ello que en la *Tabla 4-5* se detallan las principales características de la impresora, en base a las necesidades del cliente. Estos datos fueron determinados en base a la página oficial de cada uno de los fabricantes.

Tabla 4-5 Características de los modelos de impresora seleccionados

<i>Características</i>	Sovol SV07 [22]	MK4 [23]	Voron 2.4 [24]	Ender 6 [25]
<i>Área de Impresión</i>	220x220x250	210x250x210	300x300x290	250x250x400
<i>Velocidad</i>	500m/s	500m/s	600mm/s	150mm/s
<i>Aceleración</i>	N/A	9000mm/s ²	N/A	N/A
<i>Materiales Básicos</i>	Si	Si	Si	Si
<i>Tolerancia Dimensional</i>	+/- 0.1mm	+/-0.1mm	+/-0.1mm	+/-0.1mm
<i>Interfaz Grafica</i>	Si	Si	Si	Si
<i>Filamento Genérico</i>	Si	Si	Si	Si
<i>Software Compatible</i>	Si	Si	SI	Si
<i>Conectividad Inalámbrica</i>	Si	Si	Si	No
<i>Cama Caliente</i>	Si	Si	Si	Si

En la *Tabla 4-5* se puede observar que todos los modelos cumplen adecuadamente con las necesidades del cliente. Para finalmente poder seleccionar un concepto ganador, es necesario realizar una evaluación de estos en base a distintos criterios que permitan clasificarlos y, en base a eso, seleccionar el mejor de todos.

Es por ello que en la Tabla 4-6 y la Tabla 4-7 se muestra el proceso de selección del concepto ganador, donde se utilizan los componentes de este para poder realizar el reacondicionamiento de la impresora. Como puede observarse, los criterios de selección son básicos, y lo que principalmente definió la decisión fue el trabajo previo por parte del laboratorio de equipos de esta marca, además de contar con proveedores locales tanto para la compra de equipos como repuestos en caso de ser necesario. Este punto es fundamental, ya que, a lo largo del desarrollo de los estudios de concepto, se verificó que la compra de materiales, equipo y repuestos de manera internacional requiere de un proceso largo y complicado por parte de las personas encargadas, lo cual terminó inclinando la decisión entre los conceptos evaluados.

Tabla 4-6 Matriz de selección de conceptos

Criterio	Concepto			
	A	B	C	D
Facilidad de Uso	0	+	0	+
Adaptabilidad	+	+	+	+
Simplicidad de Diseño	0	0	0	0
Capacidad de Mejora	-	+	+	-
Facilidad de Mantenimiento	0	+	0	0
Facilidad de compra de componentes	-	+	-	+
Facilidad de Compra de repuestos	-	+	-	+
Suma +	1	6	2	4
Suma -	3	0	2	1
Suma 0	3	1	3	2
Evaluación Neta	-2	6	0	3
Lugar	4	1	3	2
¿Continuar?	No	Si	No	Si

Tabla 4-7 Matriz de Evaluación de conceptos

		Concepto			
		B		D	
Criterio	Peso	Cal	Pond	Cal	Pond
Facilidad de Uso	10%	5	0.5	4	0.4
Adaptabilidad	15%	4	0.6	4	0.6
Simplicidad de Diseño	10%	5	0.5	4	0.4
Capacidad de Mejora	20%	5	1.0	3	0.6
Facilidad de Mantenimiento	10%	4	0.4	4	0.4
Facilidad de compra de componentes	15%	5	0.75	4	0.6
Facilidad de Compra de repuestos	20%	4	0.8	4	0.8
Total de puntos		4.55		3.8	
Lugar		1		2	
¿Continuar?		Si		No	

El concepto ganador, fue el concepto B, el cual corresponde a componentes de la impresora MK4, de Prusa, el cual se espera cumpla con requerimientos solicitados, debido a que esta es una versión posterior y más actualizada de las impresoras disponibles en el laboratorio. La disponibilidad de los componentes a la hora de realizar la compra resultó en un menor tiempo de entrega si se compraba un kit con todas las piezas necesarias, y otros componentes como la fuente y la heatbed, que comprar únicamente los componentes necesarios específicamente. A su vez el cliente indica que las piezas no utilizadas pueden funcionar de repuesto para otros equipos, por lo cual no existe un desperdicio de componentes ni dinero como tal.

4.3 Diseño Mecánico

El diseño de mecánico de la impresora reacondicionada es fundamental, no solo para poder acondicionar los nuevos componentes a instalar, sino para posteriores

mejoras, actualizaciones y, en general, replicar el proyecto en equipos que se encuentren en la misma situación. Es importante realizar un correcto diseño de las piezas, pero también es fundamental seleccionar un adecuado método de manufactura y una adecuada selección del material a utilizar.

4.3.1 Diseño de Piezas

La impresora como tal tuvo que ser dibujada en SolidWorks, esto con el fin de facilitar futuros cambios y modificaciones. Debido a que el producto está discontinuado, no se encuentran sólidos como tal, por tanto, se recurrió a buscar en alguna plataforma el diseño del mismo y se encontró un diseño de Dallas Holmes [26], el cual se verificó que cumpliera adecuadamente con las medidas reales especialmente del frame y carcasa que eran las partes a conservar principalmente. Este diseño puede encontrarse en la plataforma GrabCad de forma gratuita.

Es importante destacar que algunas de estas piezas aun así requirieron rediseño, ya que para poder instalar los nuevos componentes eran necesarias pequeñas modificaciones en las piezas. A continuación, se detalla un listado total de las piezas en la Tabla 4-8 indicando cada una de las piezas utilizadas en el proyecto, señalando si tuvieron que ser rediseñadas o diseñadas, se detalla si están sometidas a fuerzas que puedan afectar la integridad del proyecto, para poder realizar el estudio correspondiente de esfuerzos y determinar su factor de seguridad.

Otro punto importante, es que en esta tabla se incluyen las piezas originales de Prusa [27] para el extrusor, el cual se va a utilizar casi tal cual. Para evitar cualquier modificación que pueda afectar con el tiempo la calidad de la impresión, solo se realizará un sistema para poder unir el extrusor al sistema de movimiento del eje X

Tabla 4-8 Piezas de la Cube Pro Reacondicionada

No	Nombre	Rediseñadas	Diseñadas	¿Análisis de Esfuerzos?
1	Carcasa Externa	No	No	No
2	Borde Posterior	No	No	No
3	Tapa Superior	No	No	No
4	Puerta	Si	No	No
5	Tapa Posterior	Si	No	No
6	Estructura Interna	No	No	No
7	Rear Z Axis Support	Si	No	No
8	Z Axis Support Arm	No	no	No
9	Front Plate Holder	No	No	No
10	Rear Plate Holder	No	No	No
11	Z Nut Adapter	No	Si	No
12	Z Axis Bearing Holder	No	No	No
13	Plate	Si	No	No
14	X Axis Tensioner	No	Si	Si
15	X Axis Driven Pulley Holder	No	Si	Si
16	X Axis Left Support	No	Si	No
17	X Axis Motor Holder	No	Si	Si
18	X Lower Spacer	No	Si	No
19	X Upper Spacer	No	Si	No
20	Y Axis Tensioner 1	No	Si	No
21	Y Axis Tensioner 2	No	Si	No
22	Left Axis Belt Holder	No	Si	No
22	Left Axis Belt Support	No	Si	No
23	Right Y Axis Belt Holder	No	Si	No
24	Right Y Axis Belt Support	No	Si	No
25	Y Lower Spacer	No	Si	No

26	Y Upper Spacer	No	Si	No
27	Z Nut Adapter Nema 17	No	Si	Si
28	Z Axis Motor Support	No	Si	No
29	Z Axis Motor Support Clip	No	Si	No
30	Fan-Door-R2	No	No	No
31	Fan-Shroud-R2	No	No	No
32	Idler-Lever-A-R2	No	No	No
33	Idler-Lever-B-R2	No	No	No
34	Idler-Nut-R2	No	No	No
35	Idler-Swivel-R2	No	No	No
36	LoveBoard-Cover-Right-R2	No	No	No
37	Main-Plate-R2	No	No	No
38	PG-case-R3	No	No	No
39	PG-Assembly-Adapter-MK4-R1	No	No	No
40	Prusa X Carriage Modified	Si	No	No
41	Extruder Back Plate	No	Si	No
42	Extruder X Carriage Clip	No	Si	No
43	Prusa LoverBoard-Cover Modified	Si	No	No
44	Filament-Cable Support	No	Si	No
45	Filament Acrylic Holder	No	Si	No
46	Filament Support Bar	No	Si	No
47	Power Suply Entry Support	No	Si	No
48	Lower Hose Support	No	Si	No
49	Old 110V Cavity Cover	No	Si	No
50	Old USB Cavity Cover	No	Si	No
51	Switch Case	No	Si	No
52	Switch Case Top	No	Si	No
53	Lower Variable Spacer 2	No	Si	No
54	Upper Variable Spacer 2	No	Si	No
55	X Lower Variable Spacer	No	Si	No
56	X Upper Variable Spacer	No	Si	No

57	Y Lower Variable Spacer	No	Si	No
58	Y Upper Variable Spacer	No	Si	No
59	EI-box-cover-R3	No	Si	No
60	PSU-Cover-R2	No	No	No
61	Wifi-Cover-R2	No	No	No
62	LCD Cover	No	Si	No
63	Coupler for LCD Cover	No	Si	No
64	XLCD-knob-R2	No	No	No
65	Acrylic Cover	Si	No	No
66	Back Plate	Si	No	No
67	Filament Support	No	Si	No
68	Headtbed-Cable-holder-R2	No	No	No
69	Heatbed-cable-cover-bottom-R2	No	No	No
70	Heatbed-Cable-cover-Top Modified	Si	No	No

El diseño de las piezas se dividió en cada sistema coordinado, extrusor, heatbed y carcasa en general, esto para poder realizar el diseño paso a paso de cada sistema y facilitar el ensamblaje final en SolidWorks, además que el manual de manufactura que se encuentra en el Anexo B.1, también realiza el ensamblaje por subsistemas, esto con el fin de permitir que el armado como el desarmado para posibles cambios o mantenimiento pueda hacerse de una manera ordenada y sistemática.

Debido a que el sistema de movimiento coordinado se encontraba funcional, el diseño se basó principalmente en el diseño de piezas de acoplamiento para los nuevos componentes a utilizar como lo son motores, extrusor, heatbed, e interfaz gráfica; a su vez fue necesario diseñar sistemas para regular la tensión de las correas de manera simple como el que posee el sistema de la Prusa MK4. Para eso se utilizaron sistemas de ajuste mediante un tornillo que tensa las correas según corresponda.

4.3.2 Selección de Método de Manufactura

El método de manufactura que se eligió fue el de impresión 3D debido a una gran cantidad de factores que favorecen la rápida creación de prototipos, la disponibilidad en el laboratorio, así como la buena calidad y resistencia de las piezas fabricadas por este método. Prueba de ello es que de todos los modelos seleccionados como conceptos utilizan piezas impresas 3D para la sujeción de sus componentes.

4.3.3 Selección de Material

Es importante seleccionar adecuadamente el material de impresión, ya que como se pudo observar en la sección 2.6, las características de estos pueden diferir en gran medida en especial en presencia de químicos y la temperatura. Realizando una investigación más profunda sobre los materiales en la página de Prusa [28], se puede observar que el PETG resiste un poco más la temperatura que el PLA, pero realmente ninguno de los componentes a manufacturar está expuesto a temperaturas altas, además del Fan-Shorund-R2, que es una pieza original de Prusa y la cual viene incluida con la compra de componentes realizada debido a que esta se fabrica en material ASA, el cual resiste aún más la temperatura.

A la hora de realizar la impresión 3D de cualquier pieza, es fundamental verificar ciertos puntos como lo son el relleno y el patrón de este, lo cuales afectan directamente las capacidades de las piezas impresas. Es por ello que, en base a los resultados obtenidos por Araya, F [29], con materiales del laboratorio y utilizando el relleno del tipo Giroide para sus probetas, se determina que el mejor material en la prueba de tracción es el PLA. Estos datos se pueden verificar en la Figura 4-6, la cual muestra que el mejor material es el PLA al 100% pero, si se compara con el PLA a un 40%, el valor promedio del Módulo de Young no es significativamente menor.

Ranking Módulo Young Promedio (GPa) (Tracción)					
No.	Material	Promedio	Min.	Máx.	Desv. Est.
1	PLA 100% 90°	1.49	1.47	1.52	0.02
2	PLA 100% 45°	1.48	1.47	1.50	0.01
3	ABS 100% 45°	1.22	1.21	1.24	0.01
4	ABS 100% 90°	1.22	1.20	1.23	0.01
5	PETG 100% 45°	1.12	1.10	1.14	0.02
6	PETG 100% 90°	1.11	1.10	1.15	0.02
7	PLA 40% 90°	1.11	1.07	1.14	0.03
8	PLA 40% 45°	1.03	1.01	1.05	0.01
9	ABS 40% 90°	0.87	0.85	0.89	0.02
10	ABS 100% Vertical	0.87	0.85	0.90	0.02
11	PETG 40% 90°	0.84	0.82	0.86	0.01
12	PETG 100% Vertical	0.83	0.57	0.93	0.15
13	PLA 100% Vertical	0.82	0.79	0.84	0.02
14	ABS 40% 45°	0.80	0.79	0.82	0.01
15	PLA 40% Vertical	0.80	0.73	0.85	0.04
16	PETG 40% 45°	0.74	0.71	0.77	0.03
17	PETG 40% Vertical	0.54	0.51	0.56	0.02
18	ABS 40% Vertical	0.49	0.46	0.51	0.02

Figura 4-6. Ranking Modulo Young Promedio [29]

Es por ello que se decide imprimir los componentes en PLA, debido a la calidad que usualmente ofrecen las piezas impresas en este material, además de la variedad disponible de colores en el laboratorio, lo cual permite hacer más agradable a la vista el diseño de esta. Y con un relleno del 40% del tipo Giroide, ya que como señala Prusa 3D [13], este tipo de relleno posee una muy buena resistencia.

4.3.4 Verificación de Piezas

En este apartado se van a analizar las piezas que anteriormente se definieron que estaban sometidas a cargas que podían comprometer la fiabilidad del diseño y del material seleccionado, es por ello que se van a realizar las respectivas simulaciones para determinar que las piezas pueden soportar las cargas a las que van a estar sometidas, y aun así poseer factores de seguridad aceptables para que factores como la fatiga tampoco signifiquen un riesgo en la pieza.

- X Axis Tensioner

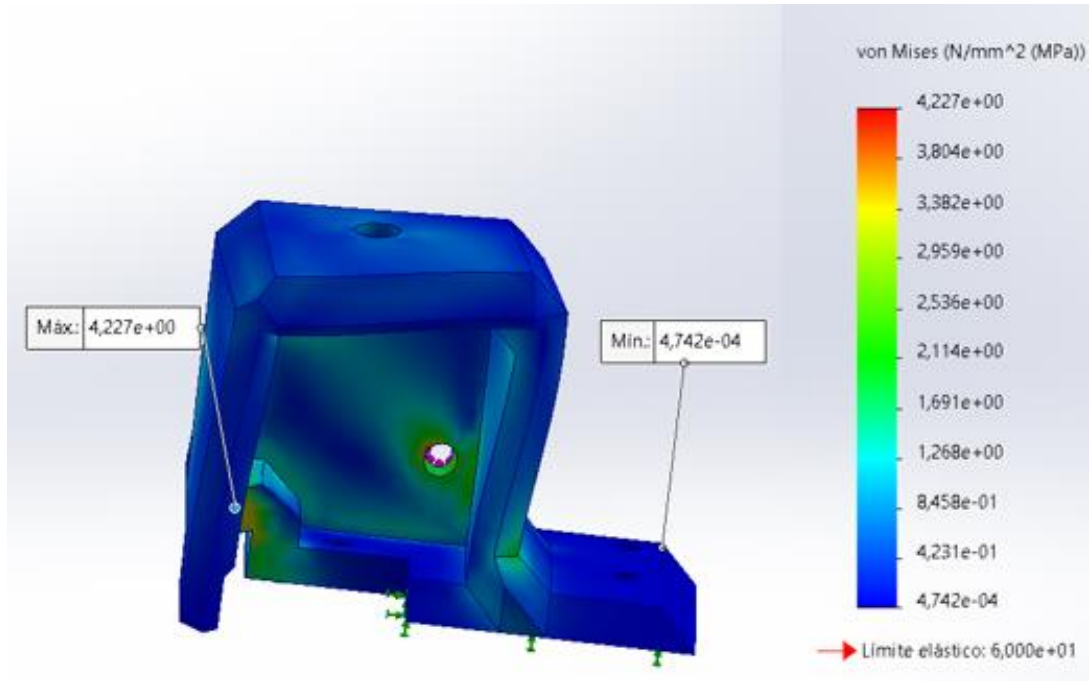


Figura 4-7 Análisis estático de esfuerzos del X Axis Tensioner

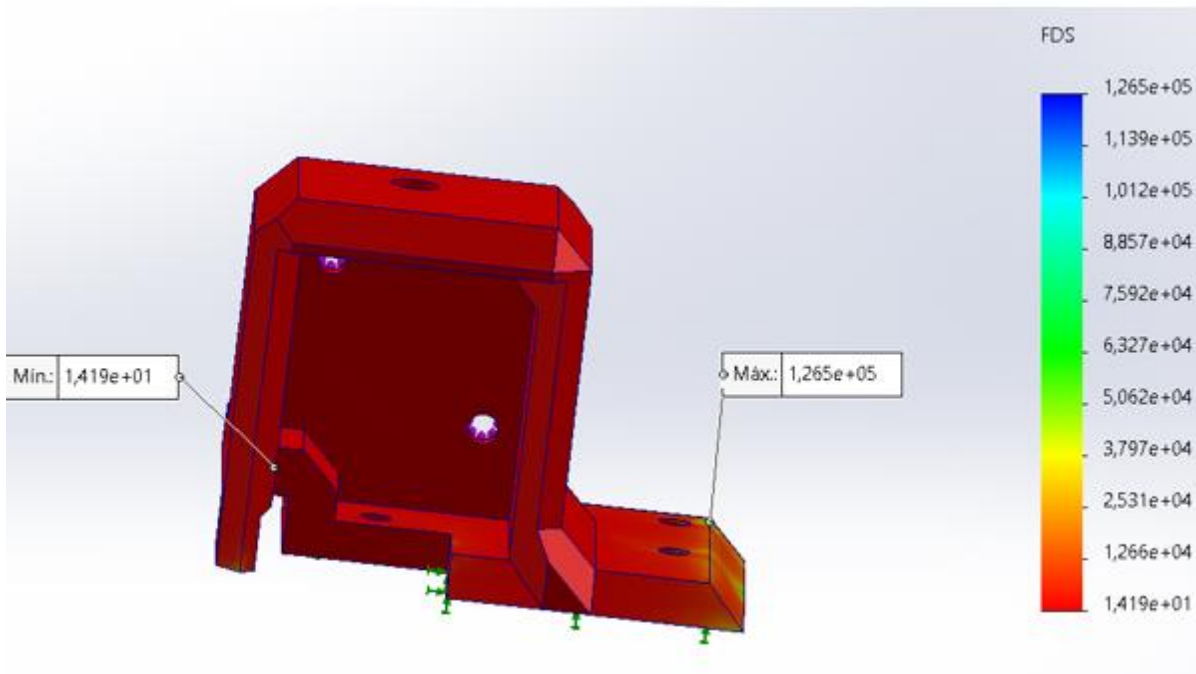


Figura 4-8 Factor de Seguridad del Análisis Estático del X Axis Tensioner

- X Axis Driven Pulley Holder

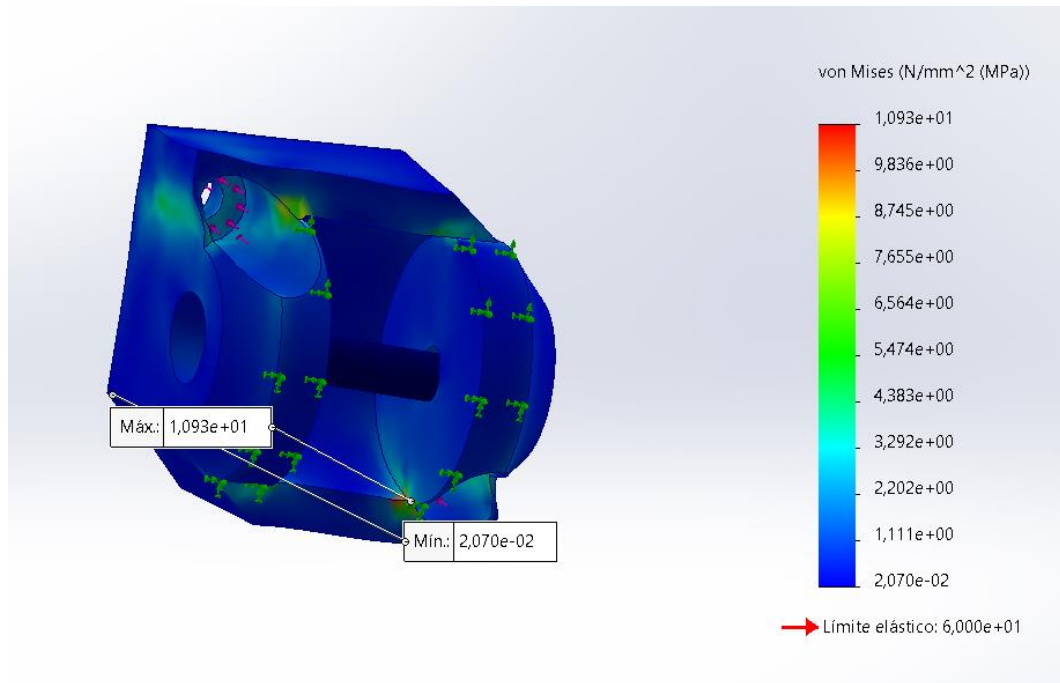


Figura 4-9 Análisis estático de esfuerzos del X Axis Driven Pulley Holder

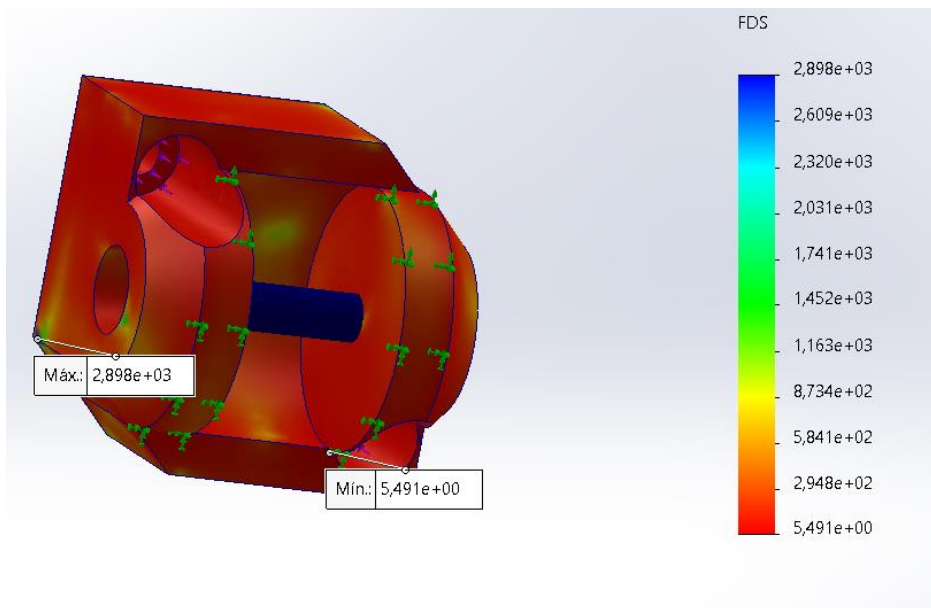


Figura 4-10 Factor de Seguridad del Análisis Estático del X Axis Driven Pulley Holder

- X Axis Motor Holder

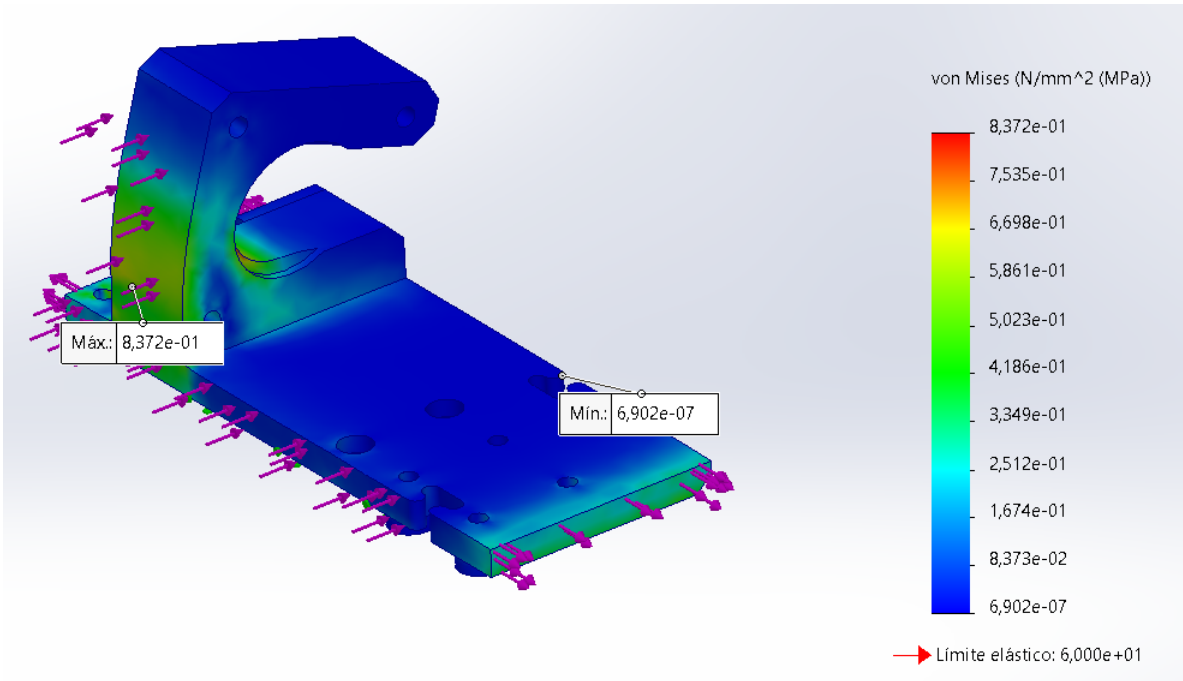


Figura 4-11 Análisis estático de esfuerzos del X Axis Motor Holder

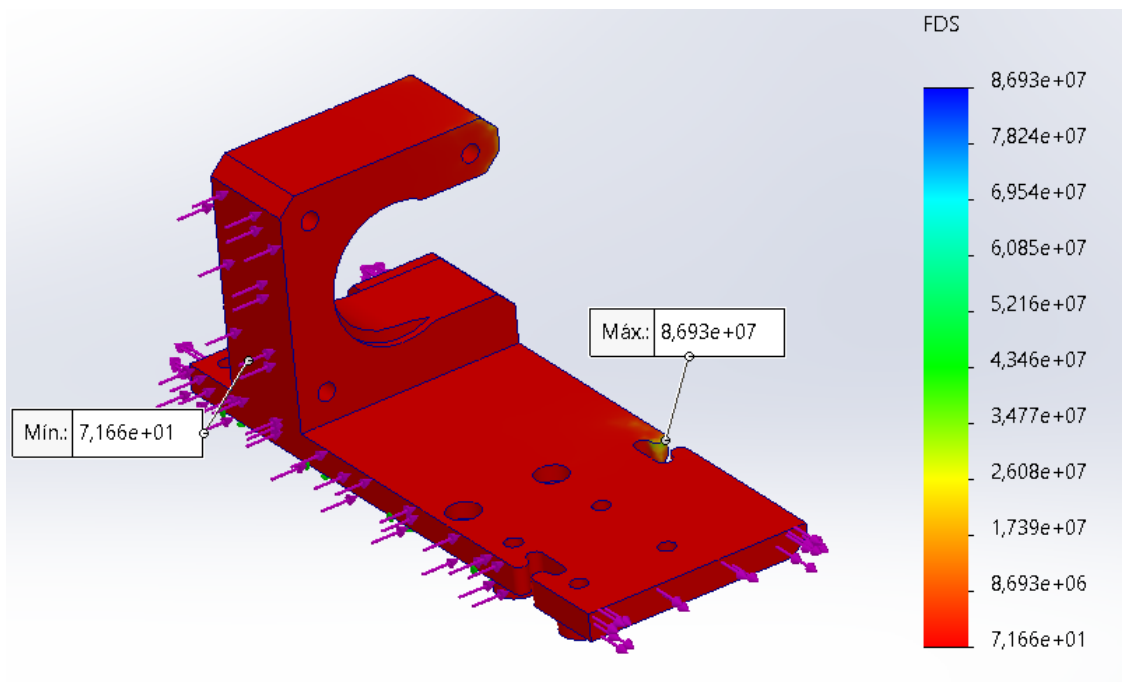


Figura 4-12 Factor de Seguridad del Análisis Estático del X Axis Motor Holder

- Z Nut Adapter Nema 17

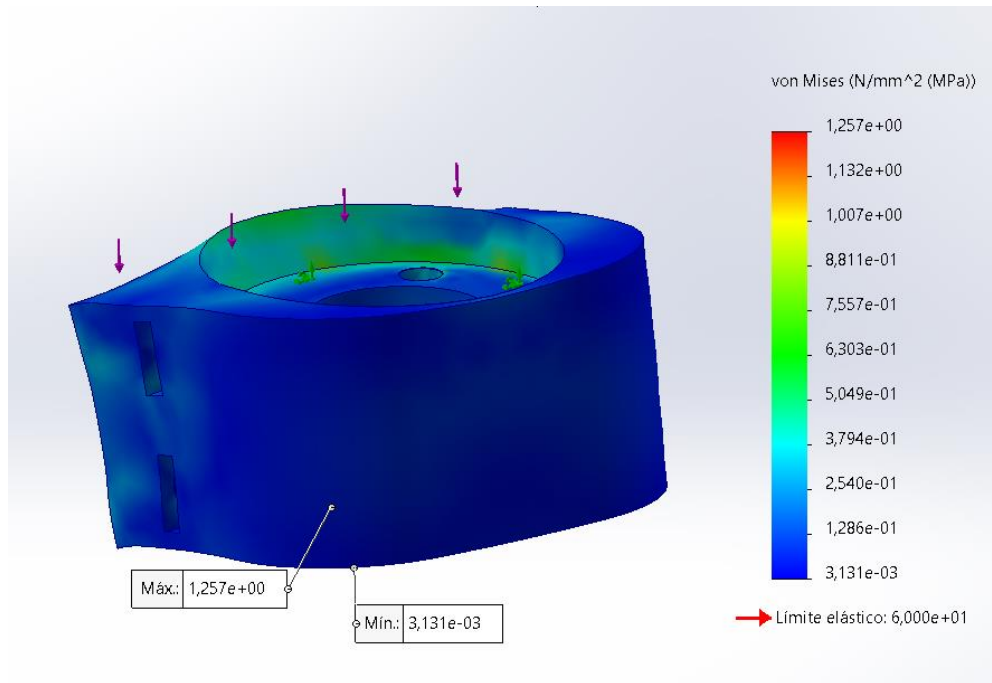


Figura 4-13 Análisis estático de esfuerzos del Z Nut Adapter Nema 17

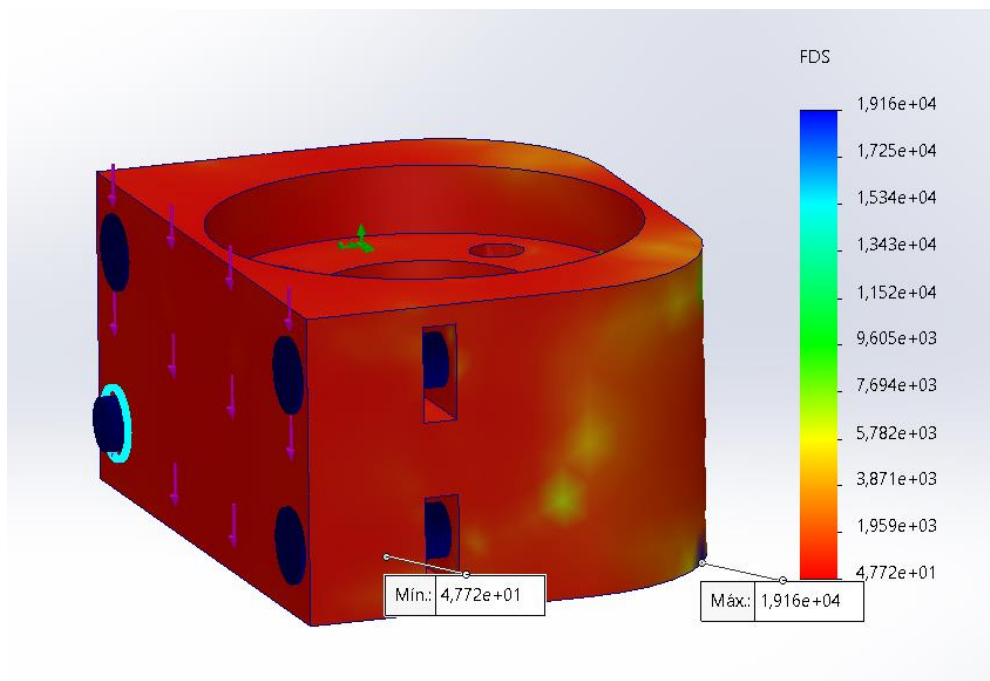


Figura 4-14 Factor de Seguridad del Análisis Estático del Z Nut Adapter Nema 17

Estas piezas a las que se les hizo un análisis estático de esfuerzos, con cargas de aproximadamente 60N, que corresponden a la mitad del peso del eje Z para el cual el Z nut adapter Nema 17 va a estar sometido, y un valor sobredimensionado sobre la fuerza que genera la correa a la hora de estar tensionada en cada uno de los ejes.

Como puede observarse en la Figura 4-7 a la Figura 4-14, los análisis realizados a cada una de las piezas, donde primeramente se muestra el análisis estático de esfuerzos (Imágenes en azul) para determinar los puntos donde la pieza está sometida a la mayor carga, y posteriormente los factores de seguridad (Imágenes en Rojo) de estos análisis estáticos, se puede observar que la pieza con el factor de seguridad más bajo es el X Axis Driven Pulley Holder, esto debido a lo delgadas de sus paredes y la fuerza a la que está sometida. Sin embargo, el factor de seguridad de esta pieza supera los 5, lo cual indica que la pieza puede soportar sin problemas estas cargas

En el Anexo B.2 se puede observar todo el manual de manufactura de cada una de las piezas, donde se indican los parámetros de impresión como el relleno, tipo de relleno, resolución, si llevan soportes, así como una imagen con la correcta orientación de impresión de esta, esto con el fin de garantizar que las piezas soportes las cargas adecuadamente.

4.4 Ensamblaje del Sistema

Luego de la correcta verificación de las piezas y todo el diseño adecuado, es necesario realizar el ensamblaje de la impresora como tal para poder verificar el correcto funcionamiento y cumplimiento con el área de impresión mínimo solicitado. Es por ello que el ensamblaje de la impresora se divide en diferentes subsistemas, con el fin de identificar los posibles fallos de una manera más simple.

En el Anexo B.1 se muestra todo el manual de ensamblaje de la impresora paso a paso, en este apartado se detalla que es lo que incluye cada uno de los apartados, de la parte mecánica.

4.4.1 Ensamblaje Eje Z Y Heatbed

Este ensamblaje incluye el armado del eje Z como tal, con sus dos motores, así como las adaptaciones necesarias para poder realizar la incorporación de la cama caliente. A su vez en el mismo plano de ensamblaje se muestran las modificaciones realizadas a la base del frame para poder unir los componentes electrónicos como lo son la fuente de poder y la tarjeta controladora.

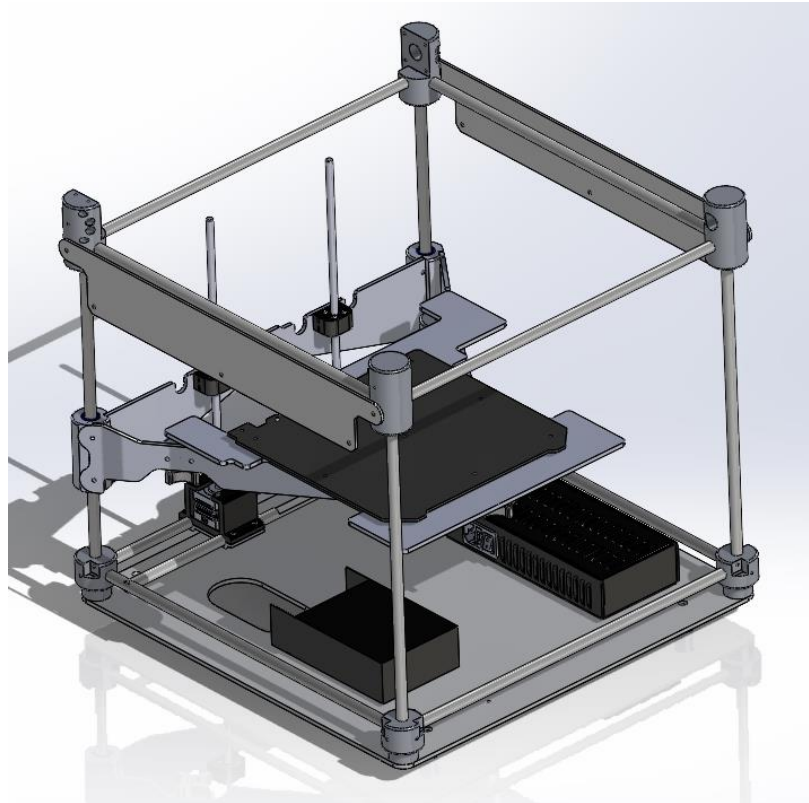


Figura 4-15 Ensamblaje Eje Z y Heatbed en el frame. Elaboración Propia

4.4.2 Ensamblaje Eje X y Y Carriage

El ensamblaje del Eje X y Y se toma como un solo sistema, debido a que las piezas se utilizan para ambos ejes, esto con el fin de hacer más pequeño el sistema sin que existan interferencias. Este sistema se puede observar en la Figura 4-16. En este apartado se muestra la colocación de los dos motores del eje Y, así como la tensión de sus poleas en ambos extremos, para instalar el motor del eje X y todo el

X Carriage, y ajustar la tensión de su polea. Se puede observar en la Figura 4-17 que esta instalación del carriage del eje X permite que instalar el extrusor sea muy sencillo y sin necesidad de realizar mayores desarmes en el equipo.

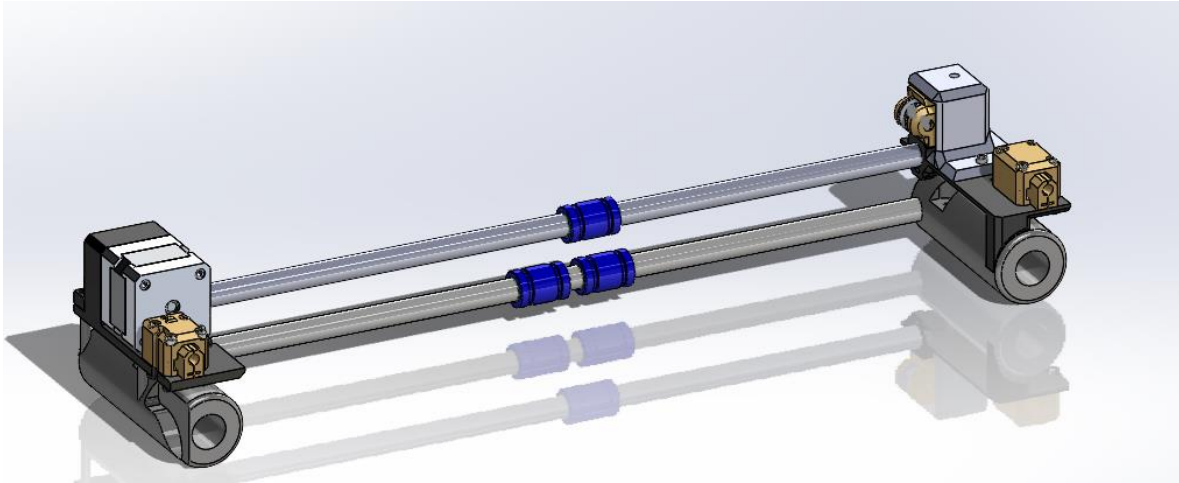


Figura 4-16 Eje X y Carriage Eje Y. Elaboración Propia

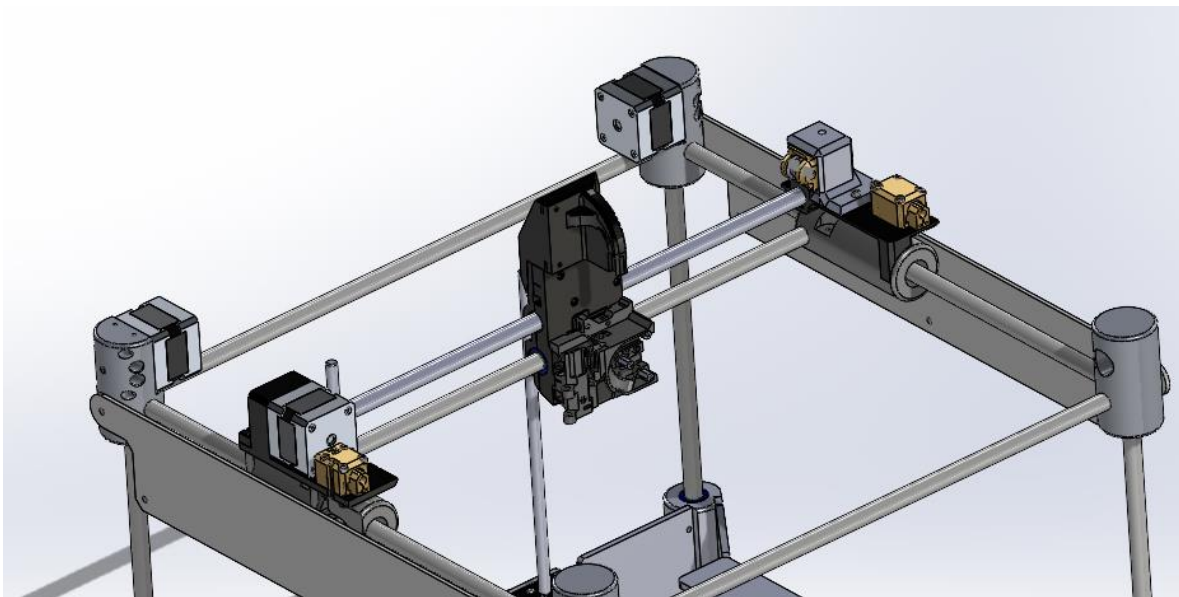


Figura 4-17 Eje Y y X Instalados en el frame. Elaboración Propia

4.4.1 Ensamblaje Extrusor

El ensamblaje del extrusor básicamente es el mismo que el especificado en los manuales de Prusa MK4, esto debido a que no se deseaba rediseñar este sistema con el fin de introducir más factores que puedan resultar en un error o fallo del equipo con el tiempo, además que posee características que son muy favorables con respecto a su predecesor, el extrusor de la MK3. En la Figura 4-18, se muestra el diseño del extrusor, el cual tuvo que ser ensamblado y se diseñaron las piezas para dar un resultado similar al extrusor final, con el fin de que pueda ser más simple de entender los componentes del equipo.

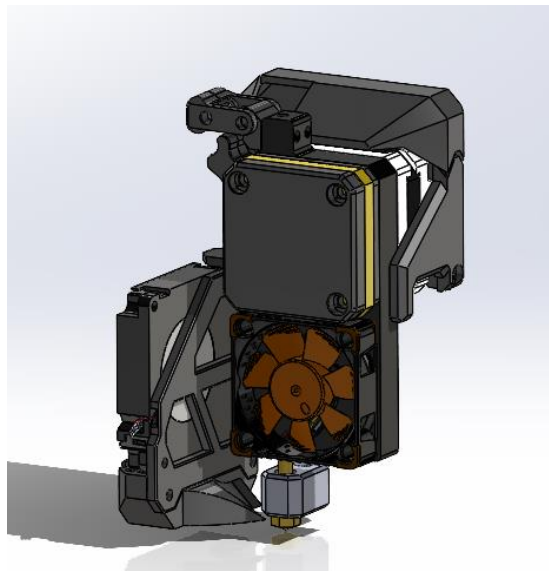


Figura 4-18 Extrusor MK4. Elaboración Propia

4.4.2 Ensamblaje de Carcasa y xLCD

Finalmente, al instalar el extrusor, es posible realizar la instalación de la pantalla xLCD y poder introducir todo el frame armado a la carcasa de la impresora para conseguir un acabado final similar al original, pero con componentes completamente diferentes.

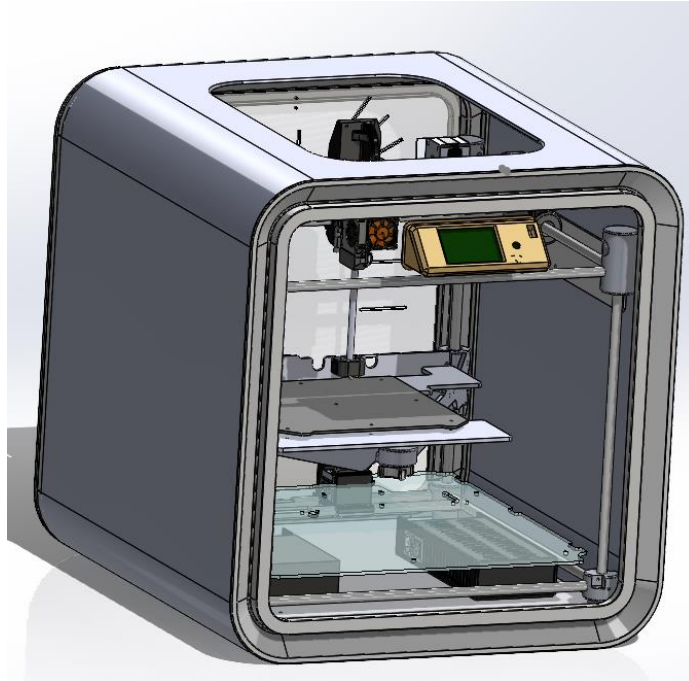


Figura 4-19 Impresora Completamente Armada (Sin puerta Frontal). Elaboración Propia

4.4.3 Resultados Experimentales

Es fundamental verificar que las dimensiones de impresión puedan ser satisfechas adecuadamente y es por ello que se tomaron mediciones en el diseño para poder garantizar el cumplimiento de este parámetro.

En base a la Figura 4-20, se puede observar la medición realizada y que da un desplazamiento máximo en el eje Z de 243.45 mm. Este eje no posee intersecciones con otros componentes por lo que sus límites son las uniones de aluminio del frame.

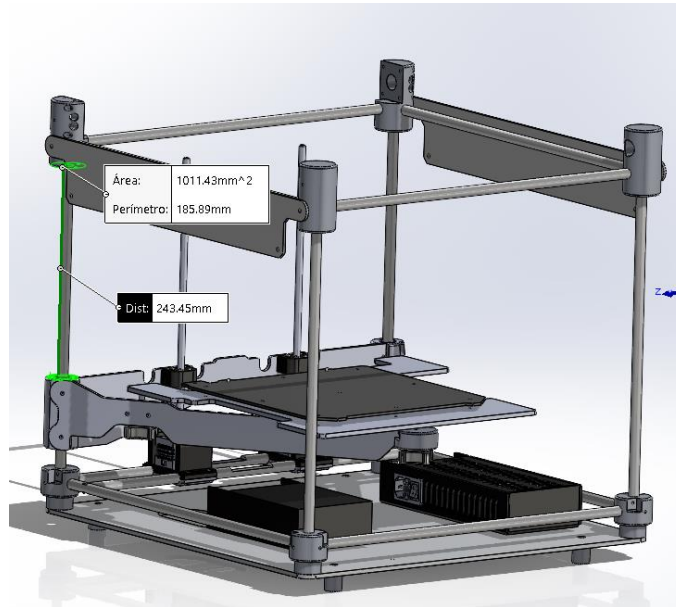


Figura 4-20 Desplazamiento Máximo en eje Z

En el eje X, la Figura 4-21 muestra un desplazamiento de 421.58 mm, pero a esto es necesario restarle el ancho del extrusor, que limita este movimiento. Este ancho se puede observar en la Figura 4-22, el cual es de 68.5mm, lo cual da como resultado un desplazamiento máximo en el eje X de 353.08mm.

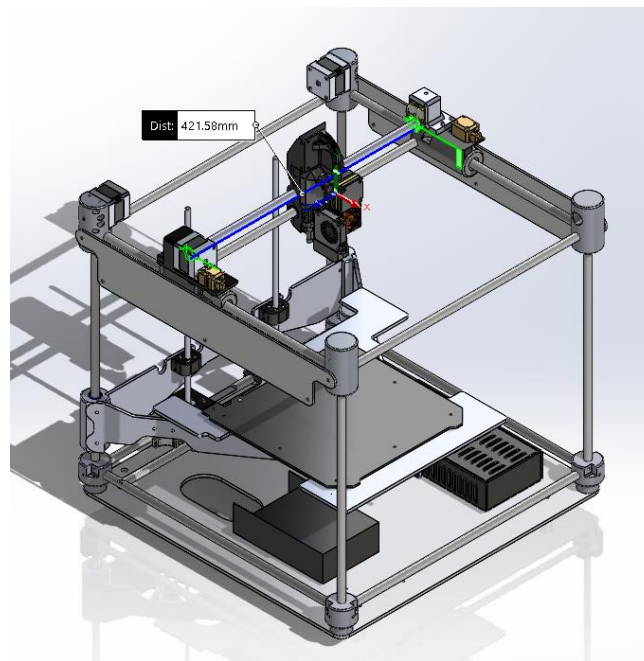


Figura 4-21 Desplazamiento Máximo en eje X

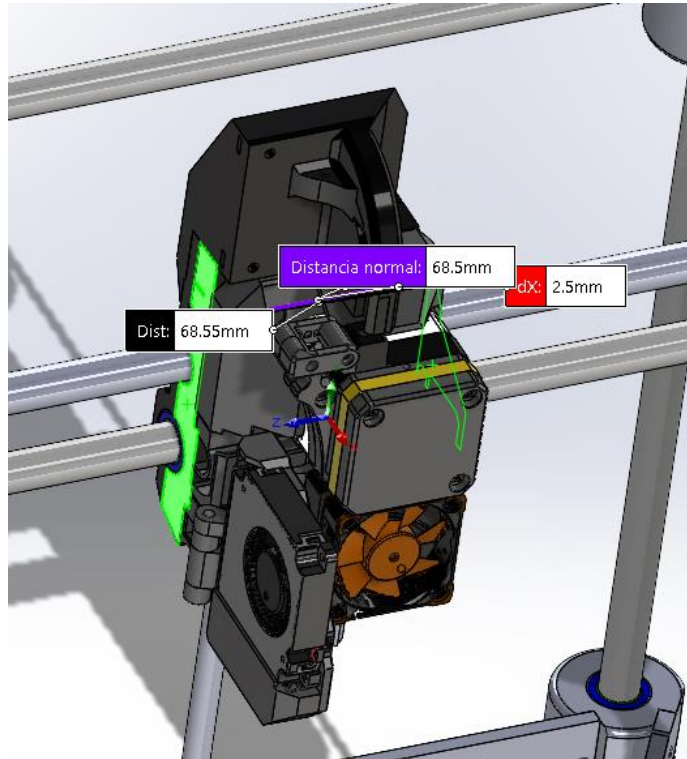


Figura 4-22 Ancho Máximo del extrusor

El mismo caso ocurre con el eje Y. Es necesario obtener el largo del recorrido total en la barra y restarle el ancho del carriage. En la Figura 4-23 se muestra el valor máximo de este desplazamiento, el cual es de 419.35mm y, en la Figura 4-24, el ancho máximo del carriage que corresponde a 110.11m, lo que resulta en movimiento sin interferencias de 309.24mm

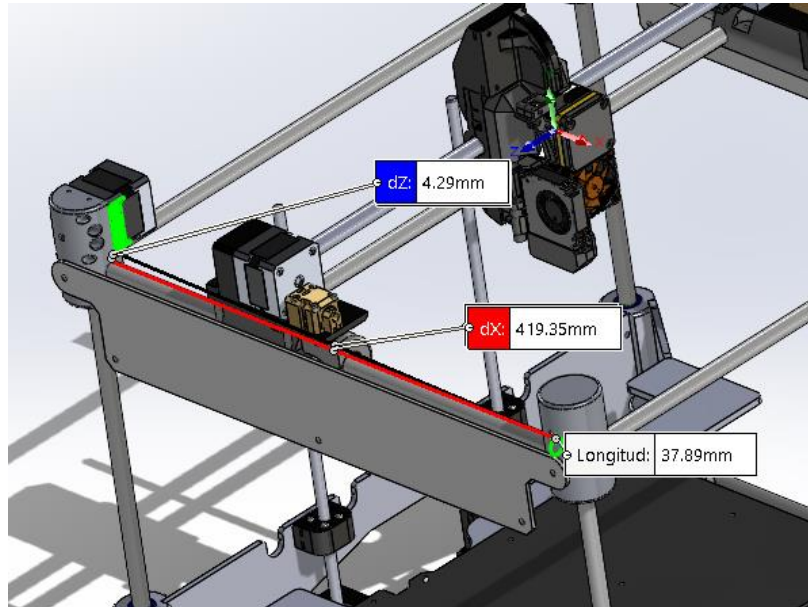


Figura 4-23 Desplazamiento Máximo en Eje Y

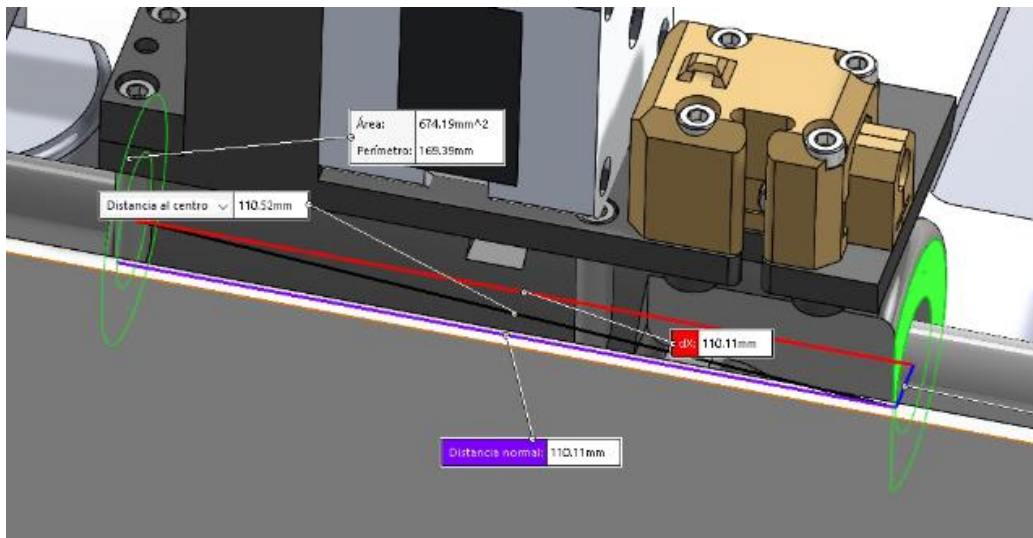


Figura 4-24 Ancho Máximo del Y Carriage

Debido a los tiempos de entrega de componentes, no se consiguió una heatbed de un mayor tamaño y la impresora finalmente posee un área de impresión en la cama de 250mmx 210mm. Esta área de impresión puede modificarse fácilmente en el PrusaSlicer, si se utiliza o consigue una heatbed de un mayor tamaño.

4.5 Conexiones

Es importante que al utilizar componentes de una misma casa matriz y mismo modelo, los componentes posean las mismas conexiones. Lo único a tomar en cuenta es la longitud del cableado como tal, que puede variar según por donde se decide pasar cada uno de los cables.

El factor más importante para tomar en cuenta son los conectores, ya que estos no se consiguen en el país. Se hizo una investigación sobre el tipo de conectores y se determinó que los mismo son fabricados por la empresa Molex, los números de parte se detallan en la Tabla 4-9. H tomar en cuenta que esta es una cantidad justa de los componentes y que estos pueden dañarse en su preparación, por ello es importante comprar componentes extra en caso de un error en el armado de estos, también para futuros mantenimientos o reemplazos.

Tabla 4-9 Numero de parte y cantidades de los conectores eléctricos requeridos

Descripción	Numero de Parte	Cantidad
<i>Crimp terminals</i>	538-502579-0000-CT	60
<i>Conector 4 Pines</i>	538-503149-2200	2
<i>Conector 22 Pines</i>	538-502578-0400	4

4.5.1 Conexión Extruder

Esta conexión es idéntica a la del extrusor Prusa, debido a que este componente no se modificó en lo absoluto. Cada uno de los componentes se detallan a continuación. Todos estos componentes vienen incluidos con el kit comprado, por lo que no es necesario realizar la compra de ningún componente extra. El paso a paso de la conexión de todos los conectores que convergen en esta tarjeta, se encuentran en el kit adquirido. Todas las conexiones se encuentran señaladas en la Figura 4-25.

Conexiones de la Tarjeta del extrusor

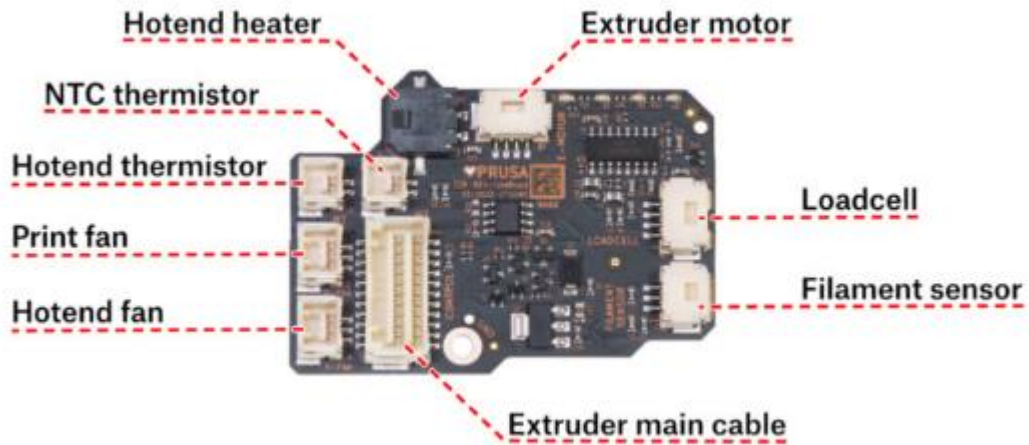


Figura 4-25. Conexiones de la Tarjeta del extrusor

4.5.2 Conexión Heatbed

El heatbed posee una instalación simple con dos cables alimentando el positivo y negativo con terminales de tipo anillo en sus extremos. De igual manera es importante verificar la longitud de estos cables con el fin de que pueda satisfacer el movimiento del eje Z de la impresora, ya que el cable original está diseñado para movimientos más cortos. Esta conexión se muestra en la Figura 4-26 Conexiones de la heatbed

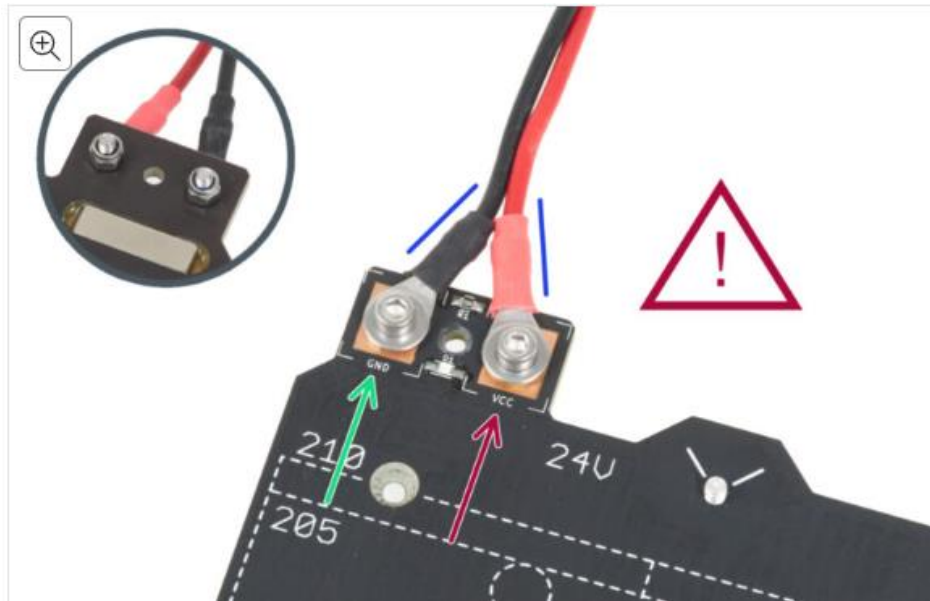


Figura 4-26 Conexiones de la heatbed

4.5.3 Conexión xLCD

La pantalla posee un cable serial muy particular, para el caso del reacondicionamiento. Se utiliza el cable que corresponde a la Prusa XL, la cual, al poseer capacidades de impresión superiores, posee un cable de serie más largo, y con eso se evitan las pérdidas por posibles malas conexiones si se realiza un empalme de este cable. En la Figura 4-27 Conexión Cable Serial xLCD, se muestra la adecuada conexión de este cable a la tarjeta.

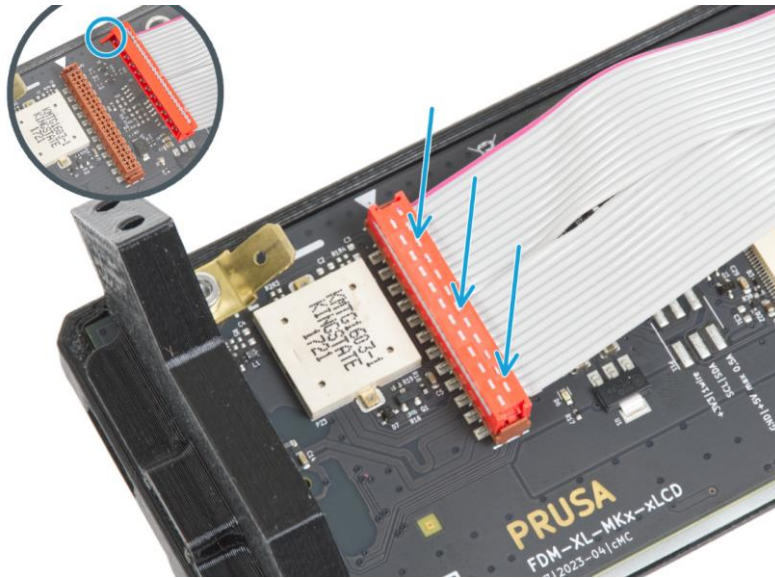


Figura 4-27 Conexión Cable Serial xLCD

4.5.4 Conexión Placa Controladora

La placa controladora al ser el cerebro de la impresora posee una gran cantidad de conexiones que se detallan en la Figura 4-28 Conexiones Tarjeta Controladora,, Aquí se detalla la alimentación y las conexiones de todos los sistemas mencionados anteriormente. Sumado a esto se conectan los motores, donde es importante señalar que es necesario hacer un empalme de las conexiones de los dos motores en Y, debido a que la tarjeta solo posee un puerto de salida de señales para este eje. Este empalme debe considerar la inversión de una de las bobinas del motor stepper, esto con el fin de que giren en sentido opuesto entre estos.

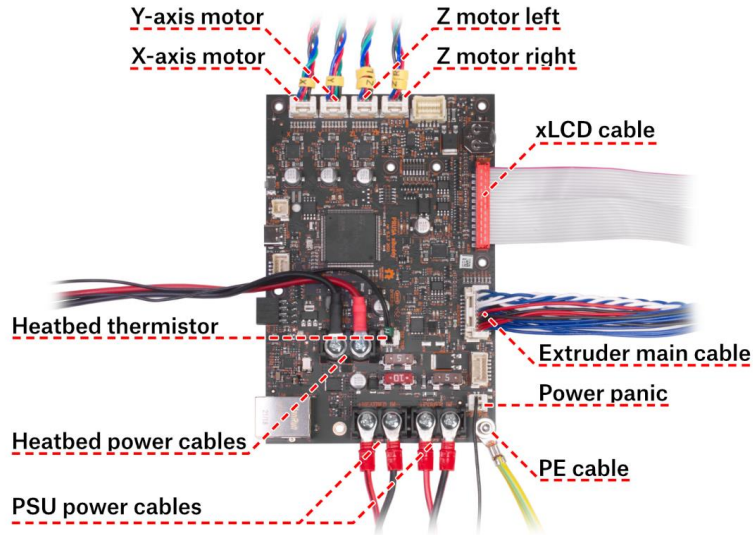


Figura 4-28 Conexiones Tarjeta Controladora

4.6 Integración Sistema

La integración del sistema no supuso un reto, debido a la decisión inicial de solo usar componentes de un solo fabricante. Esto, a su vez, simplifica la integración de la parte mecánica con la parte electrónica y de control que no incluye cambios que puedan afectar el rendimiento del equipo en un futuro, así como el mantenimiento del este. La generación de los códigos G se mantiene de la misma forma, con el software original del equipo y el ya utilizado en el laboratorio. Un requerimiento explícito del cliente era lograr unificar en un solo software el control y generación de códigos G de ambos equipos, tanto los disponibles como los reacondicionados.

Al utilizar sistemas compatibles entre ellos se pueden realizar las calibraciones originales del equipo, lo cual significa una gran ventaja para equipo al poder verificar el correcto funcionamiento de los principales sistemas del mismo, como lo son todos los componentes del extrusor, la heatbed, y la pantalla.

4.6.1 Código G

En el caso de los códigos G, solo es necesario tener la última versión del software PrusaSlicer para poder agregar adecuadamente la nueva impresora Mk4. En este caso cuando se descargue automáticamente el software adecuará los parámetros de impresión para este equipo modificando las velocidades y aceleraciones. Estos valores de la impresora se pueden observar en la Figura 4-29 Valores de impresión MK4 los cuales detallan cual va a ser el movimiento de la impresora durante la impresión. Estos valores son modificables a conveniencia del usuario y pueden reducirse o aumentarse.

Avance máximo	
● Máxima velocidad en X:	<input type="text" value="200"/> mm/s
● Máxima velocidad en Y:	<input type="text" value="200"/> mm/s
● Máximo avance en Z:	<input type="text" value="40"/> mm/s
● Máximo avance E:	<input type="text" value="100"/> mm/s

Aceleraciones máximas	
● Máxima aceleración X:	<input type="text" value="2500"/> mm/s ²
● Máxima aceleración Y:	<input type="text" value="2500"/> mm/s ²
● Máxima aceleración Z:	<input type="text" value="200"/> mm/s ²
● Máxima aceleración E:	<input type="text" value="2500"/> mm/s ²
● Aceleración máxima al extruir:	<input type="text" value="2000"/> mm/s ²
● Aceleración máxima al retraer:	<input type="text" value="1200"/> mm/s ²
● Aceleración máxima para movimientos de desplazamiento:	<input type="text" value="2000"/> mm/s ²

Figura 4-29 Valores de impresión MK4

El código G al ser generado por el propio sistema de la tarjeta controladora, no requiere mayores cambios que seleccionar adecuadamente el tipo de impresora y de ahí en más se trata de seleccionar los parámetros necesarios o deseados y proceder con el laminado de las piezas y la generación del código G como tal.

4.6.2 SelfTest

La impresora, al iniciar por primera vez realiza una serie de pruebas automáticas, guiadas paso a paso por la interfaz gráfica. En esta pone a prueba el movimiento de los motores a lo largo de los ejes, la celda de carga, el movimiento de los ventiladores, el calentamiento del hotend como el de heatbed, una alineación de la caja de engranajes del extrusor. Lo cual permite verificar si todos los sistemas de la impresora están funcionando adecuadamente.

Al terminar el cableado de la impresora y poner a prueba el Selftest, la impresora concluyó satisfactoriamente todas las pruebas, por lo que quiere decir que no existen errores en el cableado y mecánicamente no existe nada incorrecto en base a las señales recibidas en la tarjeta controladora. Esto hace suponer que la integración de ambos sistemas se dio de manera satisfactoria.

4.7 Impresión

La prueba final para verificar el correcto funcionamiento de la impresora se basa en la realización de una impresión en la cual se verifica su aspecto visual, se realiza una comparación contra la MK3 con respecto a las tolerancias dimensionales y, por último, debido a la falta de información por parte del fabricante con respecto a tolerancias geométricas, se establece una prueba de pasa falla mediante dos sistemas de acople entre las piezas impresas para así determinar si el equipo reacondicionado iguala o supera las capacidades del equipo con el que se comparó inicialmente.

Estas pruebas se realizan para cada uno de los principales materiales señalados en las necesidades del cliente para así verificar adecuadamente el cumplimiento de estos parámetros. Así mismo, las dos impresoras tratan de poner en igualdad de condiciones, esto para reducir la cantidad de factores no controlables, así como lo indican Gutiérrez et. al. [30]. Esta igualdad de condiciones, significan material nuevo a la hora de empezar a imprimir para evitar que la humedad juegue un papel importante. Las mismas se ponen en una mesa separada y aislada de cualquier

vibración externa, así como ponerlas a imprimir al mismo tiempo, esto para que los factores ambientales no puedan inferir en la impresora.

4.7.1 Verificación de la impresión

Para la verificación de la correcta impresión por parte del equipo se desarrolló un archivo STL como el que se muestra en la Figura 4-30 Cama de impresión para verificación de , esto con el fin de poder realizar 3 pruebas: una visual, verificando que la impresión esta correctamente impresa, que no haya presentado fallas durante la impresión y que no haya imperfecciones en general lo suficientemente grandes que sean detectables a la vista.

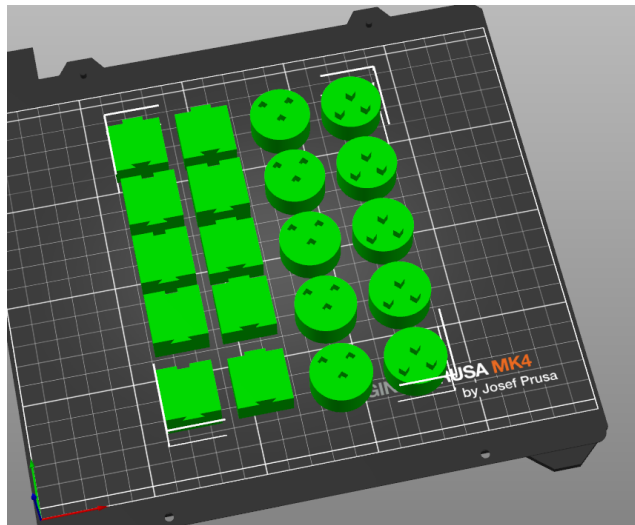


Figura 4-30 Cama de impresión para verificación de impresión

En la Figura 4-31 Verificación Visual de una Correcta Impresión se muestra un ejemplo de una correcta impresión de las piezas, esas visualmente no poseen imperfecciones visuales, esto prueba fue superada por la impresora para los 4 materiales (PLA, PETG, ABS, FLEX)



Figura 4-31 Verificación Visual de una Correcta Impresión

4.7.2 Verificación de Tolerancias Dimensionales

Un punto crucial en la comprobación del correcto funcionamiento de la impresora es que cumpla con las tolerancias dimensionales. Inicialmente se estableció un valor alto de tolerancias, debido a que por experiencia previa estas impresoras no cumplen con el dato brindado por el fabricante de una tolerancia dimensional de +/- 0.1mm y, por ello, se toma la decisión de verificar contra otra impresora calibrada adecuadamente para poder verificar el cumplimiento de los rangos de impresión de la impresora.

Es importante determinar cuáles fueron las medidas de impresión de las piezas en el PrusaSlicer, estas se muestran en la Tabla 4-10 Medidas Teóricas de Piezas Impresas.

Tabla 4-10 Medidas Teóricas de Piezas Impresas

Medidas Reales	x	y	z
<i>Cuadrado</i>	25,00mm	25,00mm	14,20mm
<i>Cilindro</i>	28,10mm	28,10mm	12,50mm

Para este experimento se realizaron 10 mediciones por prueba a dos figuras, consiguiendo así un total de 20 mediciones en cada eje para cada material en cada impresora con el fin de poder comparar adecuadamente las capacidades de impresión del equipo renovado.

PLA:

Las tablas resultantes de la impresión en PLA se muestran de la Tabla 4-11 a la Tabla 4-16. Estos resultados, muestran que el material PLA es impreso adecuadamente por el equipo, ya que los promedios en este material se encuentran dentro de las tolerancias establecidas por el equipo. Además, que son similares a los expuestos por su contraparte, la MK3. Sumado a esto, se puede observar que la varianza de estas mediciones se encuentra casi por la mitad del valor de varianza de indica el fabricante.

Tabla 4-11 Medición en X Pieza Cuadrada PLA

Medición X Piezas Cuadradas (mm)

	MK3	MK4
1	25,01	25,13
2	25,05	25,15
3	25,07	25,11
4	25,03	25,09
5	25,04	25,08
6	25,08	25,13
7	25,1	25
8	25,08	25,01
9	24,99	25,09
10	25,03	25,01
<i>Promedio</i>	25,048	25,08

<i>Desviación</i>	0,034576807	0,054974742
<i>Estándar</i>		

Tabla 4-12 Medición en X Pieza Cilíndrica PLA

Medición X Piezas Cilíndricos

	MK3	MK4
1	28,12	28,11
2	28,16	28,1
3	28,21	28,14
4	28,14	28,11
5	28,11	28,12
6	28,19	28,09
7	28,06	28,11
8	28,08	28,11
9	28,12	28,08
10	28,12	28,11
<i>Promedio</i>	28,131	28,108
<i>Desviación</i>	0,046055522	0,016193277
<i>Estándar</i>		

Tabla 4-13 Medición en Y Pieza Cuadrada PLA

Medición Y Piezas Cuadradas (mm)

	MK3	MK4
1	25,02	25,06
2	25,07	25,03
3	25,12	24,95

4	25,04	24,97
5	24,96	24,99
6	25,04	24,97
7	25,03	24,96
8	25,08	25,04
9	24,97	25,01
10	25,1	25,05
<i>Promedio</i>	25,043	25,003
<i>Desviación Estándar</i>	0,05186521	0,040290611

Tabla 4-14 Medición en Y Pieza Cilíndrica PLA

Medición Y Piezas Cilíndricas

	MK3	MK4
1	28,09	28,05
2	28,1	28,11
3	28,08	28,07
4	28,11	28,17
5	28,04	28,12
6	28,06	28,15
7	28,11	28,06
8	28,08	28,1
9	28,15	28,1
10	28,18	28,11
<i>Promedio</i>	28,1	28,104
<i>Desviación Estándar</i>	0,041096093	0,037771241

Tabla 4-15 Medición en Z Pieza Cuadrada PLA

Medición Z Piezas Cuadradas (mm)

	MK3	MK4
1	14,14	14,26
2	14,15	14,24
3	14,14	14,27
4	14,12	14,28
5	14,16	14,28
6	14,14	14,25
7	14,15	14,25
8	14,2	14,27
9	14,12	14,25
10	14,15	14,23
<i>Promedio</i>	14,147	14,258
<i>Desviación Estándar</i>	0,022632327	0,016865481

Tabla 4-16 Medición en Z Pieza Cilíndrica PLA

Medición Z Piezas Cilíndricos

	MK3	MK4
1	12,57	12,48
2	12,55	12,65
3	12,58	12,64
4	12,54	12,66
5	12,5	12,5
6	12,53	12,66
7	12,54	12,65
8	12,54	12,5
9	12,56	12,68

10	12,55	12,51
<i>Promedio</i>	12,546	12,593
<i>Desviación Estándar</i>	0,022211108	0,083139775

PETG:

Las tablas resultantes de la impresión en PETG, se muestran de la Tabla 4-17 a la Tabla 4-22. Estos valores, fueron favorables para el equipo restaurado, debido a que se cumplen los criterios establecidos por el fabricante, e inclusive mejoran a los equipos que se poseen en el laboratorio.

Tabla 4-17 Medición en X Pieza Cuadrada PETG

**Medición X Piezas Cuadradas
(mm)**

	MK3	MK4
1	24,96	25,01
2	25,07	25,05
3	25,02	25,07
4	25,02	25,04
5	25,03	25
6	25,05	25,04
7	25,07	25,05
8	25,03	25,09
9	25,07	25,03
10	25,08	25,12
<i>Promedio</i>	25,04	25,05
<i>Desviación Estándar</i>	0,03620927	0,0359011

Tabla 4-18 Medición en X Pieza Cilíndrica PETG

Medición X Piezas Cilíndricas

	MK3	MK4
1	28,09	28,15
2	28,03	28,15
3	28,11	28,13
4	28,17	28,12
5	28,09	28,14
6	28,09	28,12
7	28,12	28,17
8	28,19	28,2
9	28,09	28,17
10	28,04	28,16
<i>Promedio</i>	28,102	28,151
<i>Desviación Estándar</i>	0,0498442	0,02514403

Tabla 4-19 Medición en Y Pieza Cuadrada PETG

Medición Y Piezas Cuadradas (mm)

	MK3	MK4
1	25,01	25,05
2	25,03	25,11
3	25,07	24,99
4	25,09	25,06
5	24,96	25
6	25,03	25,04
7	25,09	25
8	25,05	24,97
9	25,02	24,96

10	24,96	25,04
<i>Promedio</i>	25,031	25,022
<i>Desviación Estándar</i>	0,04653553	0,04613988

Tabla 4-20 Medición en Y Pieza Cilíndrica PETG

Medición Y Piezas Cilíndricas

	MK3	MK4
1	28,3	28,1
2	28,21	28,12
3	28,28	28,06
4	28,26	28,09
5	28,25	28,06
6	28,16	28,03
7	28,13	28,03
8	28,17	28,11
9	28,21	28,18
10	28,11	28,11
<i>Promedio</i>	28,208	28,089
<i>Desviación Estándar</i>	0,06460134	0,04581363

Tabla 4-21 Medición en Z Pieza Cuadrada PETG

Medición Z Piezas Cuadradas (mm)

	MK3	MK4
1	14,13	14,23

2	14,14	14,25
3	14,11	14,25
4	14,11	14,26
5	14,13	14,24
6	14,13	14,25
7	14,12	14,27
8	14,14	14,25
9	14,17	14,24
10	14,18	14,23
<i>Promedio</i>	14,136	14,247
<i>Desviación Estándar</i>	0,02319004	0,01251666

Tabla 4-22 Medición en Z Pieza Cilíndrica PETG

Medición Z Piezas Cilíndricas

	MK3	MK4
1	12,5	12,54
2	12,52	12,61
3	12,54	12,6
4	12,56	12,63
5	12,53	12,57
6	12,53	12,53
7	12,5	12,5
8	12,5	12,55
9	12,52	12,51
10	12,51	12,48
<i>Promedio</i>	12,521	12,552

<i>Desviación</i>	0,01969207	0,0498442
<i>Estándar</i>		

ABS:

Las tablas resultantes de la impresión en ABS se muestran de la Tabla 4-23 a la Tabla 4-28. Los valores obtenidos de las muestras muestran concordancia con los datos del fabricante, inclusive al ser un material más sensible a los cambios de temperatura durante su impresión.

Tabla 4-23 Medición en X Pieza Cuadrada ABS

**Medición X Piezas Cuadradas
(mm)**

	MK3	MK4
1	25,01	24,95
2	24,97	25
3	24,92	25,02
4	25,06	25,1
5	25,03	25,03
6	25,06	25,01
7	24,91	25,04
8	24,93	25,01
9	24,99	25
10	24,99	24,93
<i>Promedio</i>	24,987	25,009
<i>Desviación</i>	0,0547824	0,04677369
<i>Estándar</i>		

Tabla 4-24 Medición en X Pieza Cilíndrica ABS

Medición X Piezas Cilíndricos

	MK3	MK4
1	28,14	28,03
2	28,25	27,98
3	28,25	28,1
4	28,17	28,16
5	28,18	28,13
6	28,12	28,01
7	28,3	28,12
8	28,2	28,14
9	28,18	28,11
10	28,16	28,04
<i>Promedio</i>	28,195	28,082
<i>Desviación Estándar</i>	0,05582711	0,06178817

Tabla 4-25 Medición en Y Pieza Cuadrada ABS

Medición Y Piezas Cuadradas (mm)

	MK3	MK4
1	24,91	24,96
2	24,92	24,93
3	24,9	24,93
4	24,95	24,98
5	25,02	24,94
6	24,98	24,93
7	24,92	24,96
8	25,02	24,9
9	25,06	24,92
10	24,83	24,96
<i>Promedio</i>	24,951	24,941

<i>Desviación</i>	0,06919377	0,02378141
<i>Estándar</i>		

Tabla 4-26 Medición en Y Pieza Cilíndrica ABS

Medición Y Piezas Cilíndricas

	MK3	MK4
1	28,19	28,01
2	28,13	28,01
3	28,19	28,12
4	28,14	28
5	28,2	28,07
6	28,16	28,06
7	28,2	28
8	28,2	28,04
9	28,25	28,08
10	28,2	28
<i>Promedio</i>	28,186	28,039
<i>Desviación</i>	0,03470511	0,04201851
<i>Estándar</i>		

Tabla 4-27 Medición en Z Pieza Cuadrada ABS

Medición Z Piezas Cuadradas (mm)

	MK3	MK4
1	14,1	14,24
2	14,04	14,22
3	14,08	14,18

4	14,08	14,16
5	14,11	14,22
6	14,07	14,22
7	14,05	14,11
8	14,08	14,08
9	14,1	14,1
10	14,03	14,22
<i>Promedio</i>	14,074	14,175
<i>Desviación Estándar</i>	0,02674987	0,05911383

Tabla 4-28 Medición en Z Pieza Cilíndrica ABS

Medición Z Piezas Cilíndricas

	MK3	MK4
1	12,52	12,63
2	12,46	12,54
3	12,54	12,64
4	12,49	12,58
5	12,44	12,54
6	12,48	12,61
7	12,47	12,61
8	12,4	12,65
9	12,46	12,63
10	12,46	12,59
<i>Promedio</i>	12,472	12,602
<i>Desviación Estándar</i>	0,03938415	0,03910101

Flex:

Las tablas resultantes de la impresión en Flex se muestran de la Tabla 4-29 a la Tabla 4-34.

Tabla 4-29 Medición en X Pieza Cuadrada FLEX

Medición X Piezas Cuadradas (mm)

	MK3	MK4
1	24,92	25,12
2	25	24,87
3	24,94	24,84
4	25,01	24,99
5	24,89	24,93
6	24,98	24,87
7	24,87	24,86
8	24,92	24,96
9	25,1	24,97
10	24,88	24,98
<i>Promedio</i>	24,951	24,939
<i>Desviación Estándar</i>	0,07171704	0,08438668

Tabla 4-30 Medición en X Pieza Cilíndrica FLEX

Medición X Piezas Cilíndricos

	MK3	MK4
1	28.20	27,98
2	28,36	27,9
3	28,14	27,99
4	28,14	27,98
5	28,17	28,14

6	28,21	28,02
7	28,27	28,12
8	28,08	27,94
9	28,03	28,12
10	28,04	27,9
<i>Promedio</i>	28,16	28,009
<i>Desviación Estándar</i>	0,10793517	0,08974656

Tabla 4-31 Medición en Y Pieza Cuadrada FLEX

Medición Y Piezas Cuadradas (mm)

	MK3	MK4
1	25,13	24,93
2	25,2	24,99
3	25,18	25,01
4	24,99	24,84
5	25,11	24,94
6	25,12	24,88
7	25,18	24,9
8	25,01	24,88
9	25,18	24,91
10	25,13	24,97
<i>Promedio</i>	25,123	24,925
<i>Desviación Estándar</i>	0,07180993	0,05359312

Tabla 4-32 Medición en Y Pieza Cilíndrica FLEX

Medición Y Piezas Cilíndricos

	MK3	MK4
1	28,12	28,14
2	28,05	28,15
3	27,92	27,94
4	28,08	27,98
5	28,1	27,99
6	28,14	28,13
7	28,06	27,87
8	27,87	28,12
9	28,03	27,95
10	28,05	28,08
<i>Promedio</i>	28,042	28,035
<i>Desviación Estándar</i>	0,08534896	0,10058164

Tabla 4-33 Medición en Z Pieza Cuadrada FLEX

Medición Z Piezas Cuadradas (mm)

	MK3	MK4
1	14,1	14,22
2	14,09	14,21
3	14,09	14,21
4	14,02	14,16
5	14,09	14,23
6	14,07	14,19
7	14,02	14,2
8	14,12	14,14
9	14	14,16
10	14,15	14,2

<i>Promedio</i>	14,075	14,192
<i>Desviación Estándar</i>	0,04790036	0,02936362

Tabla 4-34 Medición en Z Pieza Cilíndrica FLEX

Medición Z Piezas Cilíndricos

	MK3	MK4
1	12,62	12,63
2	12,33	12,61
3	12,55	12,53
4	12,41	12,66
5	12,43	12,6
6	12,38	12,5
7	12,51	12,61
8	12,49	12,54
9	12,44	12,61
10	12,45	12,55
Promedio	12,461	12,584
Desviación Estándar	0,08451824	0,05081557

Se pueden observar los resultados obtenidos de las dos impresoras en cada una de las coordenadas en la Tabla 4-11 a la Tabla 4-34. Se observa que ambas cumplen con su tolerancia en la mayoría de los casos para la MK3, y en la impresora reformada cumplió la tolerancia de +/- 0.1mm en todos los casos, así como de obtener resultados en su desviación estándar bastante bajos, lo cual implica que la reproducibilidad de piezas en la impresora es bastante buena, y refleja una correcta integración de los equipos mecánico, electrónicos y de control.

Con estos datos se puede concluir que la impresora cumple adecuadamente con las tolerancias dimensionales de impresión, y por tanto así, aumentar la capacidad del laboratorio adecuadamente, y aún más debido a que este equipo según el fabricante reduce los tiempos de impresión contra su predecesor. [23]

4.7.3 Tolerancias de Tolerancias de ajuste

Esta prueba consiste en encajar las piezas con su cara contraria, es por ello que las piezas tenían esta forma específica, para que pudieran encajar en la otra. Esta prueba funciona para verificar la correcta impresión geométrica de las piezas, debido a la falta de información por parte del fabricante y que el Instituto Tecnológico no cuenta con el equipo respectivo para poder realizar pruebas que determinen tolerancias geométricas. Así mismo que el precio de estas con un proveedor externo, son excesivamente caras, para el propósito y objetivo de la mayoría de las impresiones en el laboratorio.

Es por ello que se determina una prueba pasa-falla de si las piezas encajan entre si con su pareja, para poder determinar la esta correcta impresión. En la Figura 4-32 se observa cual es el correcto acoplamiento entre ambas piezas, este tiene que ser total, y sin dejar espacios en medio, aparte de ser acoplable de una manera simple y sin mayor esfuerzo.



Figura 4-32 Correcto Acoplamiento de Piezas Impresas

Tabla 4-35 Tolerancia de Ajuste Cuadrados PLA

**Tolerancia de Ajuste
Cuadrados PLA**

<i>Muestra</i>	Resultado	
	Mk3	MK4
1	Pasa	Pasa
2	Pasa	Pasa
3	Pasa	Pasa
4	Pasa	Pasa
5	Pasa	Pasa

Tabla 4-36 Tolerancia de Ajuste Cilindros PLA

**Tolerancia de Ajuste Cilindros
PLA**

<i>Muestra</i>	Resultado	
	Mk3	MK4
1	Pasa	Pasa
2	Pasa	Pasa
3	Pasa	Pasa
4	Pasa	Pasa
5	Pasa	Pasa

Tabla 4-37 Tolerancia de Ajuste Cuadrados PETG

**Tolerancia de Ajuste
Cuadrados PETG**

<i>Muestra</i>	Resultado	
	Mk3	MK4
1	Pasa	Pasa
2	Pasa	Pasa
3	Pasa	Pasa
4	Pasa	Pasa
5	Pasa	Pasa

Tabla 4-38 Tolerancia de Ajuste Cilindros PETG

**Tolerancia de Ajuste Cilindros
PETG**

<i>Muestra</i>	Resultado	
	Mk3	MK4
1	Pasa	Pasa
2	Pasa	Pasa
3	Pasa	Pasa
4	Pasa	Pasa
5	Pasa	Pasa

Tabla 4-39 Tolerancia de Ajuste Cuadrados ABS

**Tolerancia de Ajuste
Cuadrados ABS**

<i>Muestra</i>	Resultado	
	Mk3	MK4
1	Pasa	Pasa
2	Pasa	Pasa
3	Pasa	Pasa
4	Pasa	Pasa
5	Pasa	Pasa

Tabla 4-40 Tolerancia de Ajuste Cilindros ABS

**Tolerancia de Ajuste Cilindros
ABS**

<i>Muestra</i>	Resultado	
	Mk3	MK4
1	Pasa	Pasa
2	Pasa	Pasa
3	Pasa	Pasa
4	Pasa	Pasa
5	Pasa	Pasa

Tabla 4-41 Tolerancia de Ajuste Cuadrados FLEX

**Tolerancia de Ajuste
Cuadrados FLEX**

<i>Muestra</i>	Resultado	
	Mk3	MK4
1	Pasa	Pasa
2	Pasa	Pasa
3	Pasa	Pasa
4	Pasa	Pasa
5	Pasa	Pasa

Tabla 4-42 Tolerancia de Ajuste Cilindros FLEX

**Tolerancia de Ajuste Cilindros
FLEX**

<i>Muestra</i>	Resultado	
	Mk3	MK4
1	Falla	Falla
2	Falla	Pasa
3	Falla	Pasa
4	Falla	Falla
5	Falla	Falla

En base a estos resultados observados desde la Tabla 4-35 hasta la Tabla 4-42, podemos observar que la impresora formada excede las capacidades de la MK3, en el material Flex. En todos los demás parámetros de análisis con respecto a esta prueba ambas impresoras salieron con resultados satisfactorios.

Esta prueba permite determinar que las impresiones cumplen con las tolerancias de ajuste y por tanto geométricas al poder encajar una dentro de otra sin mayor esfuerzo sobre estos.

5. Análisis Económico

Para determinar la validez del proyecto es necesario analizar la parte económica, si bien es cierto para el cliente no es un factor fundamental, debido a que el laboratorio, no posee fines de lucro, si no que solo se realiza el cobro de la materia prima como tal, es necesario lograr validar el proyecto en este sentido para posibles replicaciones de este fuera del ámbito del laboratorio como tal, y que de realmente sea restable y viable.

El total de gastos realizados se detalla en la Tabla 5-1 y Tabla 5-2

Tabla 5-1 Total Gastos dólares

Compras dólares	
<i>Kit de Actualización</i>	\$1128,26
<i>Componentes Prusa</i>	\$573,86
<i>Motor Prueba + Envío</i>	\$109,87
<i>Total</i>	\$1811,99

Tabla 5-2 Total Gasto en colones

Compras colones	
<i>Envío Componentes UPS</i>	₡17226
<i>Conectores para 4 impresoras</i>	₡38535
<i>Rollo Filamento PLA</i>	₡25000
<i>Laminas Acrílico</i>	₡20500
<i>Tornillería Variada</i>	₡22049,74
<i>Componentes Varios</i>	₡38639,54
<i>Total</i>	₡161950,28
<i>Total, dólares</i>	\$314,46

Es importante a su vez, tomar en cuenta los valores como la depreciación de los equipos, así como las horas invertidas a lo largo del proyecto, para esto es se utilizó el salario promedio para las asistencias dentro de la institución, que es de 600 colones la hora, y para el desarrollo del proyecto se invirtieron 480 horas.

Los equipos utilizados fueron la cortadora laser, la impresora 3D para la fabricación de las piezas, así como una computadora y la licencia de SolidWorks necesaria para el diseño y las distintas simulaciones realizadas a los distintos componentes. En el Anexo A.7 se muestra en detalle estos valores, que finalmente suman un valor de ₡200 042. Sumado a los ₡288 000 de las horas invertidas en el proyecto.

Se puede realizar una comparación con respecto al costo de los equipos disponibles con características similares, en este caso si sumamos la suma en dólares al momento de realizar el proyecto, nos da como resultado \$3074,10 con lo cual ahora podemos verificar con respecto a las cotizaciones brindadas por un suplidor autorizado en el país para la importación de componentes Prusa.

Tabla 5-3 Precios Aproximado de Impresoras Similares

Modelo	Precio
<i>MK4 + Enclosure</i>	\$2700
<i>Prusa XL</i>	\$5000

Esto permite concluir que la actualización de la impresora no cumple económicamente para considerar esta actualización con los valores de una impresora ya establecida, pero si se decide aumentar el área de impresión y comprar una Heatbed a la medida, esta actualización podría considerarse y ser más viable, al estar comparándose el equipo restaurado a una Prusa XL y no a una MK4.

Un punto importante que el laboratorio debe considerar es que la compra de activos al día de la finalización del proyecto no esta autorizada, y por tanto considerar el aumento de capacidad del laboratorio, mediante estas actualizaciones es una opción viable, ya que el costo no es muy superior, y con solo aumentar la cantidad de impresoras, la capacidad del laboratorio se va a ver incrementada linealmente, con la inclusión de estos nuevos equipos restaurados.

El laboratorio solo cuenta con la información de uso de los equipos y consumo de material del último año, esto debido a que toda la información se maneja en papel, esto genera que la tabulación de esta información requiera de un largo trabajo. Por tanto, en base a estos datos disponibles, podemos realizar un análisis de aumento

de capacidad y por tanto un aumento en cuanto a las ventas y trabajos realizados dentro del laboratorio.

En la Tabla 5-4 se muestra el consumo de material durante el último año en el laboratorio, donde se consumen aproximadamente 80 kg por año, esto nos da como resultado que el LAIMI genera cobros por aproximadamente 4 millones de colones, debido a que el costo de la impresión es de ₡50 por gramo. Como se indicó anteriormente, el laboratorio realiza este cobro meramente para sufragar el costo del material, sin embargo, si se realiza el cobro a un precio de ₡200 por gramo, es que un precio que ofrece un suplidor externo a la institución, los cobros rondarían los 16 millones de colones por año.

Estos datos son el total de la producción de 5 impresoras, por lo cual esto quiere decir que por impresora se pueden generar 3.2 millones de colones anualmente por cada impresora, y restando el costo del material sería una ganancia de aproximadamente 2.5 millones de colones, sufragando perfectamente los costes asociados al desarrollo del proyecto en menos de un año.

Tabla 5-4. Consumo de Material 2024, precios internos y externos

Semestre	Consumo de Material(kg)	Precio LAIMI	Precio Externo
<i>I Semestre 2023</i>	40,37	₡ 2 018 500,00	₡ 8 074 000,00
<i>II Semestre 2023</i>	38,9	₡ 1 945 000,00	₡ 7 780 000,00
<i>Total</i>	79,27	₡ 3 963 500,00	₡ 15 854 000,00
<i>X Impresora</i>		₡ 792 700,00	₡ 3 170 800,00

Un punto importante, es que este aumento de capacidad es solo uno de los factores que mejorarían, ya que como se mencionó anteriormente los tiempos de impresión puede reducirse en un 70%, esto genera un aumento de clientes, debido a que los tiempos de espera serian mucho menores, generando de esta forma que las

personas no tengan que recurrir a suplidores externos para poder cumplir con las fechas establecidas, para cada uno de los proyectos, sumado al bajo costo que maneja el laboratorio, debido a no tener la necesidad de generar un beneficio económico para la institución.

La mejora no sería solo de una impresora, ya que el laboratorio cuenta con 3 impresoras más que pueden ser reacondicionadas, y la institución cuenta con 3 impresoras más, las cuales pueden sufrir el mismo reacondicionamiento y ser una fuente de información y conocimientos para los futuros ingenieros de la institución, así como para su uso en distintos proyectos, prototipos e inclusive competencias donde la institución se vea beneficiada con poseer estos equipos.

6. Conclusiones

Al concluir este proyecto se pueden obtener distintas conclusiones, entre ellas podemos mencionar las siguientes:

- Se determinaron los componentes de la impresora Cube Pro que eran aun útiles y cuales no, en base a las necesidades y establecidas por el cliente, y métricas establecidas para estas, para garantizar impresiones de calidad y precisión similares a los equipos actualmente disponibles.
- Se diseñó un nuevo sistema de movimiento cartesiano, que permite el desplazamiento del extrusor en un área de 350 x 300 x 240mm, sin interferencias en todo el espectro de movimiento del sistema.
- Se realizó un correcto ajuste de control y sensores que permiten el correcto movimiento del sistema mecánico al interpretar datos de un código G específico, y el correcto accionamiento de los componentes y lectura de sensores, según se especifique en este, para generar impresiones precisas que no superen los +/- 0.3mm de tolerancia dimensional.
- Se validaron las impresiones realizadas en la impresora reacondicionada, para que cumplan con la tolerancia de +/-0.3mm, además de una validación de ajuste entre piezas para que estas siempre cumplan con las tolerancias geométricas básicas para una impresión 3D.
- Se concretó un manual paso a paso del reacondicionamiento de la impresora, con el fin de que el proyecto sea replicable.

6.1 Recomendaciones.

Como parte de las recomendaciones luego de terminar el proyecto, se señalan las siguientes recomendaciones:

- Realizar pruebas de impresión a velocidades aún mayores, ya que la robustez del frame permitiría que las vibraciones no afecten la misma, generando así una mayor capacidad en el laboratorio que la esperada.
- Investigar a fondo los procesos y opciones de slicing que ofrece PrusaSlicer, debido a que mediante ciertas modificaciones los tiempos de impresión pueden mejorar significativamente.
- Intentar aumentar el área de impresión de la impresora, ya que debido a lo largo que eran los tiempos de entrega esta opción no se pudo valorar, existe espacio para mayor área de impresión, inclusive sacrificando que el rollo de filamento se encuentre dentro de la impresora.

7. Bibliografía

- [1] Plastics Technology, «Conceptos básicos de manufactura aditiva,» [En línea]. Available: <https://www.pt-mexico.com/articulos/conceptos-bsicos-de-manufactura-aditiva>. [Último acceso: 23 5 2024].
- [2] J. Bernal, «Manufactura Aditiva: Innovación y Eficiencia en la Fabricación 3D,» Tecnología del Plástico, [En línea]. Available: <https://www.plastico.com/es/noticias/manufactura-aditiva-como-proceso-productivo-una-realidad>. [Último acceso: 23 5 2024].
- [3] Markforged, «¿Qué es la fabricación aditiva? Nociones sobre la tecnología y su utilidad,» [En línea]. Available: <https://markforged.com/es/resources/blog/additive-manufacturing-101-guide-the-basics>. [Último acceso: 23 5 2024].
- [4] Tecnolmpre3D, «Las 4 tecnologías de impresión 3D más populares del mercado,» [En línea]. Available: <https://tecnoimpre3d.com/4-tecnologias/>. [Último acceso: 23 5 2024].
- [5] D. Muñoz, «Robots cartesianos: qué son y cómo funcionan,» [En línea]. Available: <https://www.plastico.com/es/noticias/robots-cartesianos-que-son-y-como-funcionan>. [Último acceso: 23 5 2024].
- [6] Larraioz Group, «Robots cartesianos,» [En línea]. Available: <https://larraioz.com/iai/productos/robots-cartesianos>. [Último acceso: 23 5 2024].
- [7] F. Conti, Motores Paso a Paso, Buenos Aires: Alsina, 2005.
- [8] J. García, «Transmisión por correa,» [En línea]. Available: https://www.mecapedia.uji.es/pages/transmision_por_correa.html. [Último acceso: 23 5 2024].
- [9] J. Sánchez, «Tornillos de Potencia.,» [En línea]. Available: <https://prezi.com/9rcsjklgdrne/tornillos-de-potencia/>. [Último acceso: 23 5 2024].
- [10] Prusa 3D, «Material Guide,» [En línea]. Available: https://help.prusa3d.com/category/material-guide_220. [Último acceso: 23 5 2024].
- [11] G. Valle, «GENERADOR DE CÓDIGO G CON PYTHON,» Tegucigalpa, 2022.
- [12] D. Ding, Z. Pan, D. Cuiuri, H. Li y S. Van Duin, «Advanced Design for Additive Manufacturing: 3D Slicing and 2D Path Planning,» de *New Trends In 3D Printing*, Rijeka, SPi Global, pp. 25-52.

- [13 Prusa 3D, «Patrones de Relleno,» 2023. [En línea]. Available:
] https://help.prusa3d.com/es/article/patrones-de-relleno_177130. [Último acceso: 23 5 2024].
- [14 Prusa 3D, «Función de altura variable de capa,» [En línea]. Available:
] https://help.prusa3d.com/es/article/funcion-de-altura-variable-de-capa_1750. [Último acceso: 23 5 2024].
- [15 P. Morales, «ESTUDIO DE UN BANCO DE PRUEBAS DE FLEXIÓN PURA EN NYLON PARA DETERMINAR EL DIAGRAMA ESFUERZO DEFORMACIÓN DEL MATERIAL EN EL LABORATORIO DE SISTEMAS DE MEDICIÓN Y CONTROL INDUSTRIAL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA.,» Ambato, 2015.
- [16 J. Rayas, R. Rodriguez y A. Martinez, «Medicion del modulo de Young en el hule latex usando ESPI,» México, 2003.
- [17 K. Ulrich y S. D. Eppinger, Diseño y Desarrollo de Productos, Mexico: McGraw-Hill, 2013.
]
- [18 3D Systems, Cube Pro Guia de Usuario, Carolina del Sur, 2016.
]
- [19 B&H Photo Video Audio, «3D Systems Cube Pro Replacement Extruder Kit,» [En línea].
] Available: https://www.bhphotovideo.com/c/product/1244925-REG/3d_systems_403888_cube_pro_replacement_extruder.html. [Último acceso: 23 6 2024].
- [20 Motion Control Products, «m42sth47-1684s-01-stepper-motor,» [En línea]. Available:
] <https://motioncontrolproducts.com/m42sth47-1684s-01-stepper-motor.html>. [Último acceso: 23 5 2024].
- [21 Motion Control Products, «m57sth51-3008dc-s-stepper-motor,» [En línea]. Available:
] <https://motioncontrolproducts.com/m57sth51-3008dc-s-stepper-motor.html>. [Último acceso: 23 5 2024].
- [22 Sovol, «sovol-sv07-klipper-direct-drive-3d-printer,» [En línea]. Available:
] <https://www.sovol3d.com/products/sovol-sv07-klipper-direct-drive-3d-printer-print-speed-250mm-s>. [Último acceso: 23 5 2024].
- [23 Prusa3D, «original-prusa-mk4,» [En línea]. Available:
] <https://www.prusa3d.com/es/producto/original-prusa-mk4-2/>. [Último acceso: 23 5 2024].
- [24 Siboor, «Voron 2.4,» [En línea]. Available: <https://www.siboor.com/product-category/3d-printer/voron-2-4/>. [Último acceso: 23 5 2024].

- [25 Creality, «Ender 6 3D Printer,» [En línea]. Available:
] https://www.creality.com/es/products/ender-6-3d-printer?spm=..page_2372271.products_display_1.1&spm_prev=..page_2372271.header_1.1. [Último acceso: 23 5 2024].
- [26 D. Holmes, «Cubepro retrofit,» 2 07 2019. [En línea]. Available:
] <https://grabcad.com/library/cubepro-retrofit-1>. [Último acceso: 10 3 2024].
- [27 Prusa Research, «Printables/ MK4/MK3.9 printable parts,» 15 04 2024. [En línea].
] Available: <https://www.printables.com/es/model/451501-mk4mk39-printable-parts/files>. [Último acceso: 24 5 23].
- [28 Prusa 3D, «Materials,» [En línea]. Available: <https://help.prusa3d.com/materials>. [Último
] acceso: 23 5 2024].
- [29 F. Araya, «Rediseño del Robot OSCAR Atendiendo Requerimientos de Fiabilidad de
] Operación en Condiciones Demandantes,» Cartago, Para ser Publicado.
- [30 H. Gutierrez y R. De la Vara, Analisis y diseño de experimentos, Mexico D.F.: McGraw-
] Hill, 2008.

8. Apéndices

A.1 Reunión con el cliente

En la Tabla A 8-1 se muestra las preguntas y respuestas luego de la entrevista con el cliente, estas preguntas fueron desarrolladas luego de una básica descripción del proyecto por parte del cliente, así como una pequeña investigación sobre la impresora a reacondicionar y el equipo disponible en el laboratorio, el cual posee características que el cliente desea en el equipo reacondicionado.

Tabla A 8-1 Preguntas y respuestas en reunión con el cliente.

Pregunta	Respuesta
¿Descripción del problema?	Las impresoras están desactualizadas, pero con una estructura solida muy buena, quedaron discontinuadas y sin soporte por parte del fabricante desde el 2019 y la inversión fue muy grande.
¿Qué tipos de filamento se utilizan?	PLA, ABS, PETG, FLEX son los filamentos que se ofrecen en el laboratorio, pero los equipos actuales poseen una mayor variedad de filamentos que pueden utilizar.
¿Los tiempos de impresión tienen que mantenerse? Pueden mejorar, empeorar, ¿que se espera?	Mínimo a un 80% mantener tiempos de MK3+, que son las impresoras actuales
La definición/calidad de la impresión tiene que mantenerse, puede mejorar, empeorar ¿que se espera?	Mínimo mantener definición/calidad de impresión MK3+

<p>¿Es necesario cambiar los motores?</p>	<p>Si es necesario cambiar motores, más que todo para mejorar precisión de la impresora. Y calidad de la impresión</p>
<p>¿Es necesario utilizar los motores de la MK3S+?</p>	<p>No, pero si igual especificaciones, para mantener los mismos parámetros de calidad</p>
<p>¿Se puede utilizar la tarjeta controladora actual disponible en los equipos descontinuados?</p>	<p>No ay que no es de Código abierto</p>
<p>¿Porque es necesario realizar un cambio de extrusor?</p>	<p>No hay reemplazo, ni forma simple de hacer un reacondicionamiento al extrusor actual, debido a la pieza de yeso. Esta pieza al dañarse es necesario cambiar todo un kit, el cual posee un alto costo, y su descontinuación, las ha hecho cada vez más costosa.</p>
<p>¿Porque es necesario cambiar el sistema de los filamentos?</p>	<p>Primero ya hay no filamentos con chip, además del costo de este, de igual manera el sistema actual de impresión maneja cualquier tipo de filamento de cualquier marca por lo cual es necesario que la impresora funcione con cartuchos actuales de 1KG, adema el sistema antiguo solo permitía la impresión de piezas de un máximo de 450G, ya que no se permite el cambio de cartuchos, para seguir con la impresión.</p>

<p>¿Es necesario que los filamentos queden a lo interno de la impresora?</p>	<p>Sería aconsejable, para mantener control de humedad, y el espacio que requiere instalar el dispositivo, teniendo un mayor orden.</p>
<p>¿Es necesario que los códigos G sean creados únicamente en el PrusaSlicer? ¿Que otro programa seria permitido o no?</p>	<p>Si, ya que el software posee una gran variedad de impresoras a las cuales les puede generar los archivos de impresión, ya que la gran cantidad de personas que utilizan la impresora generaría problemas al trabajar con dos softwares, en el dado caso que sea realmente necesario un cambio de software, este debe poder generar el código a ambos equipos.</p>
<p>Se ha tomado en cuenta, que, si es necesario modificar el firmware de la tarjeta controladora cualquier actualización del firmware, ¿dejaría inservibles a las impresoras restauradas?</p>	<p>Si, por eso es necesario que cualquier cambio de firmware, sea documentado, para que cada vez que realice la actualización, se tenga un manual con que es necesario modificar para el correcto funcionamiento del equipo.</p>
<p>¿Cuál es el presupuesto?</p>	<p>\$3000 que es el precio de las impresoras actuales con un enclosure como el que van a poseer los equipos restaurados, sumado a esto que posiblemente el área de impresión pueda aumentarse puede inclusive subir a los \$4000.</p>
	<p>Sería una opción interesante, el enviar, ya que actualmente no se posee esta funcionalidad</p>

Es necesario poder enviar los archivos desde una computadora	
Se debe tener una interfaz gráfica en la impresora	Si, para tener información de la impresión
¿El layout interno de la impresora se puede modificar	Si hay libertad mientras se mantenga el área de impresión de los equipos actuales como mínimo
¿Se puede modificar el sistema de movimiento de los ejes?	Si
¿Se puede modificar la cantidad y capacidad de los motores, mientras se adecue al movimiento de la impresora?	Si
¿Es necesario utilizar todos los sistemas útiles de la impresora actual, o estos se pueden omitir, o desechar?	Si, se puede desechar, si son para mejoras en la impresión y no limiten su funcionalidad
¿La cama térmica es necesaria, o se puede mantener el sistema actual?	Si 100%, porque se ha demostrado que les da estabilidad a las impresiones.

A.2 Establecimiento de Necesidades

En base a la entrevista con el cliente, se detallan en la Tabla A.8-2 las necesidades percibidas

Tabla A.8-2 Necesidades percibidas

Necesidad
1. El SD mantiene el área de impresión
2. El SD mantiene los tiempos de impresión actuales
3. El SD imprime la misma cantidad de materiales
4. EL SD Mantiene la calidad de impresión actual
5. El SD Mantiene la definición actual de impresión
6. El SD modifica el sistema de movimiento de ejes actual
7. El SD posee una interfaz grafica
8. El SD utiliza un nuevo controlador
9. EL SD utiliza un nuevo extrusor
10. EL SD utiliza filamento genérico
11. El SD tiene la capacidad de imprimir multicolor
12. EL SD posee el filamento dentro de la carcasa externa
13. El SD es controlado mediante un Software compatible con las Impresoras Prusa
14. EL SD puede actualizar el firmware de una manera sencilla y sin conocimiento técnico avanzado.
15. El SD posee un costo bajo
16. El SD posee conectividad alámbrica e inalámbrica.
17. El SD posee cama térmica

A.3 Métricas

En la

Tabla A-3 se muestran las métricas utilizadas para validar cada una de las necesidades percibidas luego de la reunión con el cliente, en ella se asocia cada métrica a una necesidad, siendo muchas veces necesario utilizar varias métricas para dar la validez a cada una de las necesidades.

Tabla A-3 Métricas con valores objetivos asociadas a cada necesidad percibida

No.	No. Necesidad	Métrica	Imp	Unidad	Valor Marginal	Valor Ideal
1	1.1	Desplazamiento Eje X	5	mm	250	>250
2	1.1	Desplazamiento Eje Y	5	mm	210	>210
3	1.1	Desplazamiento Eje Z	5	mm	210	>210
4	1.2	Velocidad en eje X	4	m/s	150	>150
5	1.2	Velocidad Eje Y	4	m/s	150	>150
6	1.2	Velocidad Eje Z	4	m/s	10	>10
7	1.2	Velocidad Eje E	4	m/s	80	>80
8	1.2	Aceleración Eje X	4	m ² /s	800	>800
9	1.2	Aceleración Eje Y	4	m ² /s	800	>800
10	1.2	Aceleración Eje Z	4	m ² /s	150	>150
11	1.2	Aceleración Eje E	4	m ² /s	2000	>2000
12	1.3	Impresión en PLA	4	Binario	Si	Si
13	1.3	Impresión ABS	4	Binario	Si	Si
14	1.3	Impresión en PETG	4	Binario	Si	Si
15	1.3	Impresión en TPU	4	Binario	Si	Si
16	1.4	Tolerancia Dimensional (Eje X, Y, Z)	4	mm	0.3mm	<0.3 mm
17	1.4	Tolerancias Geométrica (Impresión)	4	Binario	Pasa	Pasa
18	1.5	Desplazamiento Mínimo en Z	4	mm	0.2mm	0.1mm

19	1.7	Interfaz gráfica	4	Binario	Si	Si
20	2.1	Nueva tarjeta controladora				
21	2.2	Nuevo extrusor	5	Binario	Si	Si
22	2.3	Uso de filamento genérico	4	Binario	Si	Si
23	5	Software compatible	5	Binario	Si	Si
24	6	Actualización Simple	4	Binario	Si	Si
25	7	Bajo Costo	3	Dólares	5000	<5000
26	8	Conectividad alámbrica e inalámbrica.	3	Binario	Si	Si
27	9	Cama térmica	5	Binario	Si	Si

A.4 Valores Objetivos

En la se muestra la justificación de cada uno de los valores objetivos para cada métrica, esto debido a las necesidades encontradas luego de la entrevista con el cliente

Tabla 8-4 Justificación de Valores Objetivo

No.	Métrica	Justificación
1	Desplazamiento Eje X	Valores mínimos establecidos por el cliente, debido al equipo actual
2	Desplazamiento Eje Y	
3	Desplazamiento Eje Z	
4	Velocidad en eje X	Valores marginales a un 80% de los parámetros de impresión del equipo actual, lo ideal es que se tengan tiempo de impresión similares a los actuales
5	Velocidad Eje Y	
6	Velocidad Eje Z	
7	Velocidad Eje E	
8	Aceleración Eje X	
9	Aceleración Eje Y	
10	Aceleración Eje Z	
11	Aceleración Eje E	

12	Impresión en PLA	Principales materiales de impresión en el laboratorio.
13	Impresión ABS	
14	Impresión en PETG	
15	Impresión en TPU	
16	Tolerancia Dimensional (Eje X, Y, Z)	Valores de impresión del equipo actual
17	Tolerancias Geométrica (Impresión)	Debido a la falta de información del equipo actual, se determinan 2 pruebas por material, para determinar el adecuado acoplamiento de las piezas.
18	Desplazamiento Mínimo en Z	Parámetros establecidos debido al equipo actual disponible
19	Interfaz grafica	Solicitada por el cliente, debido a la dificultad del equipo a reacondicionar para poder ver parámetros o controlar el equipo, sin esta.
20	Nueva tarjeta controladora	Debido a que la tarjeta del equipo a reacondicionar solo permite cartuchos originales de filamento que no se pueden conseguir actualmente.
21	Nuevo extrusor	Razón principal de la solicitud del proyecto, debido a lo costoso de los repuestos y actualmente la disponibilidad de los mismo.
22	Uso de filamento genérico	El filamento original de la impresora en su momento era 3 veces más costoso que el actual, y actualmente es difícil de conseguirlo.
23	Software compatible	Debido a la cantidad de personas que trabajan en el laboratorio, no es conveniente utilizar un nuevo software debido a la curva de aprendizaje involucrada y a la carga de trabajo.
24	Actualización Simple	Solicitud expresa por parte del cliente
25	Bajo Costo	Costo se determina en base a cotizaciones realizadas al laboratorio para quipos similares
26	Conectividad alámbrica e inalámbrica.	Solicitud por el cliente para futuros proyectos del laboratorio.

27	Cama térmica	Debido a la mejora que presentan los equipos actuales con respecto al equipo a reacondicionar que no poseía la misma.
----	--------------	---

A.5 Especificaciones Finales

Tabla 8-5 Especificaciones Finales del proyecto

No.	Métrica	Imp	Unidad	Valor Final
1	Desplazamiento Eje X	5	mm	353.08
2	Desplazamiento Eje Y	5	mm	309.24
3	Desplazamiento Eje Z	5	mm	243.45
4	Velocidad en eje X	4	m/s	200
5	Velocidad Eje Y	4	m/s	200
6	Velocidad Eje Z	4	m/s	40
7	Velocidad Eje E	4	m/s	100
8	Aceleración Eje X	4	m ² /s	2500
9	Aceleración Eje Y	4	m ² /s	2500
10	Aceleración Eje Z	4	m ² /s	200
11	Aceleración Eje E	4	m ² /s	2500
12	Impresión en PLA	4	Binario	Si
13	Impresión ABS	4	Binario	Si
14	Impresión en PETG	4	Binario	Si
15	Impresión en TPU	4	Binario	Si
16	Tolerancia Dimensional (Eje X, Y, Z)	4	mm	<+/-0.1mm
17	Tolerancias Geométrica (Impresión)	4	Binario	Pasa

18	Desplazamiento Mínimo en Z	4	mm	0.1mm
19	Interfaz grafica	4	Binario	Si
20	Nueva tarjeta controladora	5	Binario	Si
21	Nuevo extrusor	5	Binario	Si
22	Uso de filamento genérico	4	Binario	Si
23	Software compatible	5	Binario	Si
24	Actualización Simple	4	Binario	Si
25	Bajo Costo	3	Dólares	
26	Conectividad alámbrica e inalámbrica.	3	Binario	Si
27	Cama térmica	5	Binario	Si



CRCIBERNÉTICA S.A.
 Cédula Jurídica 3-101-756208
 Centro Colón, piso 3, local 6
 San José, Costa Rica
 Tel. (506) 2258-6757
www.crciberetica.com

Cotización N° CB2024190101-A
 FECHA: 19-Jan-2024
 Cotización válida por 15 días hábiles

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Atención: Bryan Aguirre Castro

Cantidad	Código	Descripción	Precio USD	Monto USD
1	PRI-FRUSAXL2	Original Prusa XL Assembled 3D Printer Características: - Diseño de la impresora: Core XY - Volumen de impresión: 36x36x36 cm (14.17" x14.17" x14.17") - Diámetro del filamento: 1.75mm, amplia gama de termoplásticos soportados (incluyendo, pero no limitado a PLA, PETG, ASA, ABS,...) - Extrusor: Caja de cambios cicloidal de 20:1 con engranaje de transmisión sin deslizamiento, sensor de célula de carga - Cambiador de herramientas con hasta 5 cabezales de herramientas (ampliación opcional a través del puerto de expansión integrado) - Base: Base catenada segmentada con 16 segmentos controlados individualmente - Superficie de impresión: Láminas de acero inoxidable extruibles con diferentes acabados de superficie - Electrónica: Placa de 32 bits hecha a medida con una ranura de expansión, comunicación de un solo cable con los cabezales, funciones de red, impresión con un solo clic - Nivelación de la base mediante malla: Calibración de la primera capa totalmente automática basada en la célula de carga, sin ajuste de Live Z - Modo Pánico: Precisión de una línea de código G basada en el hardware - Conexión Ethernet: integrada - Cantidad extrusoras / cabezales 2	\$5,900.00	\$5,900.00
			Sub total	\$5,900.00
			IVA 2%	\$118.00
			TOTAL	\$6,018.00

Tiempo de entrega: Primer semestre del 2024
 Garantía de funcionamiento: 12 meses sólo en caso de defecto de fábrica.
 Forma de pago: a usual de la institución
 Lugar de entrega: Instituto Tecnológico de Costa Rica-Carriago

A.7 Análisis Económico

En la Tabla 8-6 se muestra el cálculo de la depreciación anual de cada uno de los activos utilizados, durante el desarrollo del proyecto, para esto es importante que aclarar que el proyecto se desarrolló de un lapso de 16 semanas en un promedio de 30 horas por semana, por lo cual estos datos de depreciación deben de calcularse según un uso aproximado de los equipos anualmente.

Tabla 8-6 Cálculo de Depreciación de Activos

Activo	Valor de Compra	Valor Residual	Vida Útil	Depreciación Anual
<i>Cortadora Laser</i>	₡30 000 000	₡3 000 000	10 años	₡5 400 000
<i>Impresora 3D</i>	₡900 000	₡180 000	5 años	₡144 000
<i>Computadora</i>	₡2 000 000	₡400 000	5 años	₡320 000

En la Tabla 8-7, se puede observar el uso anual de los activos, de los cuales para el proyecto se utilizaron 480 horas aproximadamente para la impresora y la computadora, el servicio de corte laser fue de aproximadamente 2 horas.

Tabla 8-7 Uso anual de los activos

Activo	Uso por día	Semanas	Uso anual
<i>Cortadora Laser</i>	12 h	20	1440
<i>Impresora 3D</i>	24h	20	2880
<i>Computadora</i>	12h	20	1440

En la se muestran los costos resultantes de la depreciación de estos activos, así como de la licencia de SolidWorks, calculada para utilizarse durante todas las horas de funcionamiento del equipo anualmente, para así finalmente poder obtener un valor del costo utilizado durante el proyecto.

Tabla 8-8 Costos Asociados al proyecto

Activo/Software	Costo
<i>Cortadora Laser</i>	₡7 500
<i>Impresora 3D</i>	₡24 000
<i>Computadora</i>	₡106 667
<i>Software</i>	₡61 875

B. Anexos

- B.1 Manual de Ensamblaje
- B.2 Plan de Manufactura
- B.3 Planos Piezas Manufacturadas.

MANUAL DE ACTUALIZACIÓN CUBE PRO

Reacondicionamiento Impresora Cube
Pro Trio con componentes Prusa Mk4

Denis Monge Molina

TEC | Tecnológico
de Costa Rica



Índice

Descripción	2
Herramientas necesarias	2
Componentes.....	3
Piezas Impresas	3
Componentes Eléctricos.....	6
Componentes.....	7
Conectores	8
Des ensamblaje.....	9
Paso1:.....	9
Ensamblaje carcasa y conexiones eléctricas	28
Eje z y Heatbed	33
Eje X y Y	46
Extrusor.....	54
xLCD.....	59
Ensamblaje Final.....	62
Chequeo Final.....	64

Descripción

Este documento muestra una guía paso a paso para el armado de la impresora Cube Pro Trio, utilizando componentes de una impresora Mk4 de Prusa. Este proyecto fue realizado en el Laboratorio Institucional de Microcomputadores (LAIMI) del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Esta guía utiliza fotografías y el paso a paso utilizado en el manual de armado de la impresora MK4 (Disponible en: https://help.prusa3d.com/guide/1-introduction_473977), ya que existen componentes, y conexiones que son idénticos a esta. Es importante recalcar que pueden presentar algunos cambios pequeños que van a exponerse debidamente en su momento.

El manual se divide en subsecciones con el fin de facilitar el armado, además del mantenimiento o cambio de componentes según sea necesario. Este manual puede servir para replicar el sistema en otros sistemas Cube Pro desactualizados, no solo en el TEC, sino que pueda servir para todas las personas que deseen dar uso a los componentes útiles de la misma.

Herramientas necesarias

Estas son las herramientas necesarias que se van a utilizar para realizar el reacondicionamiento de la impresora:

- Juego de llaves Allen milimétricas
- Alicates de puntas
- Pinzas
- Cortadora
- Peladora
- Marcador
- Desatornillador
- Marcador
- Masking
- Lubricante

Componentes

Piezas Impresas

En este apartado se detallan las piezas necesarias para proceder con el reacondicionamiento de la impresora, para ello se subdividen en los principales sistemas. Estas piezas son impresas en 3D con características que se detallan en el manual de manufactura adjunto.

Eje X

Descripción	Cantidad
X Axis Tensioner	1
X Axis Driven Pulley Holder	1
X Axis Left Support	1
X axis Motor Holder	1
X lower Spacer	1
X Upper Spacer	1

Eje Y

Descripción	Cantidad
Y Axis Tensioner 1	2
Y Axis Tensioner 2	2
Left Axis Belt Holder	1
Left Axis Belt Support	1
Right Y Axis Belt Holder	1
Right Y Axis Belt Support	1
Y Lower Spacer	2
Y Upper Spacer	2

Eje Z

Descripción	Cantidad
Z Nut Adapter Nema 17	2
Z Axis Motor Support	2
Z Axis Motor Support Clip	2

Extrusor

Descripción	Cantidad
Fan-Door-R2	1
Fan-Shroud-R2	1
Idler-Lever-A-R2	1
Idler-Lever-B-R2	1
Idler-Nut-R2	1
Idler-Swivel-R2	2
LoveBoard-Cover-Right-R2	1
Main-Plate-R2	1
PG-case-R3	1
PG-Assembly-Adapter-MK4-R1	1
X Carriage-R2	1
Prusa X Carriage Modified	1
Extruder X Carriage Clip	1
Prusa LoverBoard-Cover Modified	1
Filament-Cable Support	1

Carcasa

Descripción	Cantidad
Filament Acrylic Holder	6
Filament Support Bar	1
Power Suply Entry Support	1
Lower Hose Support	1
Old 110V Cavity Cover	1
Old USB Cavity Cover	1
Switch Case	1
Switch Case Top	1
Lower Variable Spacer 2	3
Upper Variable Spacer 2	3
X Lower Variable Spacer	1
X Upper Variable Spacer	1
Y Lower Variable Spacer	2
Y Upper Variable Spacer	2
EI-box-cover-R3	1
PSU-Cover-R2	1
Wifi-Cover-R2	1

Heatbed

Descripción	Cantidad
Headtbed-Cable-holder-R2	1
Heatbed-cable-cover-bottom-R2	1
Heatbed-Cable-cover-Top Modified	1

xLCD

Descripción	Cantidad
LCD Cover	1
Coupler for LCD Cover	1
XLCD-knob-R2	1

Componentes Eléctricos

Los componentes eléctricos son básicamente los incluidos en el kit de actualización de la impresora MK3s+ a MK4. Los componentes electrónicos que deben conseguirse por separado se denotan con una leyenda (*).

Descripción	Cantidad
Tarjeta xBuddy con xBuddy Box	1
Prusa 24V 240W PSU*	1
Heatbed*	1
XL LCD Cable*	1
Prusa Spring Steel Sheet*	1
Heatbed Thermistor	1
Motor Eje Z	2
Motor Eje X	1
Motor Eje Y*	2
Motor Eje Extrusor	1
Nextrude Heatsink	1
Sensor Hall de Filamento	1
NTC termistor 90 mm	1
Ventilador Hotend	1
Hotend assembly	1

Ventilador de Impresión	1
xLCD	1
Power Panic cable	1

Componentes

Los componentes necesarios para realizar el reacondicionamiento se detallan a continuación. Las piezas no incluidas total o parcialmente en el kit de actualización se denotan con un asterisco al final de su descripción.

Descripción	Cantidad
Thermal Pads	4
Polea GT2-16 *	3
Polea Sin dientes GT2-16 o GT2-20	3
Rubber Pads	3
GT2 Belt (metros)*	6
Tuercas trapezoidales	2
Cable 4 hilos 24 AWG (metros)*	6
Cable 22 hilos 24 AWG (metros)*	2
Cable 24 AWG (metros)*	2
Textile Sleeve	3
Prusa ball holder	1
Resorte 3x9mm	1
Resorte 15 x5	2
Bola de Acero	1
Imán 3x3x3	1
Bearin 693 2RS	2

Pin 2.9x8.5	1
Spacer 13.2x3.8x0.35	1
PG-ring	1
PG-assembly	1
Spacer 5x10x0.1 mm	1
Spacer 6 x 3.1 x 8	1
Imanes 20 x6 x 2	2
Expansion Joints	9

Conectores

Los conectores necesarios para poder realizar la extensión de los cables para conducirlos a lo largo de la carcasa se detallan a continuación:

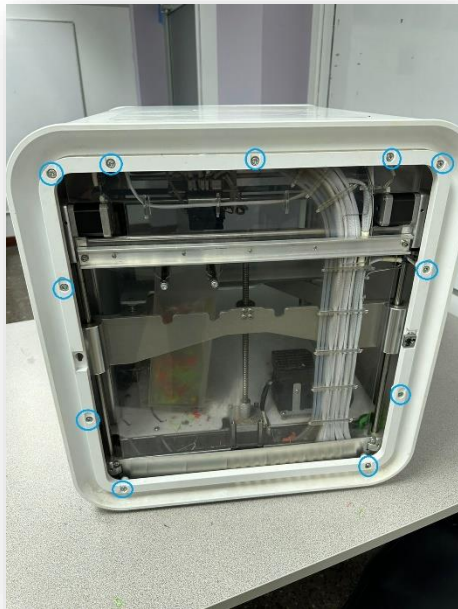
Descripción	Cantidad
538-503149-2200 (Molex 22 pines)	3
538-502578-0400 (Molex 4 pines)	1
538-502579-0000-CT (Molex Crimp Terminals)	56
Terminales de Aro Cable 12 AWG	12

Des ensamblaje

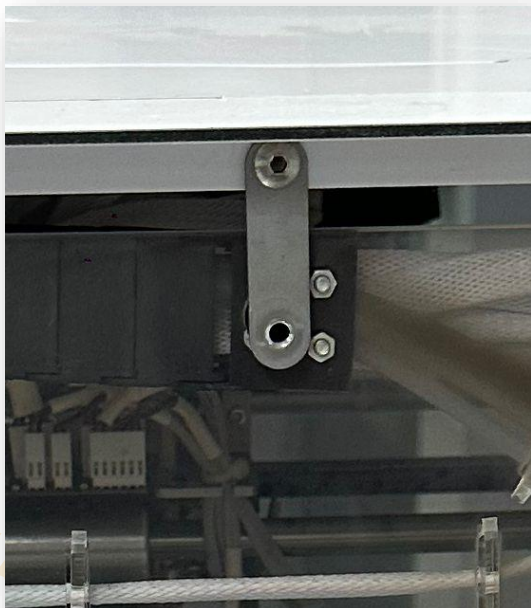
Paso1: En la parte posterior de la impresora, para quitar la tapa acrílica, se levanta hacia arriba la misma y se tira hacia afuera. No es necesario tirar totalmente hacia arriba, ya que esto puede atorar en el agujero el tornillo unido a la placa acrílica.



Paso 2: Quitar los 11 tornillos M5 x 18 y retirar el marco plástico.



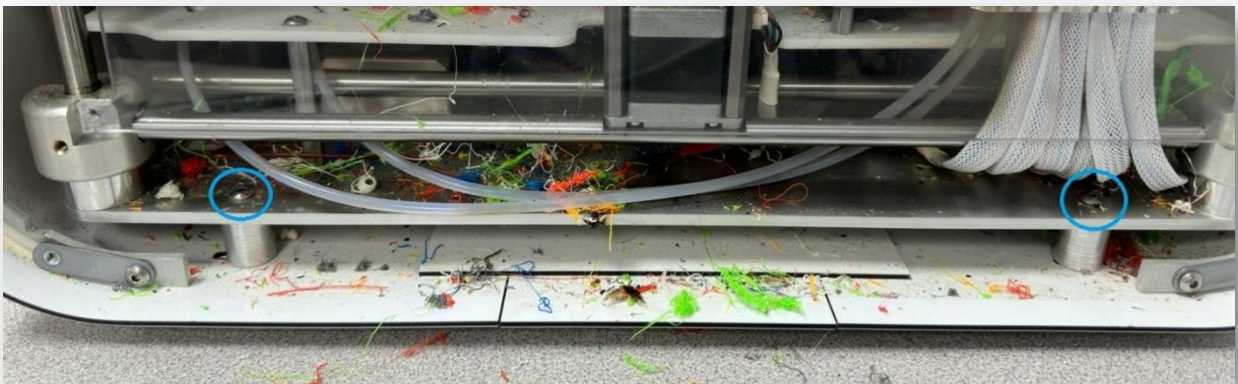
Paso 3: Aflojar los tornillos de cada una de las 11 placas que sostenían el marco, y orientarlas de forma que se alineen con la carcasa, para que estos no interfieran a la hora de sacar el frame de la impresora.



Paso 4. Quitar los tornillos señalados, para poder quitar la placa metálica inferior.



Paso 5. Quitar los tornillos señalados, para poder sacar el frame de la impresora.



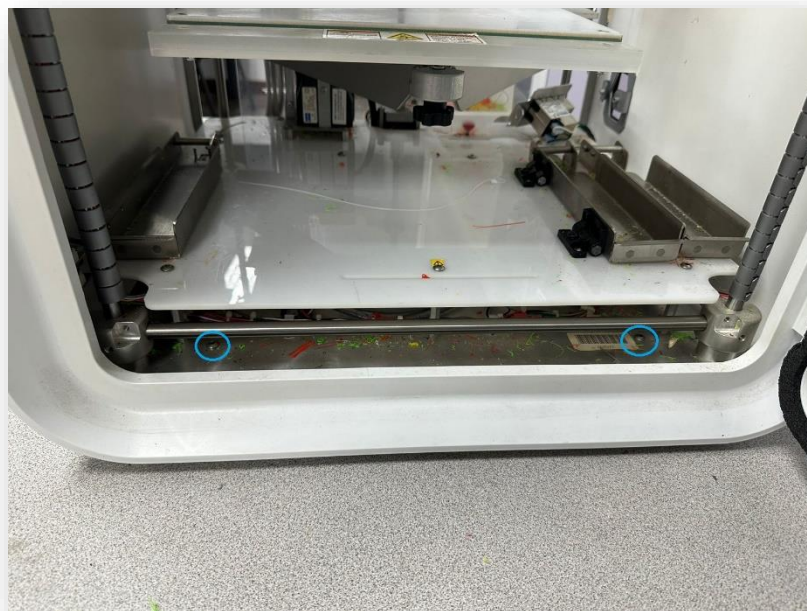
Paso 6. Desde la parte frontal de la impresora, quitar los tornillos señalados para poder sacar el frame de la impresora.



Paso 7. Desde la parte frontal de la impresora, quitar los tornillos señalados para poder sacar el frame de la impresora.



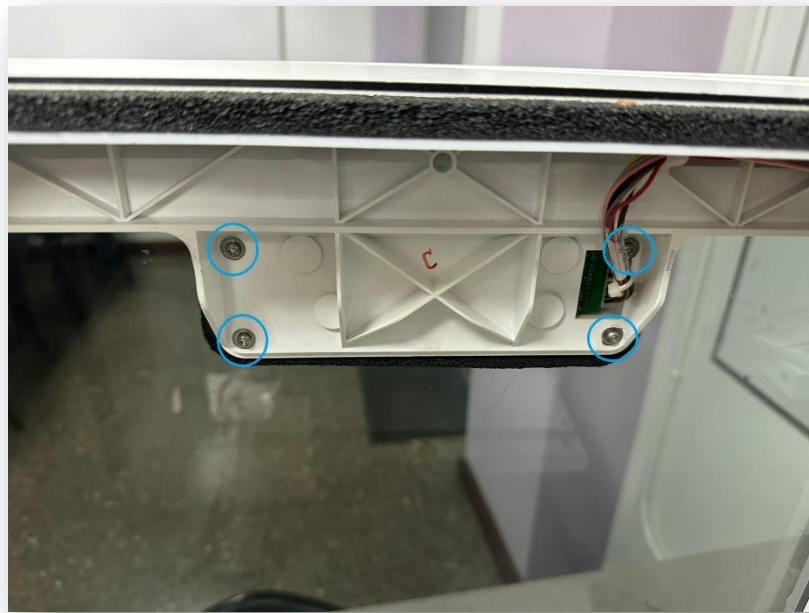
Paso 8. Desde la parte frontal de la impresora, quitar los tornillos señalados para poder sacar el frame de la impresora.



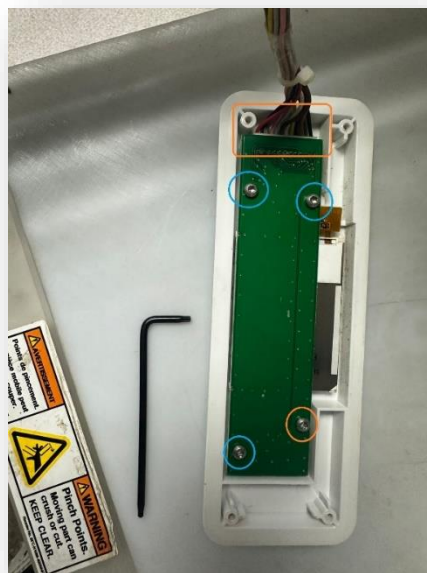
Paso 9. Desde la parte frontal de la impresora, quitar los conectores deslizándolos hacia arriba para poder sacar el frame de la impresora.



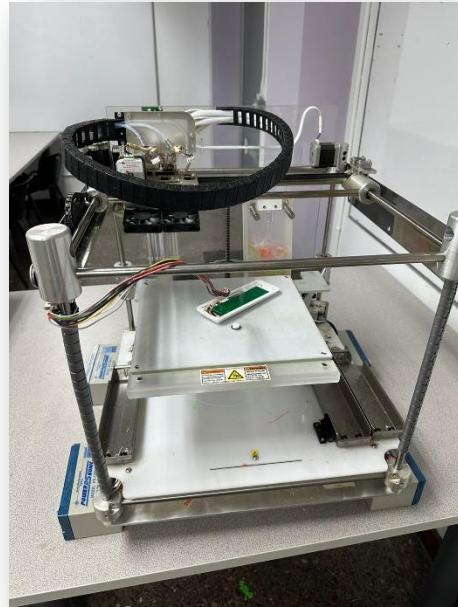
Paso 10. Desde la parte frontal de la impresora, quitar los tornillos de la pantalla frontal.



Paso 11. Quitar los tornillos que sujetan la pantalla y retirar el conector con los cables de la pantalla, pasar el cable por el agujero de la carcasa de la impresora y volver a colocar el conector y los tornillos.



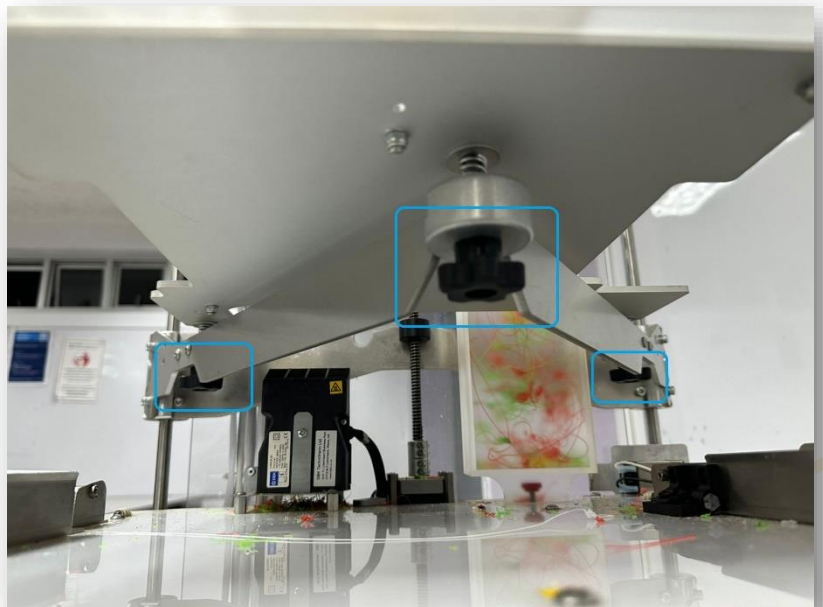
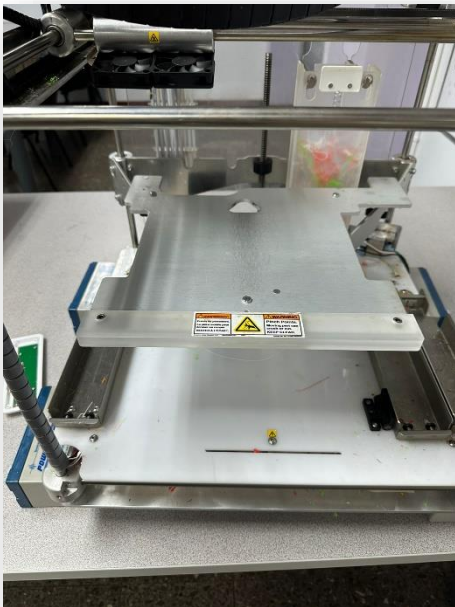
Paso 12. Proceder a retirar el frame de la impresora de la carcasa por la parte posterior de la misma. ***Este paso realizarlo con cuidado, o con la ayuda de otra persona debido al peso del frame y todos los componentes.**



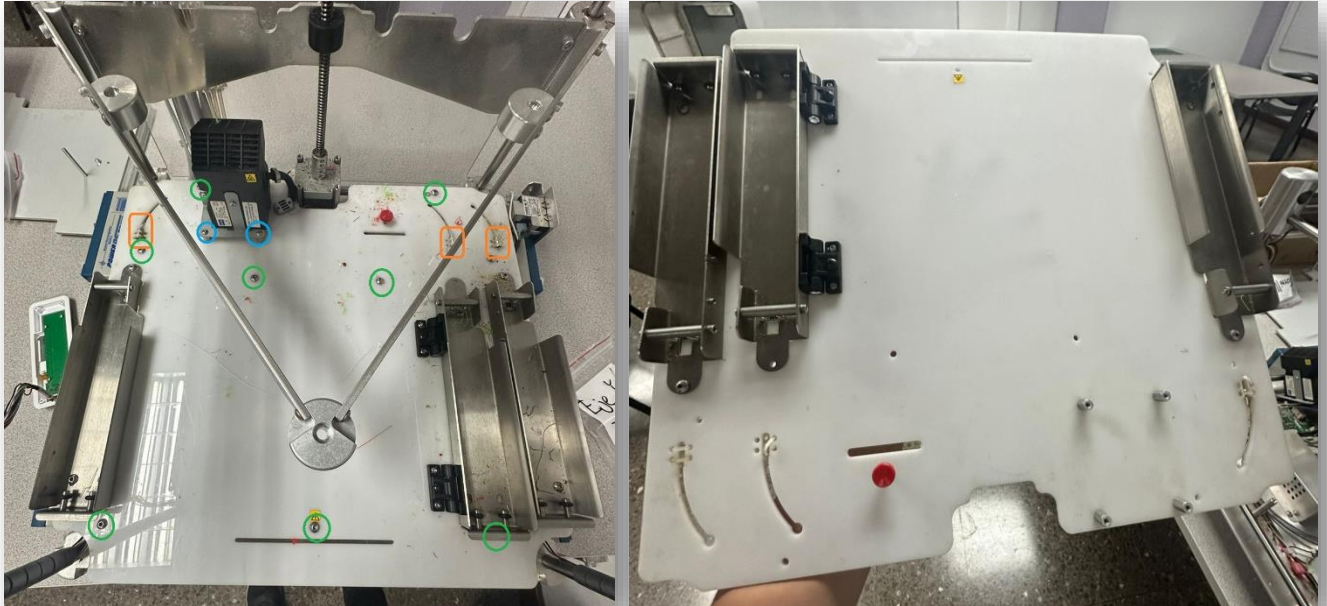
Paso
13.

Limpiar toda la carcasa, para eliminar todos los residuos de filamento.

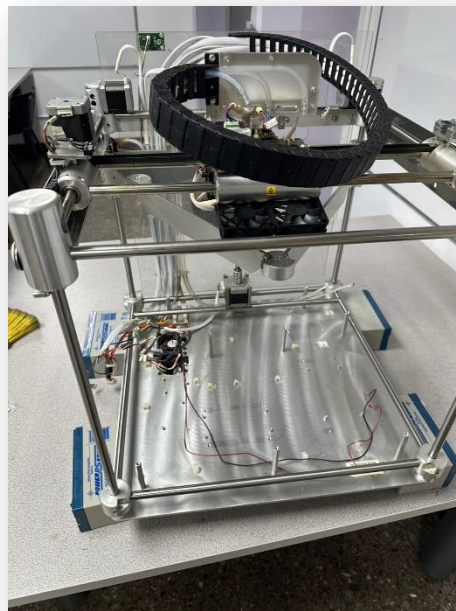
Paso 14. Quitar la placa de la cama impresión. Desde la parte inferior quitar los tornillos de cabeza negra



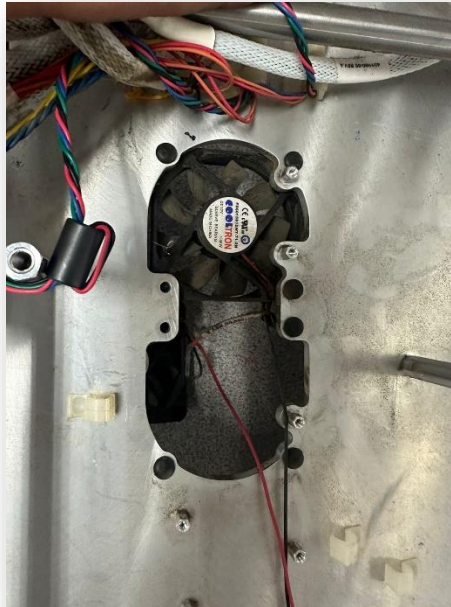
Paso 15. De la placa blanca inferior, quitar los tornillos de la base del calentador, cortar las correas de las guías de filamento y, por ultimo, quitar los 9 tornillos que fijan la placa acrilica a la base del frame.



Paso 16. Retirar todos los componentes de la placa inferior del frame: fuente de poder, tarjeta controladora, conexión de componentes no se pero pueden ser útiles (Estos van a utilizar más, para otros fines)



Paso 17. Retirar los ventiladores, solamente tirando de ellos.

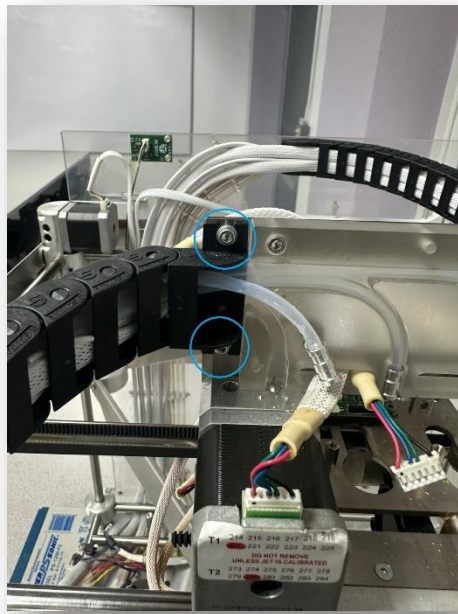


Paso 18. Quitar todos extrusor (Aplica para la Cube Pro, sea de uno extrusores)



los conectores del cualquier versión de o hasta tres

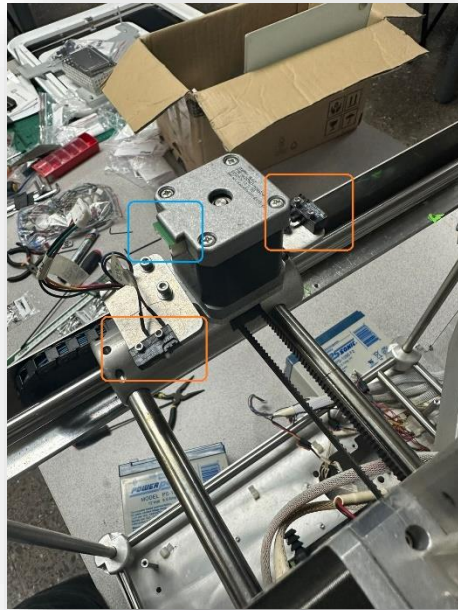
Paso 19. Quitar los tornillos de la oruga que lo unen a la placa del extrusor.



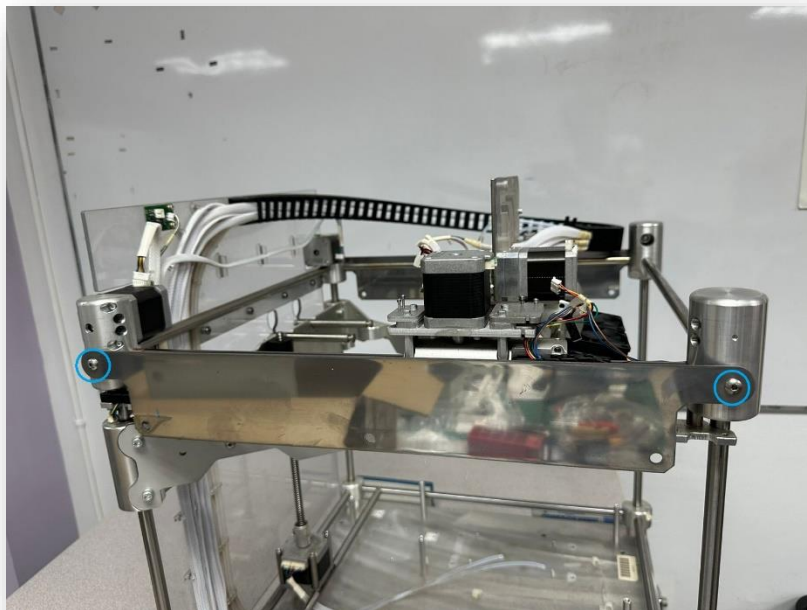
Paso 20. Quitar los conectores de los motores del eje Y.



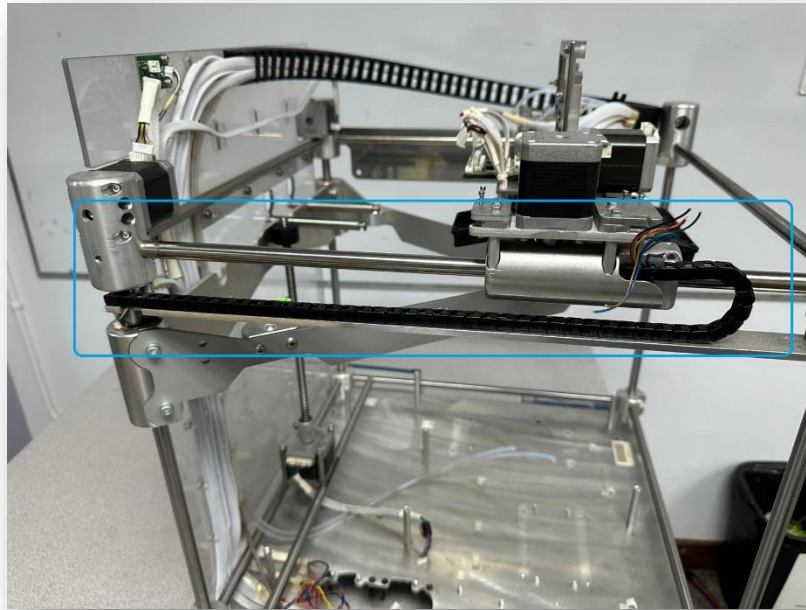
Paso 21. Cortar el conector del motor del eje X y los sensores de final de carrera del eje Y y X.



Paso 22. Quitar los tornillos que sujetan la placa metálica lateral.



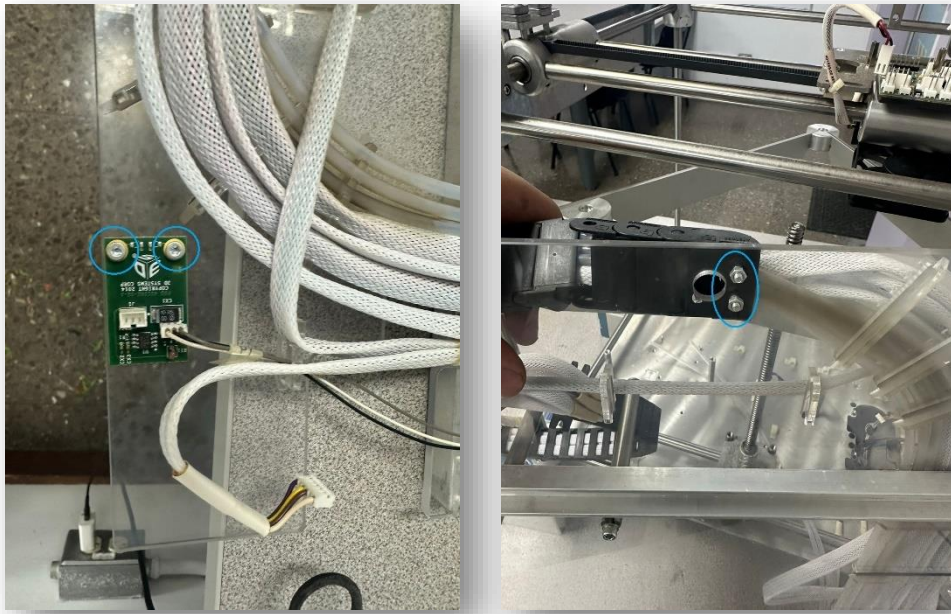
Paso 23. Jalar los cables que pasan por la oruga pequeña, que se mueven junto con el eje Y.



Paso 24. Quitar los tornillos que sujetan la placa acrílica posterior.



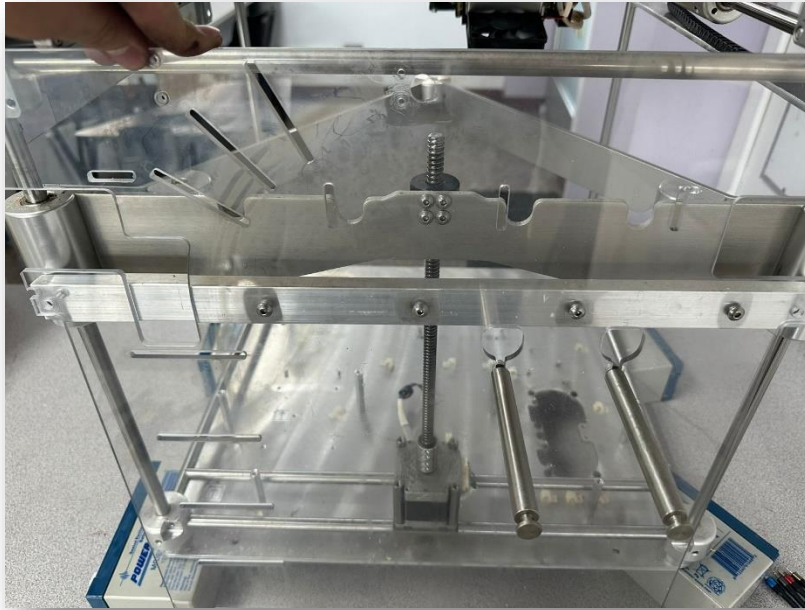
Paso 25. Quitar los tornillos de los componentes que se unen a la placa acrílica posterior.



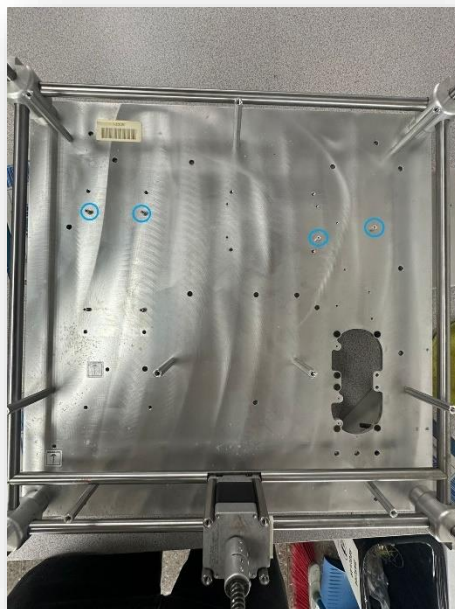
Paso 26. Quitar todos los cables y mangueras de la placa acrílica y sacarlos de la oruga.



Paso 27. Retirar el soporte de aluminio de la placa posterior de acrílico.



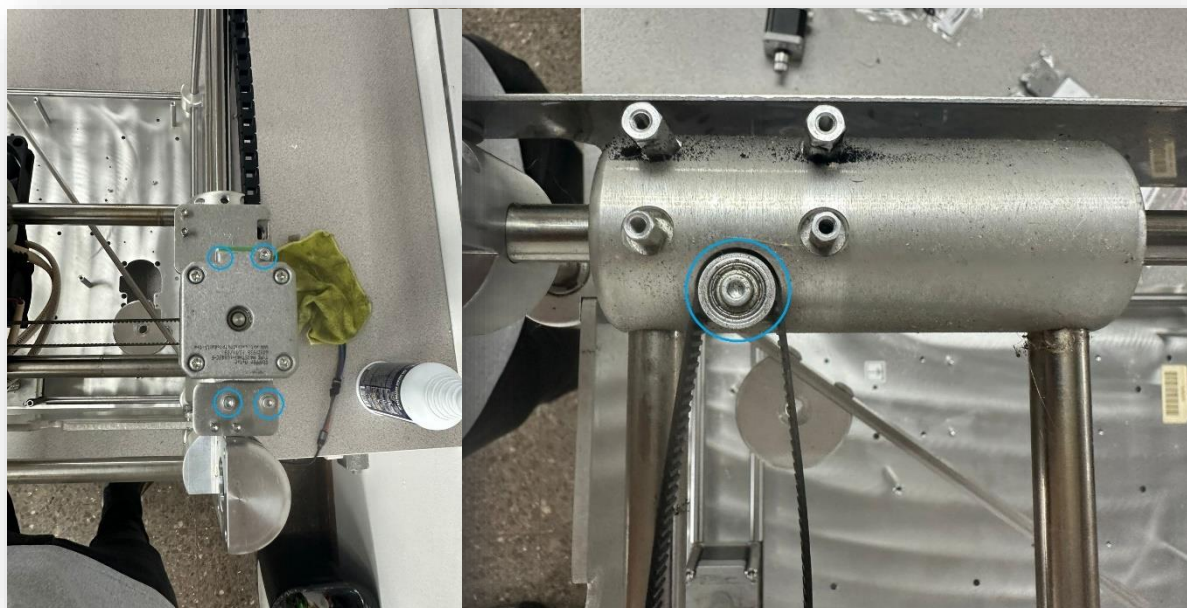
Parte 28. Retirar todos los sujetadores de cable y separadores, excepto los señalados en la imagen, y limpiar totalmente la placa base del frame.



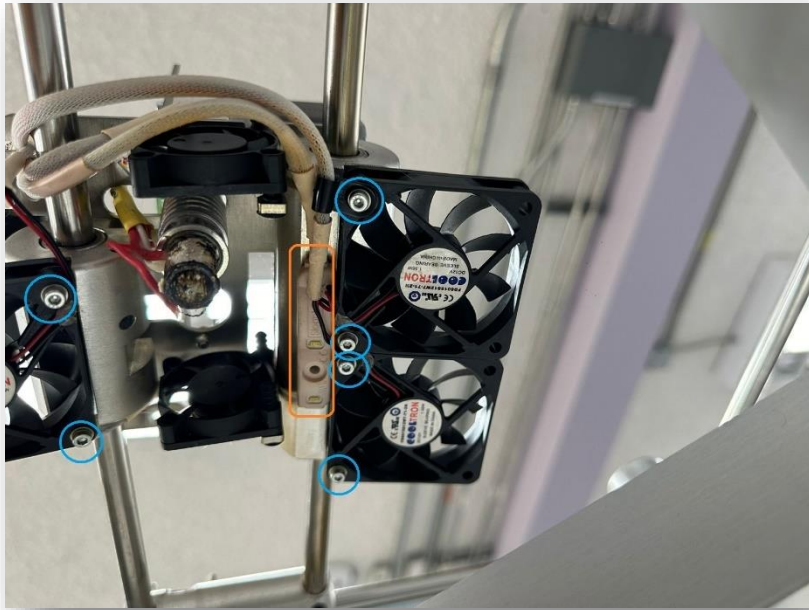
Paso 29. Quitar ambos motores del eje Y quitando los 4 tornillos que los sujetan al frame y limpiar bien el agujero de la polea.



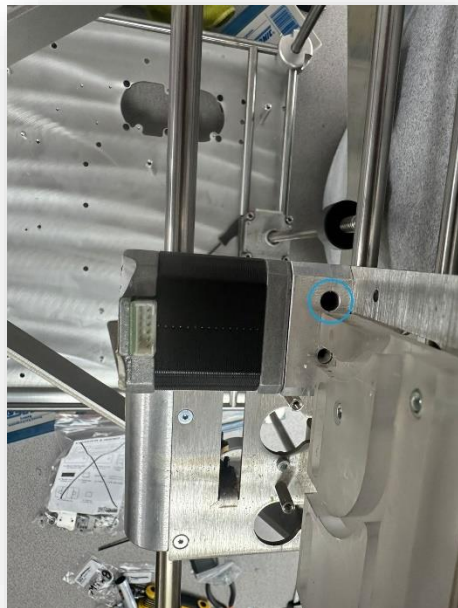
Paso 30. Quitar las placas de ambos lados del eje X y quitar la polea del lado que no posee motor.



Paso 31. Quitar los tornillos que sujetan los ventiladores y utilizar una espátula para retirar las luces LED.



Paso 32. Retirar el tornillo que sostiene el extrusor a la placa y retirar el mismo totalmente.



Paso 33. Retirar los tornillos que sujetan la placa controladora del extrusor.



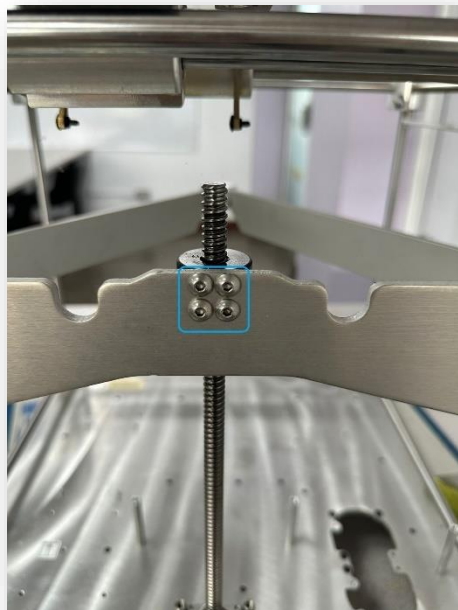
Paso 34. Retirar los tornillos y separadores que unen la placa metálica de los dos cilindros del eje X.



Paso 35. Retirar los tornillos de la placa metálica lateral.



Paso 36. Retirar los 4 tornillos de la tuerca del eje z. (Cuidado al retirar estos tornillos, toda la base del eje Z quedará libre y caerá libremente)

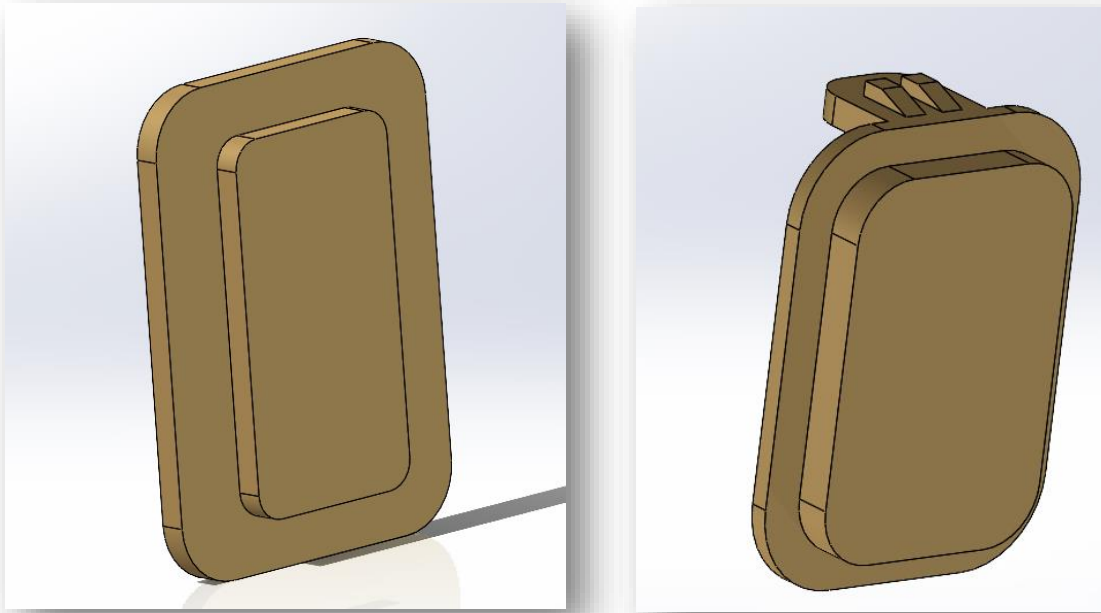


Paso 37. Retirar los 4 separadores que unen el motor del eje z al frame.

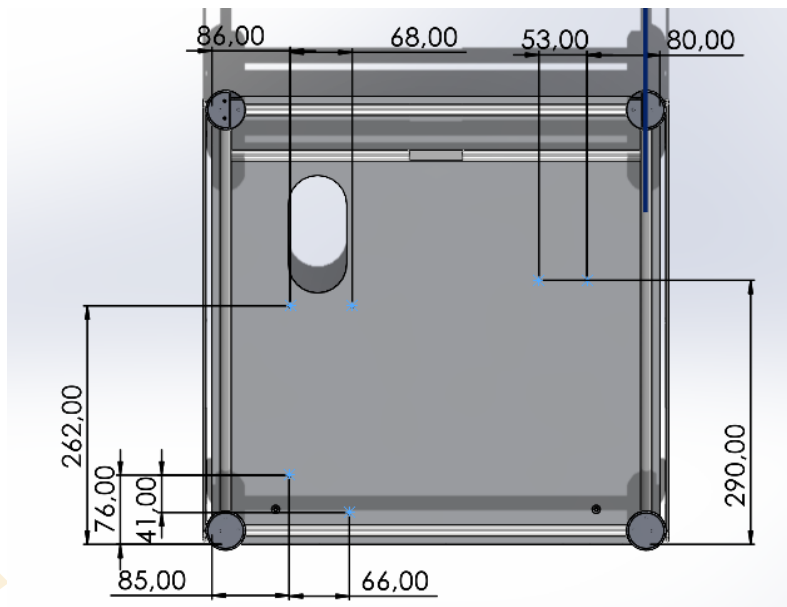


Ensamblaje carcasa y conexiones eléctricas

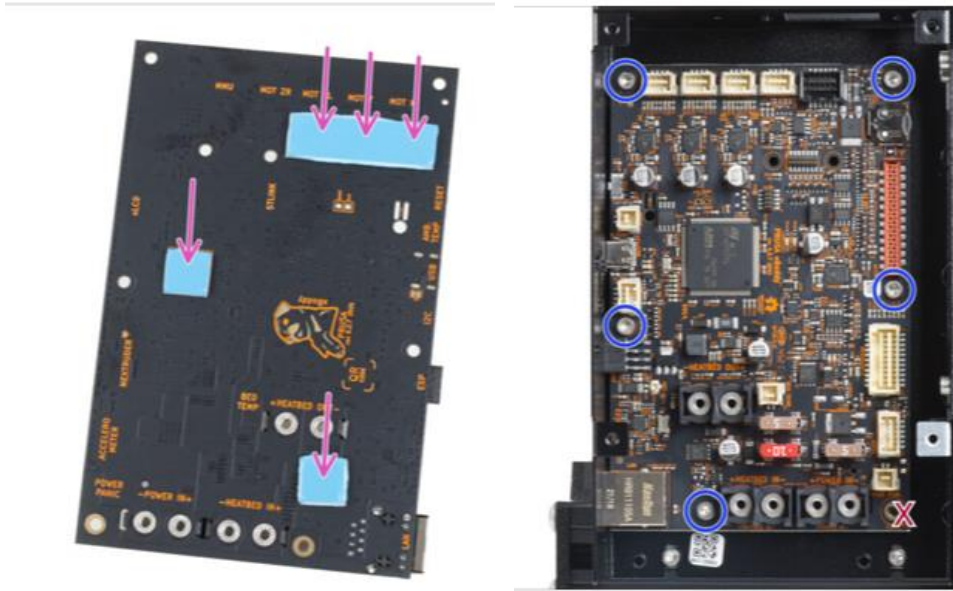
Paso 1. Colocar las piezas OLD 110V Cavity Cover y Old USB Cavity Cover en sus respectivos alojamientos de la carcasa de la impresora. El cobertor del antiguo alojamiento del 110V se fija con dos tornillos M5 x 18m



Paso 2. Realizar agujeros pasantes para el mismo en la base del frame según las cotas mostradas. (Revisar planos adjuntos para mayor detalle)



Paso 3: Colocar los thermal pads en la parte posterior de la tarjeta xBuddy, y fijar la misma al case con 5 tornillos M3x 6.



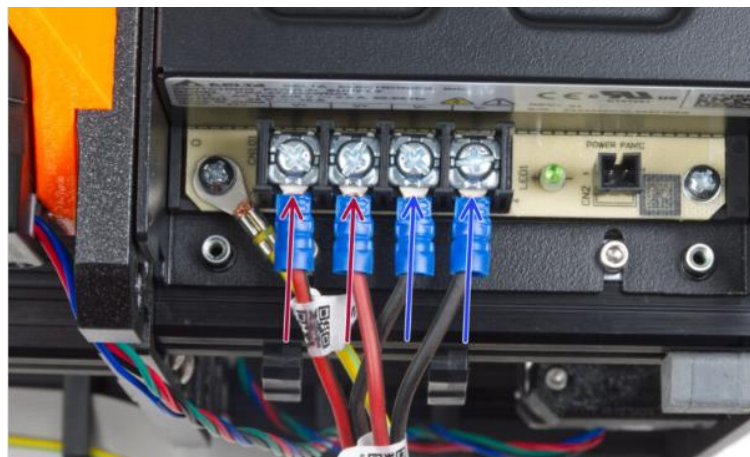
Paso 4: Colocar 4 zip ties en los agujeros del case de la xBuddy



Paso 5: Colocar espaciadores de 6mm en los cuatro agujeros superiores, con tornillos M3 x 8mm desde la parte inferior y junto con los espaciadores dejados anteriormente montar con tornillos M3x 6mm el case de la xBuddy y la fuente de poder.



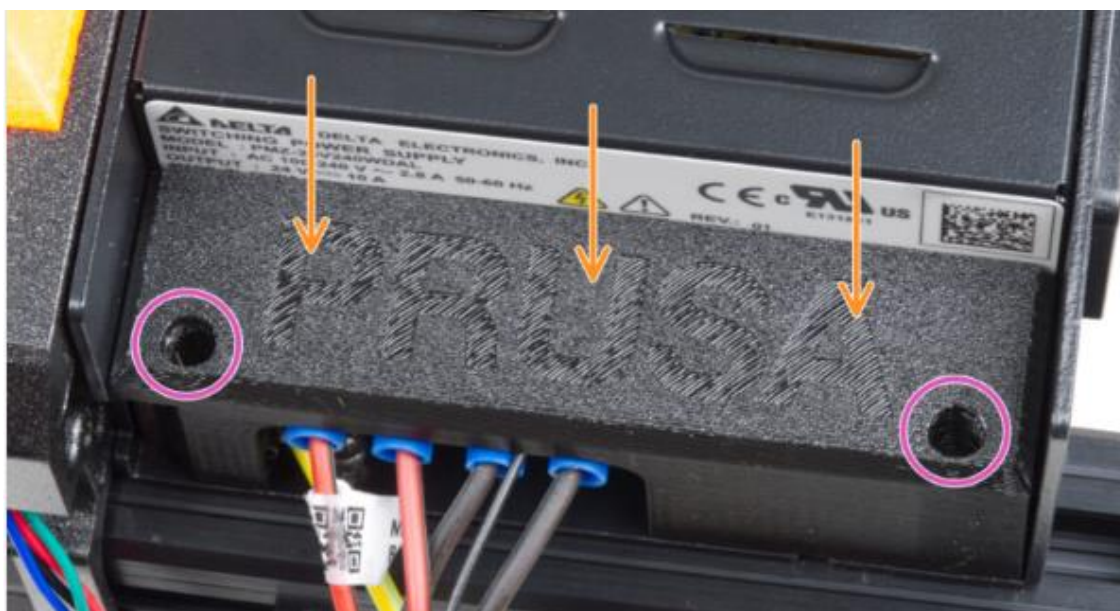
Paso 6: Conectar los cables a la fuente, incluido el cable de tierra.



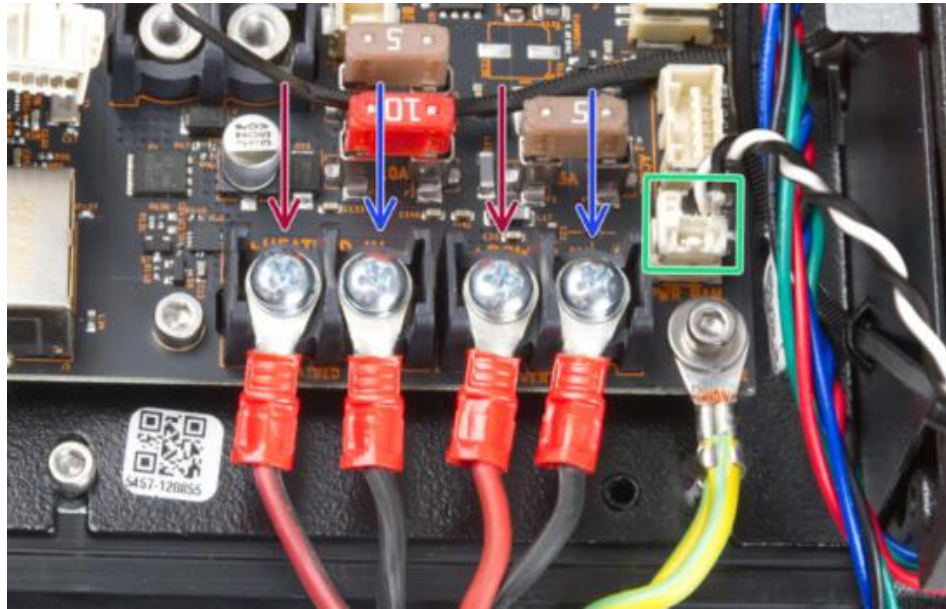
Paso 7: Conectar el cable de pánico a la fuente.



Paso 8: Colocar el protector de la fuente con dos tornillos M3x 10



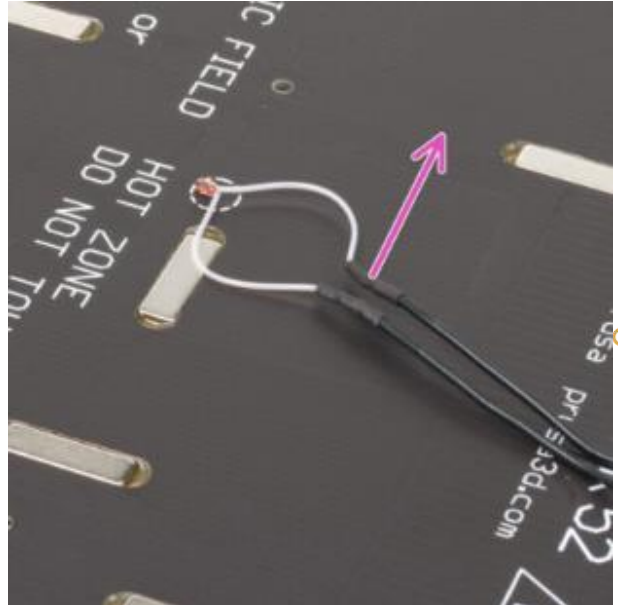
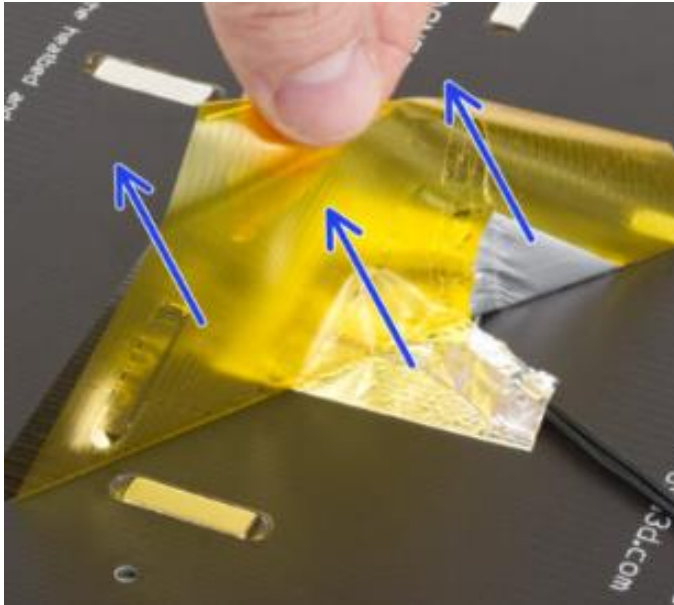
Paso 9: Conectar adecuadamente los cables de alimentación a la tarjeta xBuddy, también conectar el cable de tierra y el de pánico.



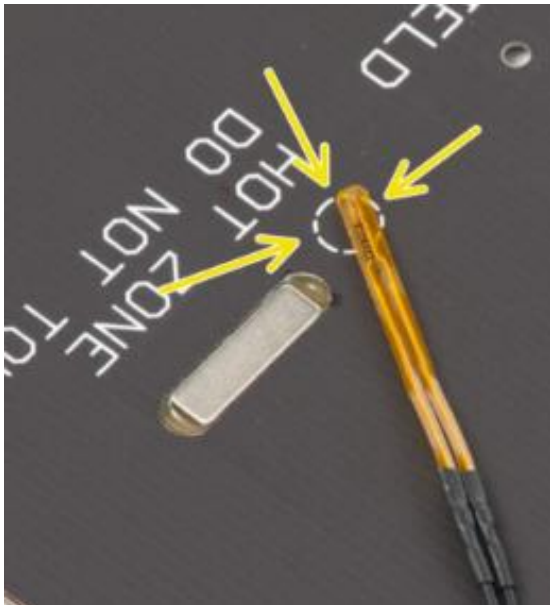
Paso 10: Revisar de nuevo el paso 7 y paso 9, y verificar adecuadamente las conexiones realizadas adecuadamente, una mala conexión puede dañar los equipos.

Eje z y Heatbed

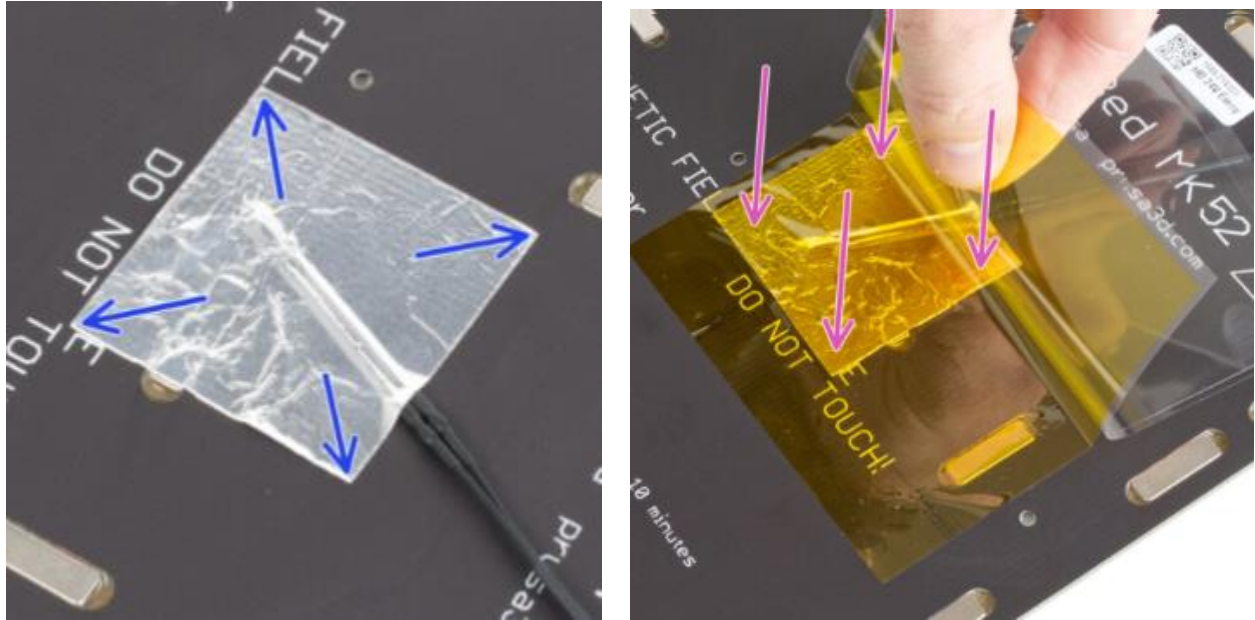
Paso 1: Retirar el termistor de la heatbed (La cama caliente disponible actualmente en la página de prusa viene con el termistor para MK3)



Paso 2: Instalar el nuevo termistor.



Paso 3: Fijar completamente el termistor



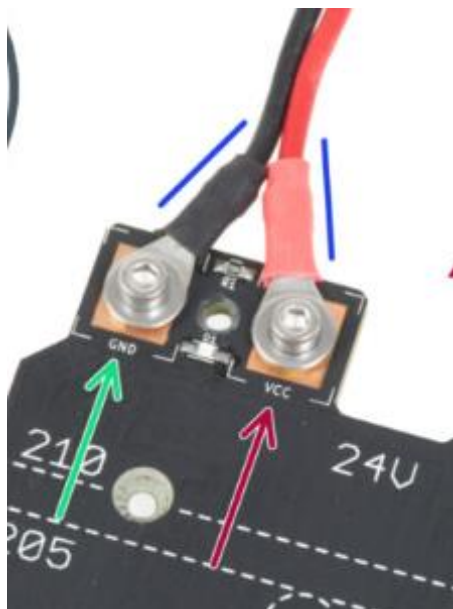
Paso 4: Cortar la terminal del termistor, y realizar una extensión del cable hasta conseguir una longitud de 60cm. (Utilizar cable 24AWG)



Paso 5. Realizar un par de cables de longitud de 60cm con cable 12AWG, y con terminales de anillo en ambos extremos. (Se recomienda utilizar colores para poder diferenciar la polaridad de estos)



Paso 6: Unir una punta de cada uno de los cables a la heatbed utilizando un tornillo M3x 10, una arandela y una tuerca autoblocante.



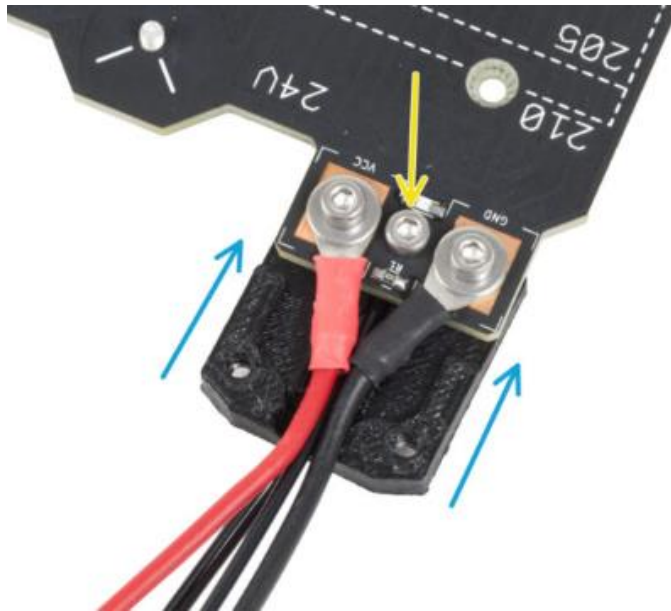
Paso 7: Insertar 3 tuercas hexagonales el heatbed-cable-cover-bottom



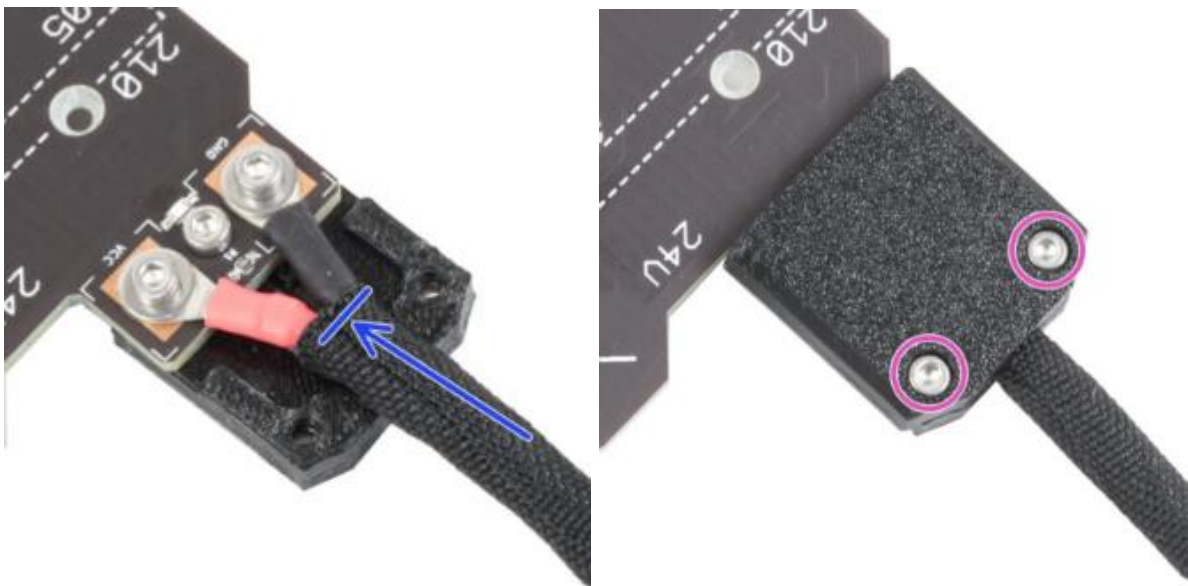
Paso 8: Insertar el heatbed-cable-cover-bottom, según se muestra en la imagen.



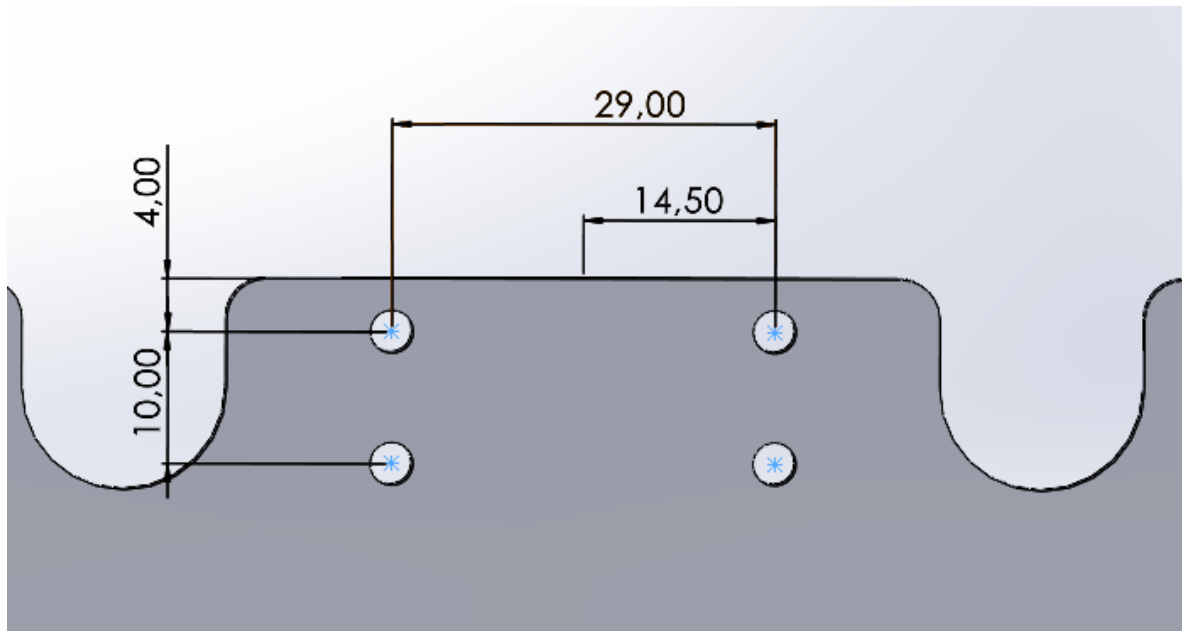
Paso 9: Unir el heatbed-cable-cover-bottom al heatbed con un tornillo M3x 10



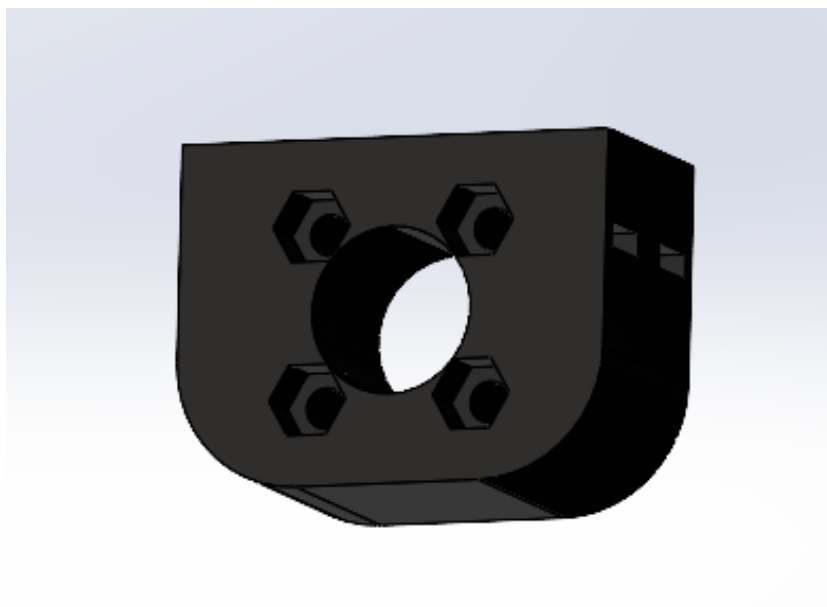
Paso 10: Enrollar el textil Sleeve de 550cm a lo largo de los cables hasta la posición señalada, y colocar el heatbed-cable-cover-top-modified con 2 tornillos M3x 10.



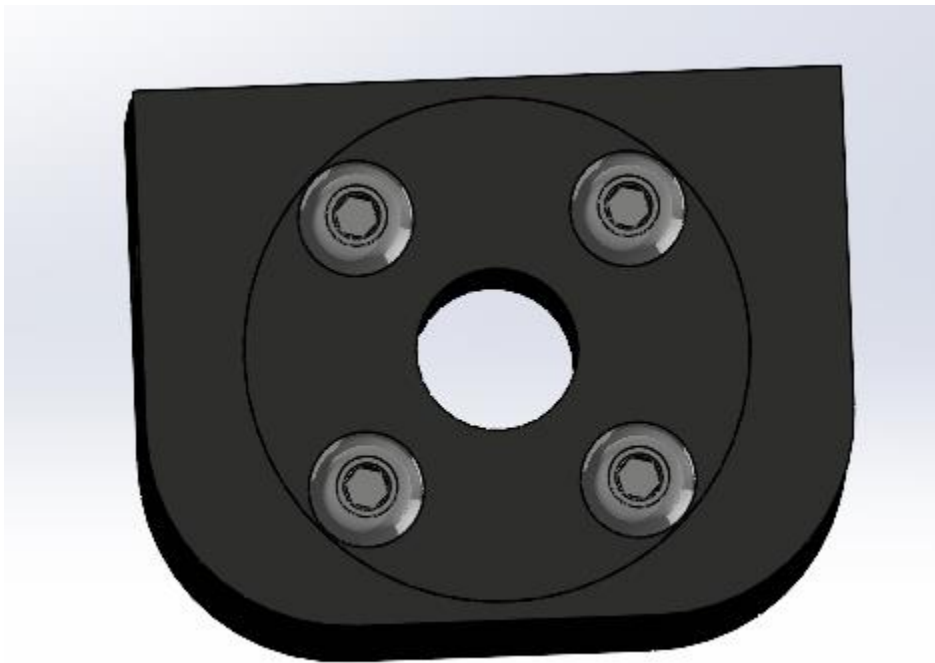
Paso 11: Realizar agujeros pasantes para tornillos M3 en ambos extremos de la placa posterior del eje Z, si considera necesario puede desmontar esta placa para realizar los agujeros.



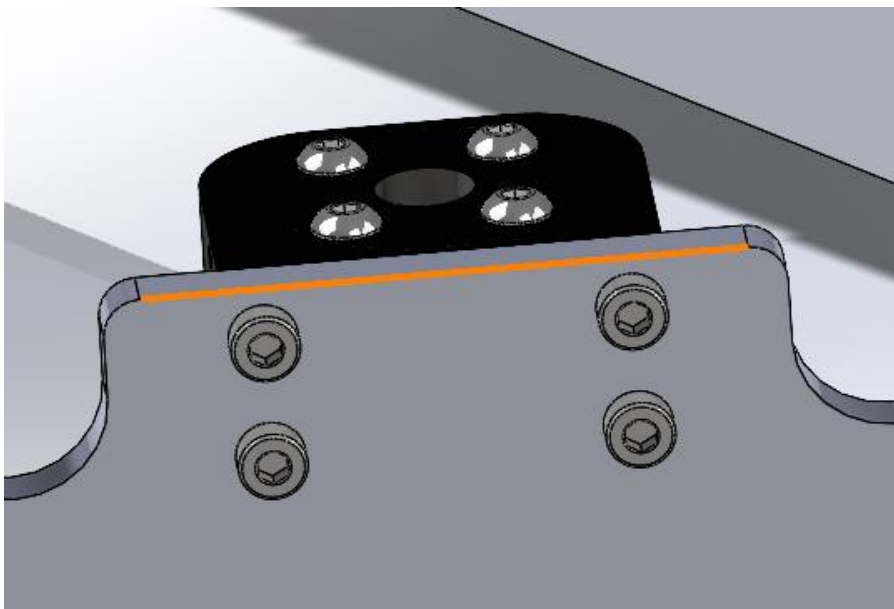
Paso 12: Insertar 4 tuercas hexagonales y 4 tuercas cuadradas en los orificios respectivos de los dos Z Nut Adapter.



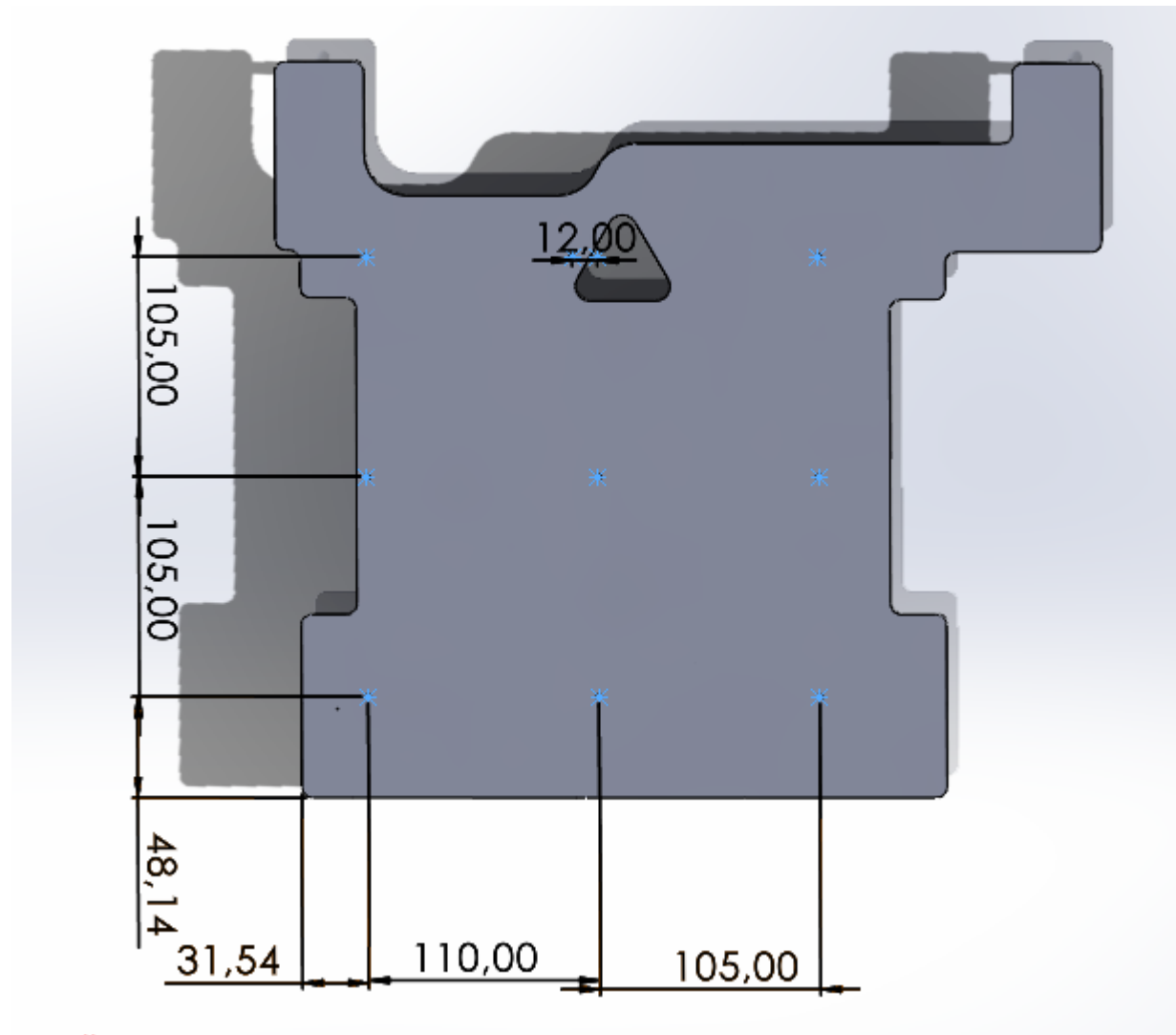
Paso 13: Colocar el Z nut dentro del Z Nut adapter con 4 tornillos M3x 18 (2 Unidades)



Paso 14: Colocar los Z nut Adapter en la placa posterior del eje Z, con 4 tornillos M3x16



Paso 15: Al plate del eje z realizar 9 agujeros para un tornillo m3 pasantes según las dimensiones de la imagen adjunta.

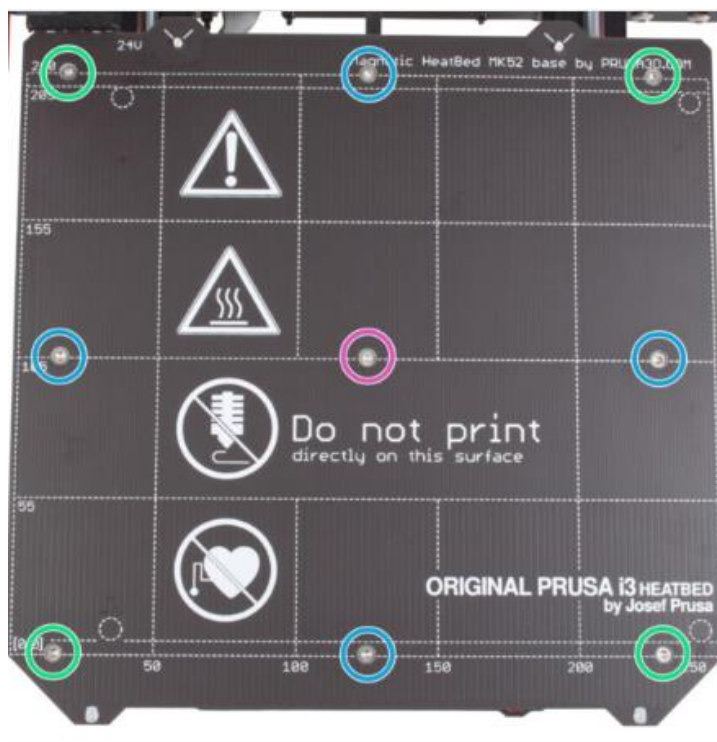


Estos agujeros tienen que realizarse con una tolerancia no mayor a 0.5mm, debido a que de esto depende la correcta alineación del heatbed.

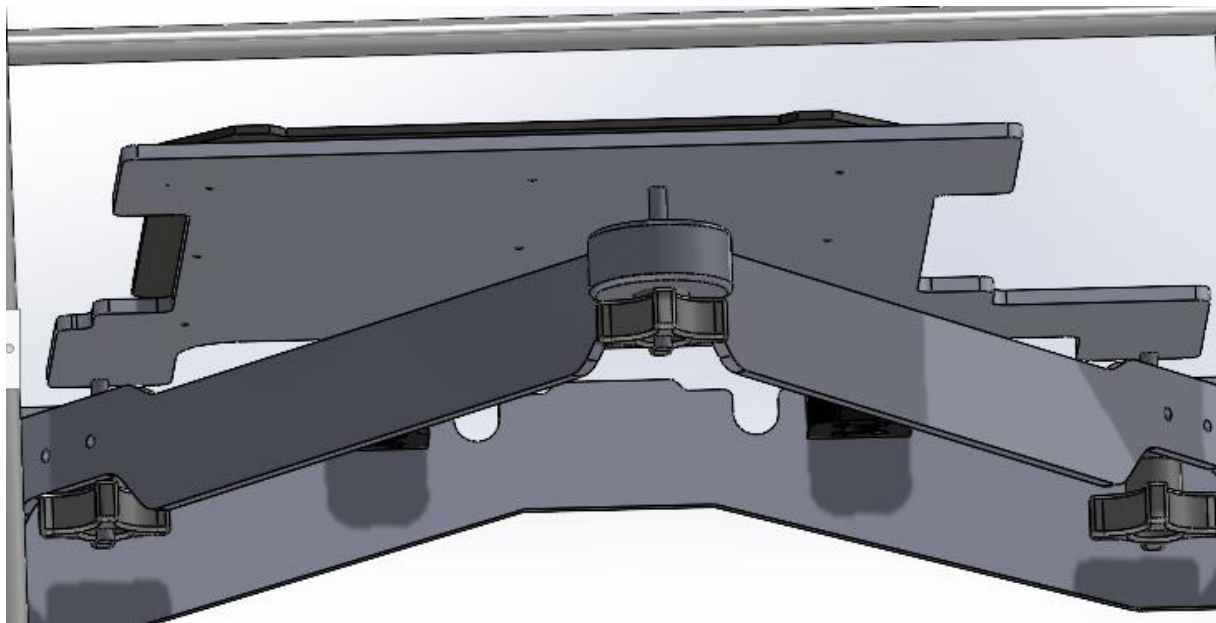
Paso 16: Colocar los expansion joints en cada uno de los agujeros realizados en el plate, con tornillos de cabeza redonda M3x 12 y tuercas autoblocantes.



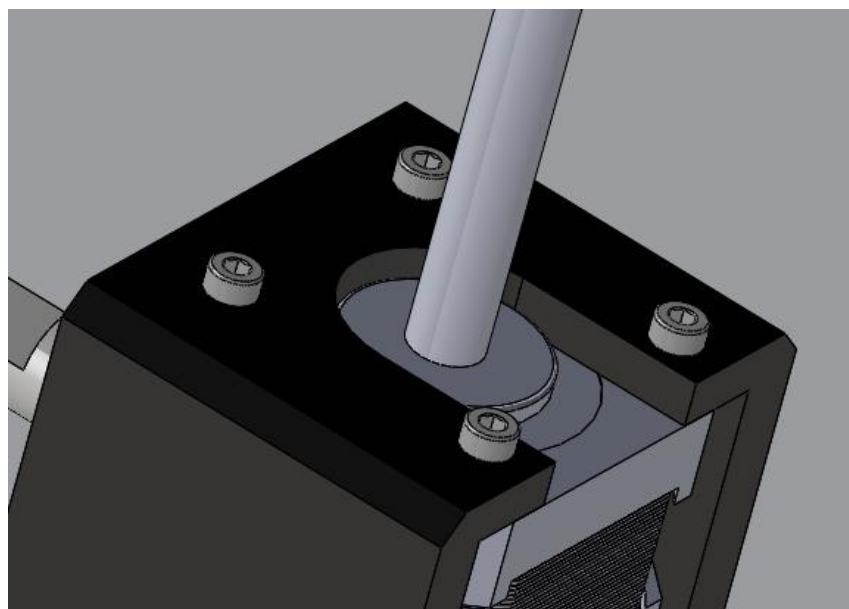
Paso 17: Colocar la heatbed sobre los expansión joints (El tornillo superior central no se coloca)



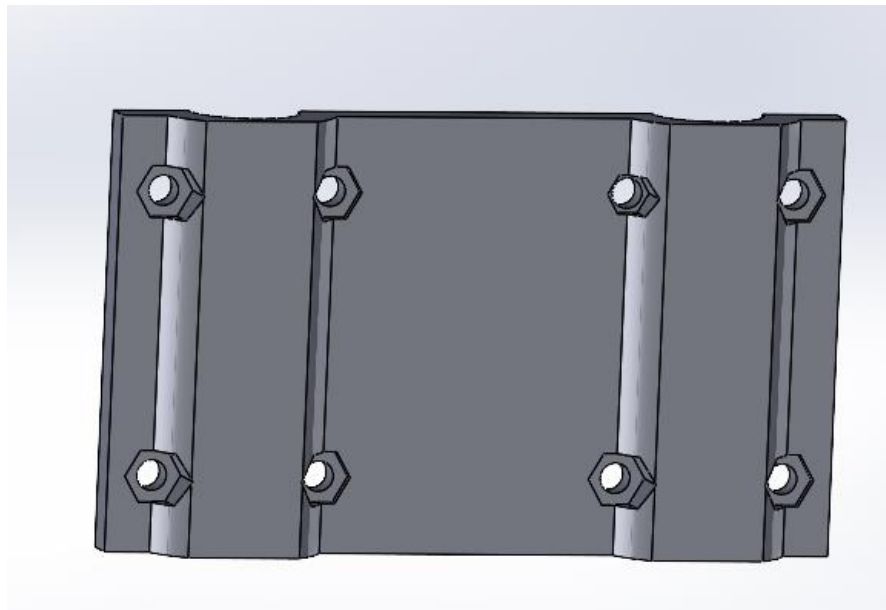
Paso 18: Colocar el plate, sobre el brazo del eje Z, y unirlo con los knobs de la cube pro.



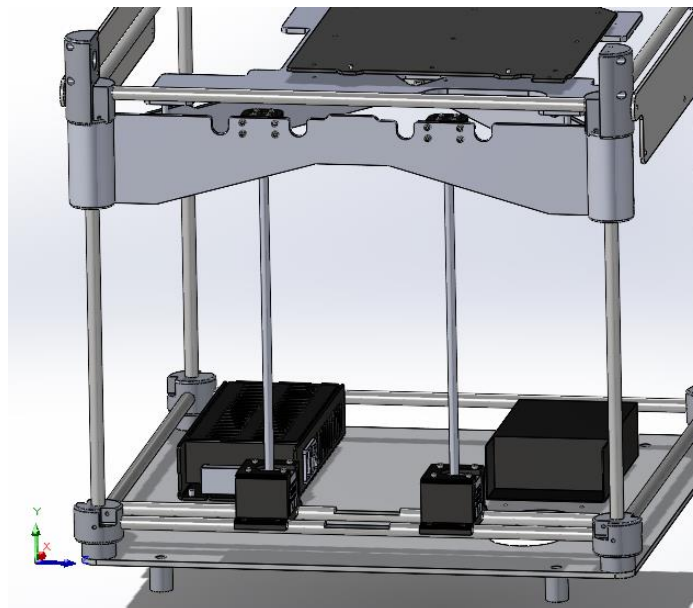
Paso 19: Unir los dos motores z, a los dos Z axis Motor Support, con 4 tornillos M3x 8



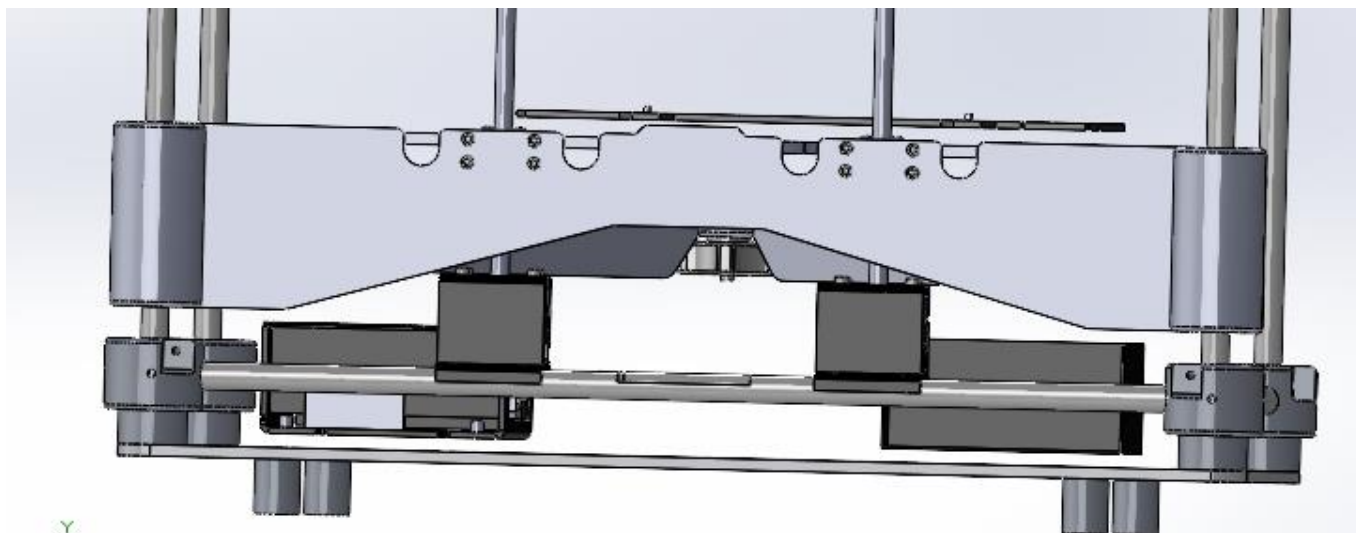
Paso 20: Insertar 4 tuercas hexagonales en los extremos de los Z Axis Motor Support Clip.



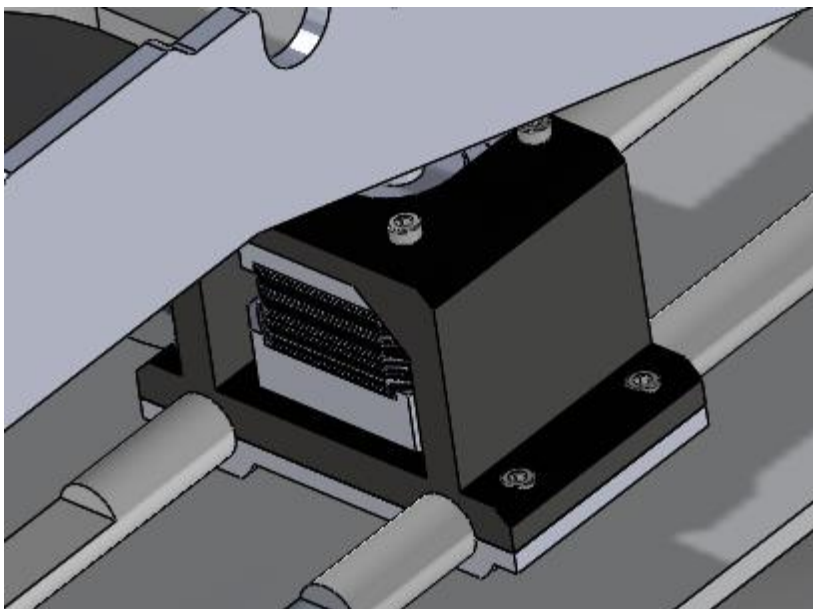
Paso 21: Subiendo en su totalidad el eje Z, insertar el tornillo de cada uno de los motores Z, intentar dar la misma cantidad de vueltas a cada motor, para montarlo sobre las dos barras de 12 mm del frame. El motor con el cable más largo se coloca del lado de la tarjeta controladora.



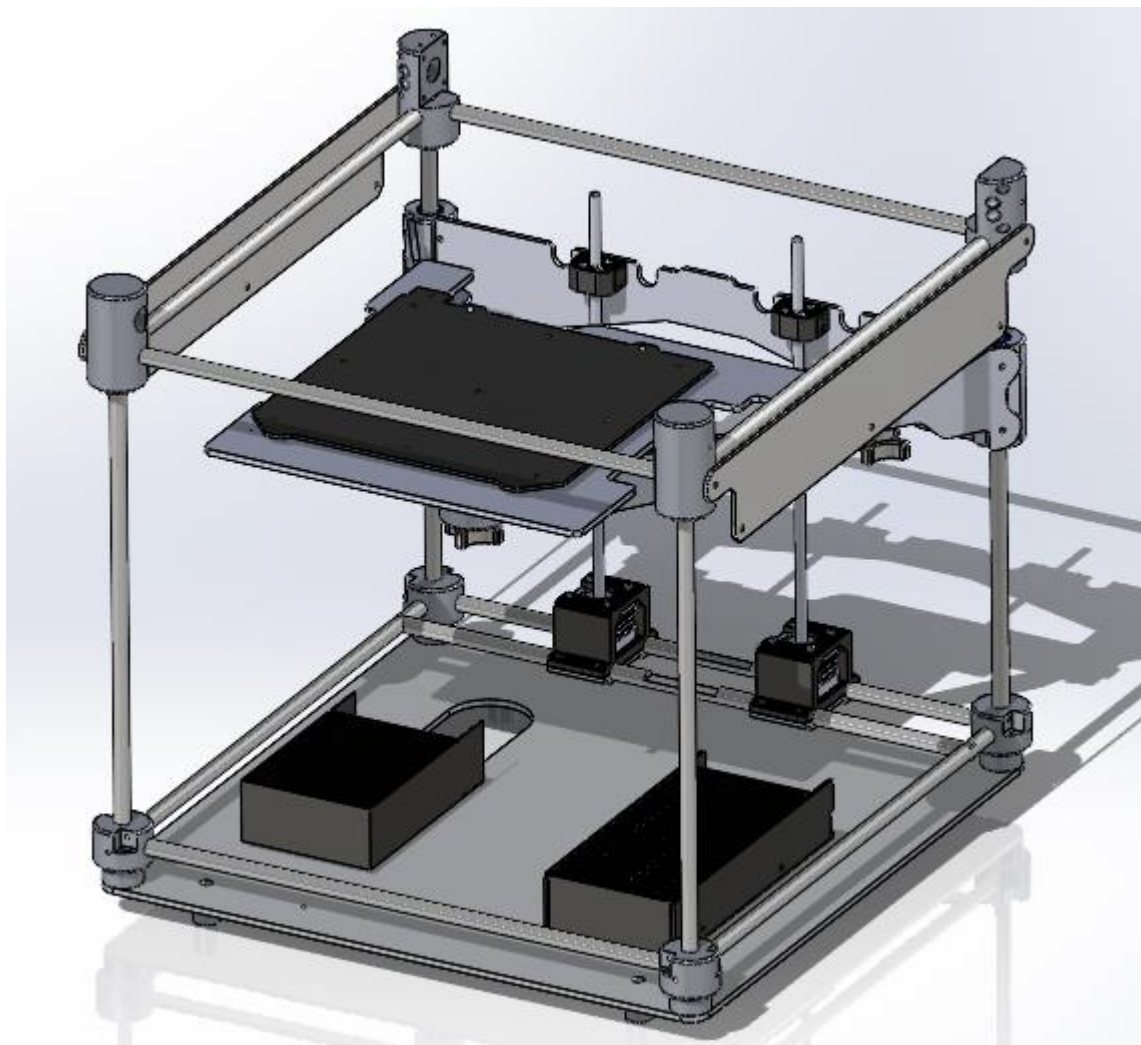
Paso 22: Bajar el eje z, girando el tornillo de ambos motores al mismo tiempo, hasta la parte mas inferior del mismo, esto para alinear la posición correcta de los motores.



Paso 23: Unir los ZAxis Motor Support Clip, con los Z Axis Motor Support mediante 4 tornillos M3x 10.

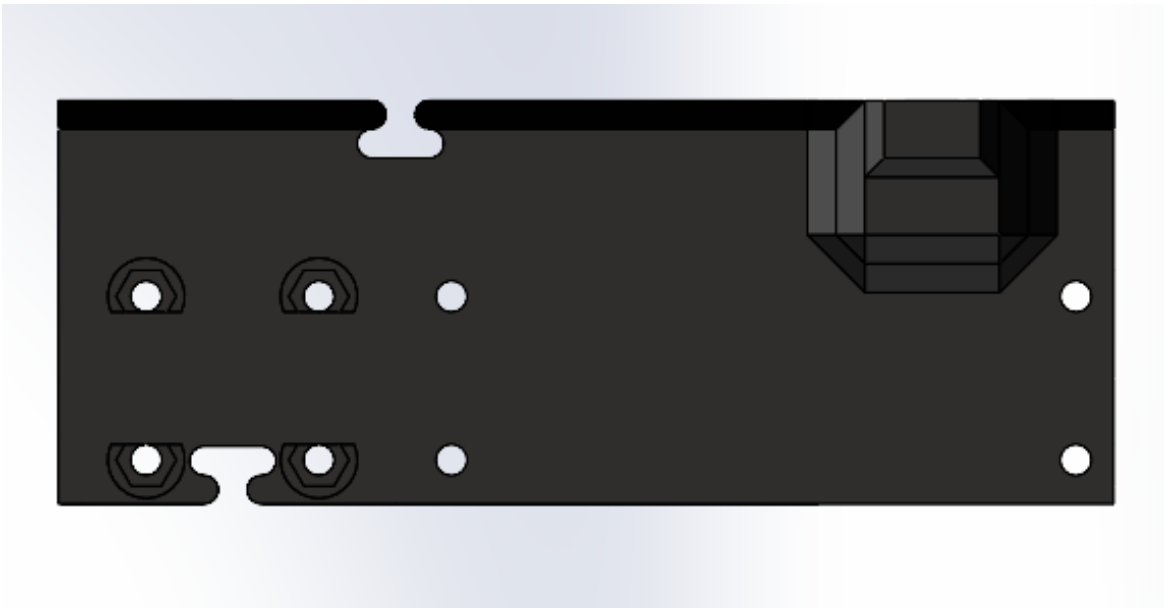


Paso 24: Finalmente, así queda el frame junto con el eje z de la impresora.

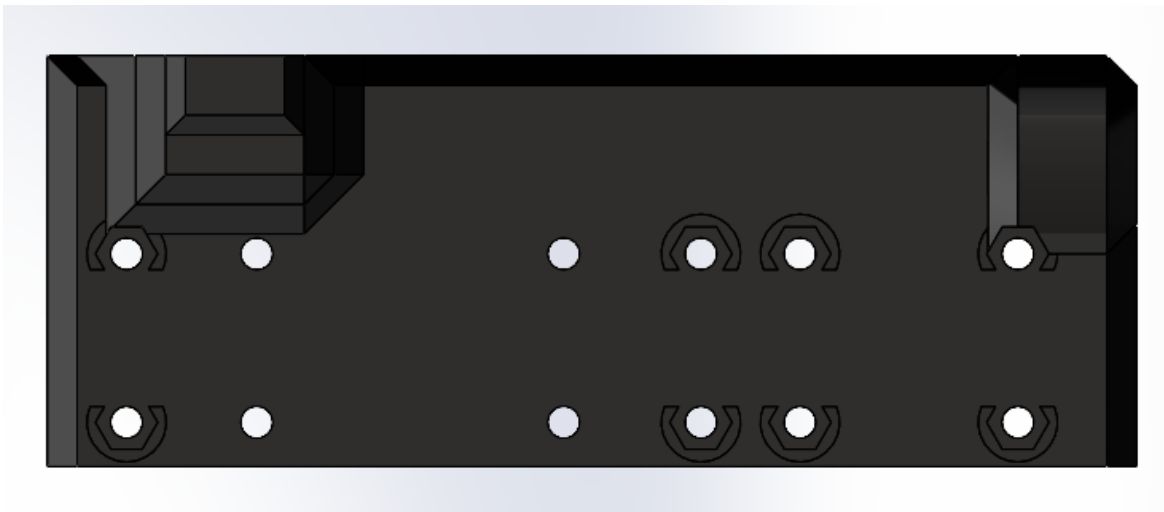


Eje X y Y

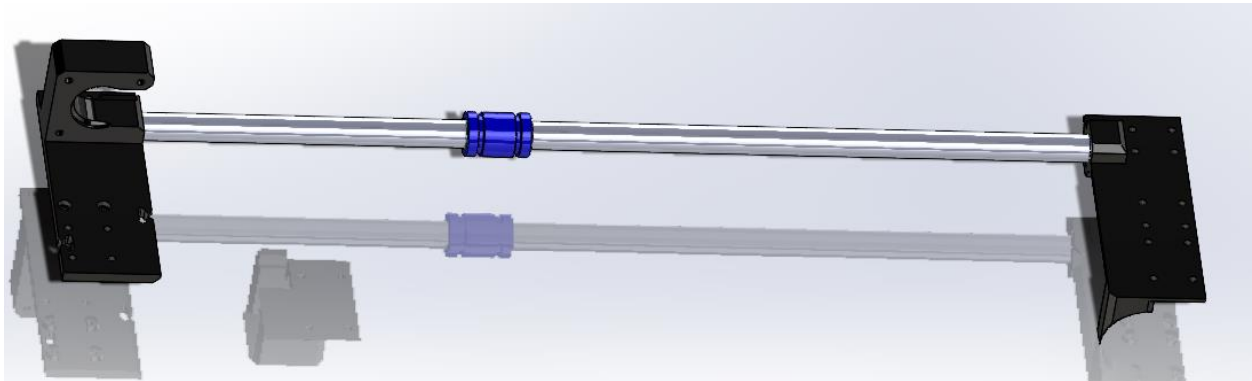
Paso 1: Colocar 4 tuercas hexagonales en la parte inferior del X axis Motor Holder



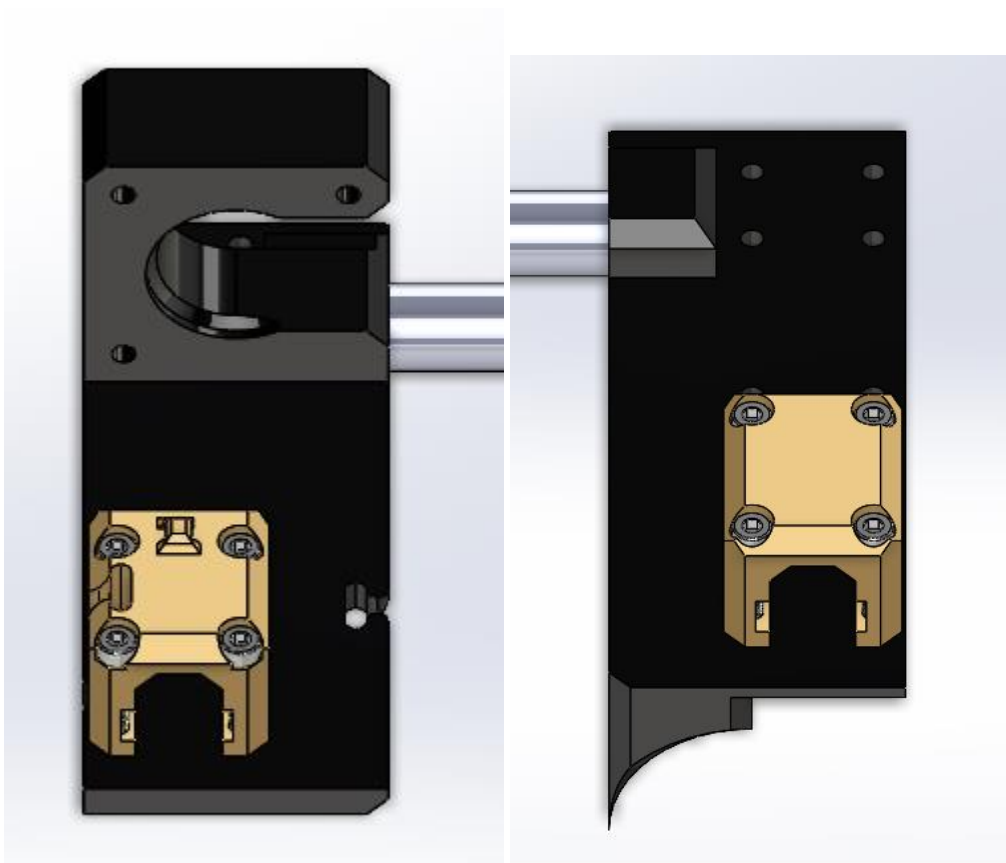
Paso 2: Colocar 8 tuercas hexagonales en la parte inferior del X axis Left Support



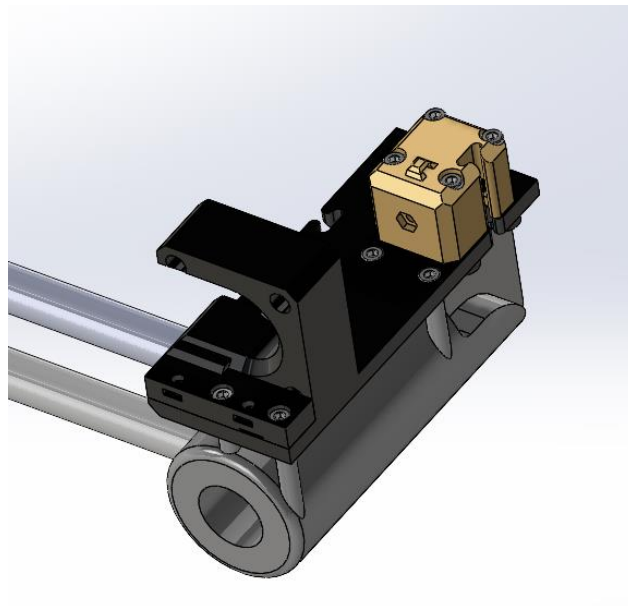
Paso 3: Insertar un rodamiento en la barra de 12mm, e insertar en cada extremo las dos piezas preparadas anteriormente.



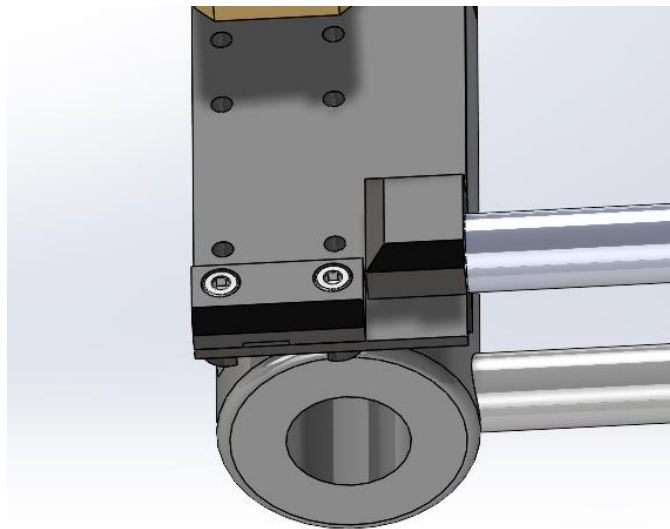
Paso 4: Colocar los Belt Support en cada uno de los lados con 4 tornillos M3 x 25



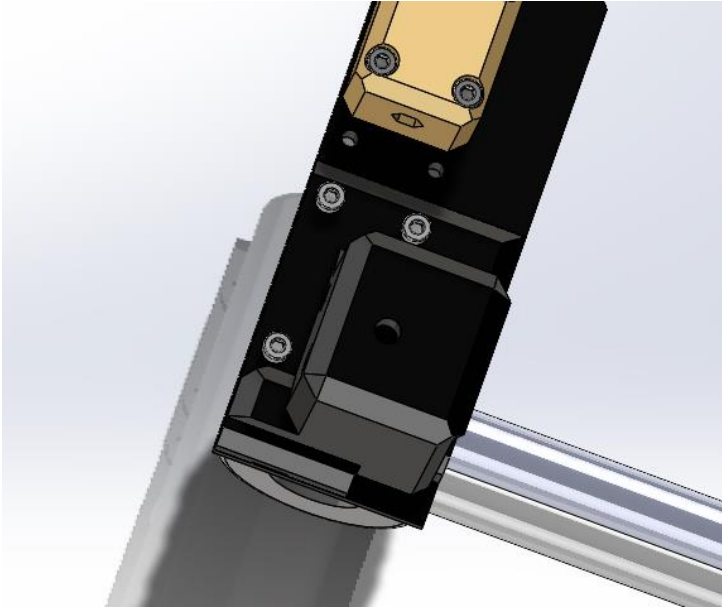
Paso 5: Unir el ensamblaje al Y carriage, del lado derecho colocar la correa, y colocar encima el Left Y axis belt holder, y unir este lado con 2 tornillos M3x10 y 2 tornillos M3x8



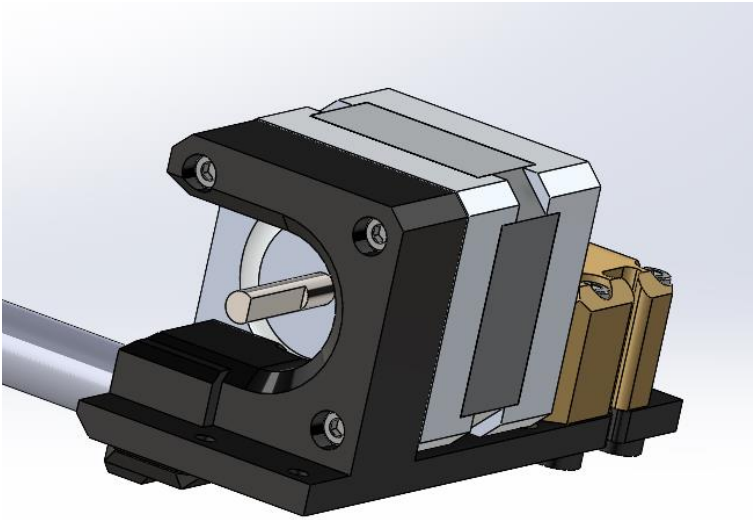
Paso 6: Unir el Left Y axis belt holder junto con el X axis Left Support, utilizando dos tornillos M3 x 10, y colocando en medio la correa correspondiente a este lado.



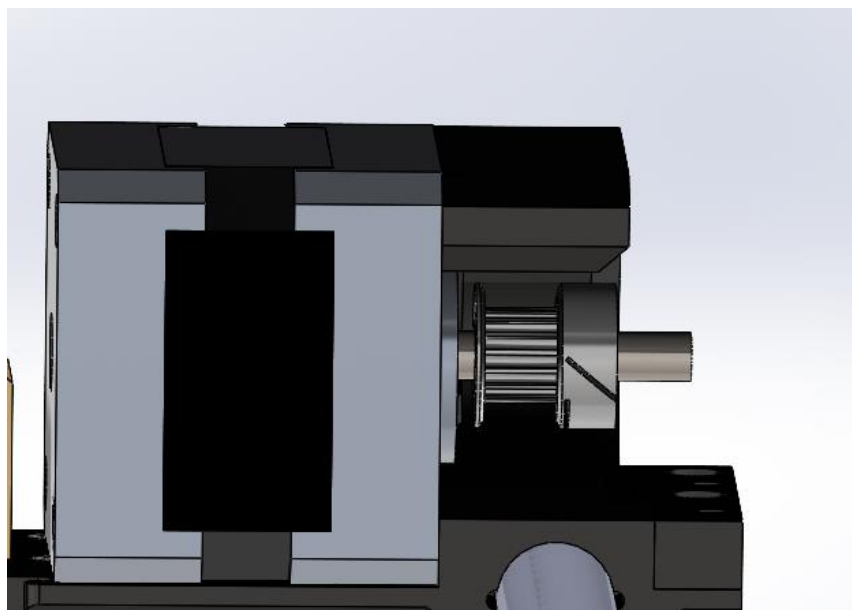
Paso 7: Colocar el X Axis Tensioner sobre el el X axis Left Support, y unirlo al Y carriage con 4 tornillos M3 x12.



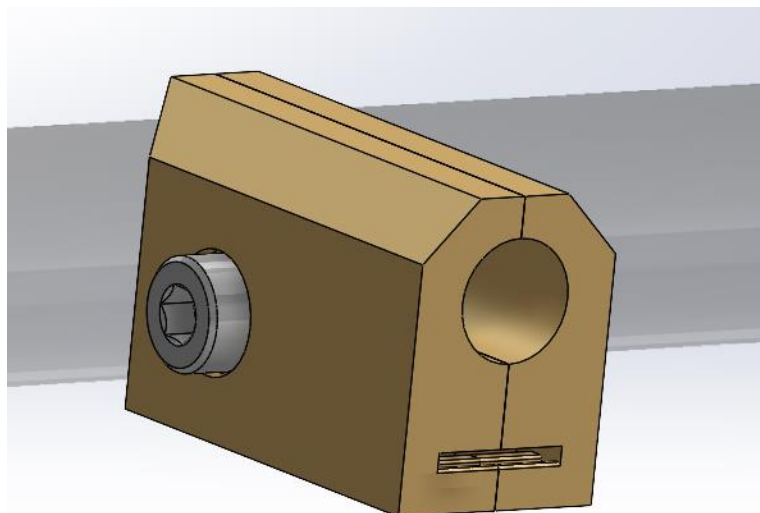
Paso 8: Colocar el motor del eje X, en el X axis Motor Holder, con 3 tornillos M3 x 16



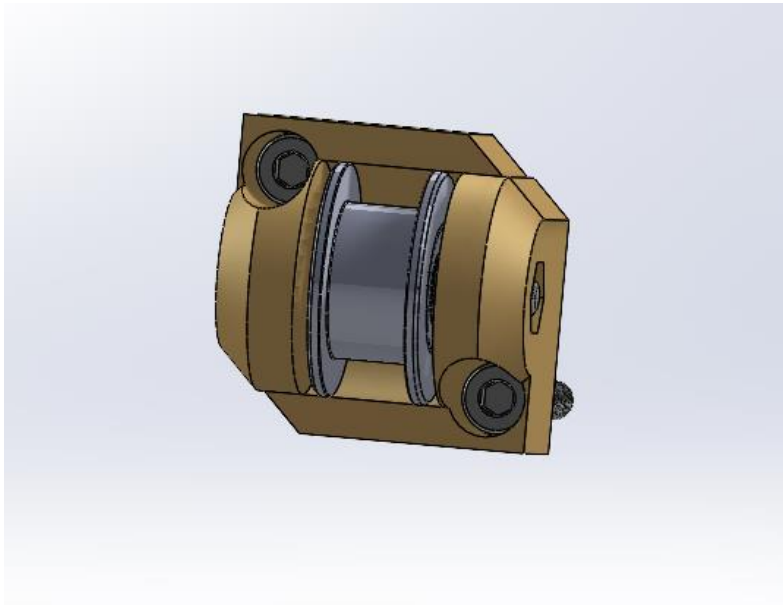
Paso 9: Colocar la polea GT2-16, en el motor del eje X, respetar la alineación con el Motor Holder.



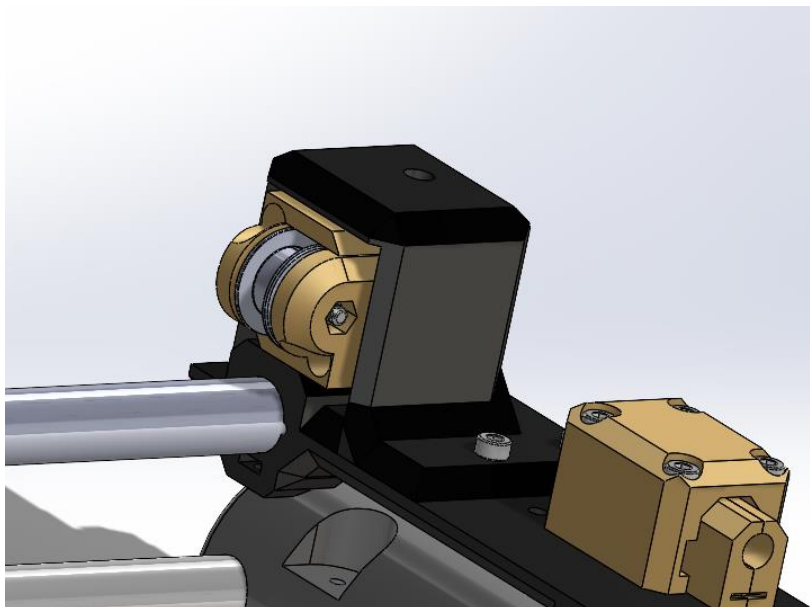
Paso 10: Unir los dos pares de Y Tensioner 1 y 2 mediante un tornillo M3 x 10 y una tuerca hexagonal.



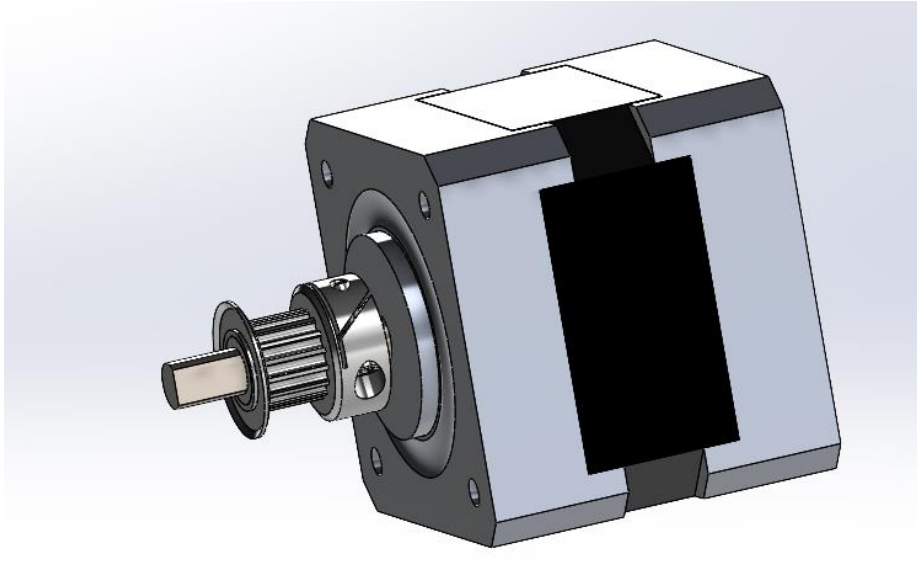
Paso 11: Colocar la Driven Pulley, en el X Axis Driven Pulley Holder, con una tuerca hexagonal y un tornillo M3 x 20.



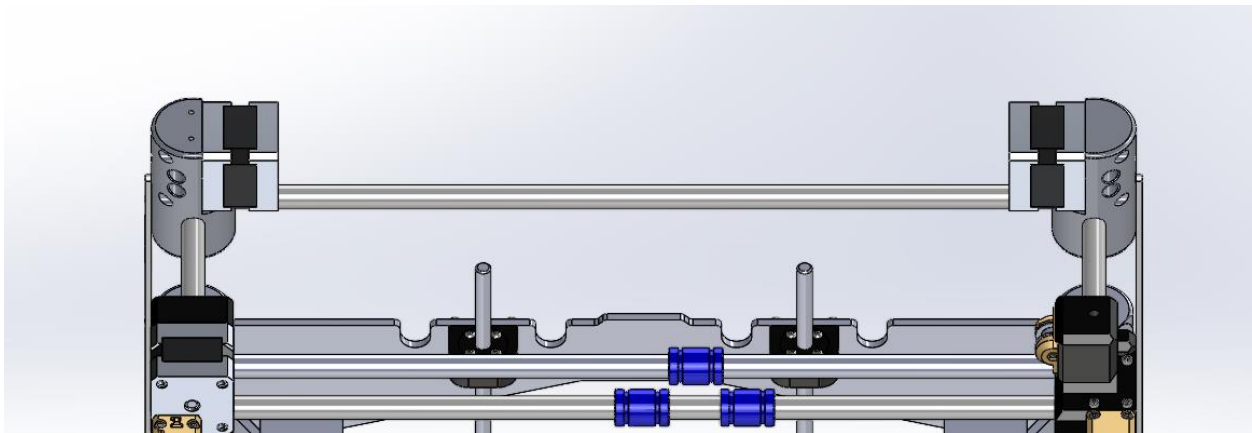
Paso 12: Unir el X Axis Driven Pulley Holder al X Axis Tensioner, mediante dos tornillos M3 x 25 y dos tuercas hexagonales en la parte posterior, no es necesario ajustar totalmente los tornillos, solo es necesario que alcancen las tuercas.



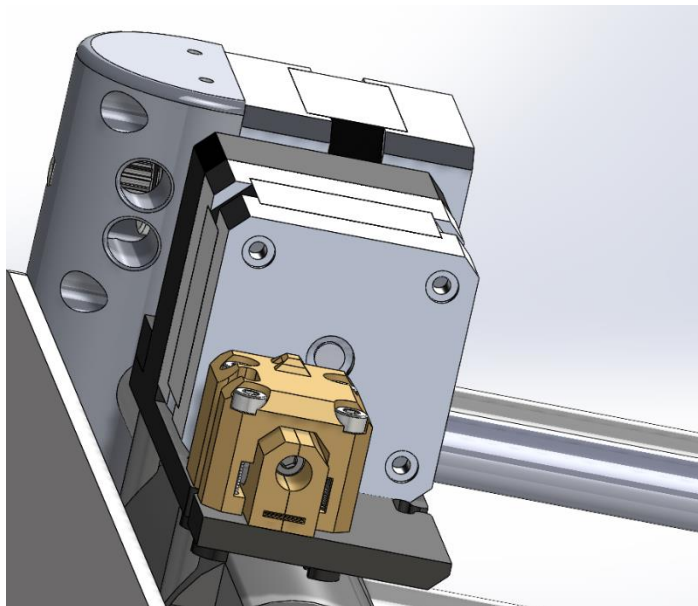
Paso 13: Colocar las poleas GT2-16, a los dos motores del eje Y, dejando una distancia aproximada de 2mm con respecto al motor.



Paso 14: Unir los dos motores al frame con 4 tornillos M3x 18 cada uno.

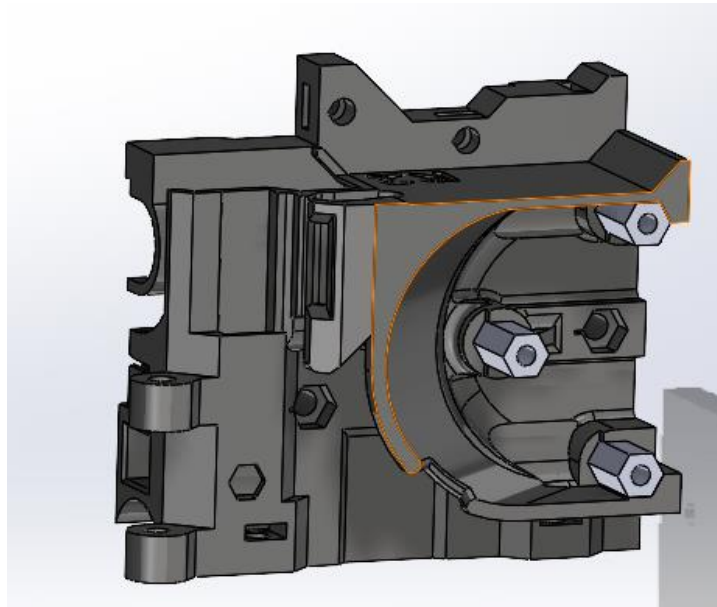


Paso 15: Pasar la correa por la polea GT2-16, continuar por el recorrido tradicional, e insertarla entre ambas Y tensioner 1 y 2. Luego con un tornillo M3x 25, insertarlo en cada uno de los belt support hasta que quede fijos, sin tensionar la correa aun.



Extrusor

Paso 1. Colocar al X Carriage Modified, las tuercas correspondientes en los agujeros designados.



Paso 2. Colocar la Love Board con un tornillo M3x 10.



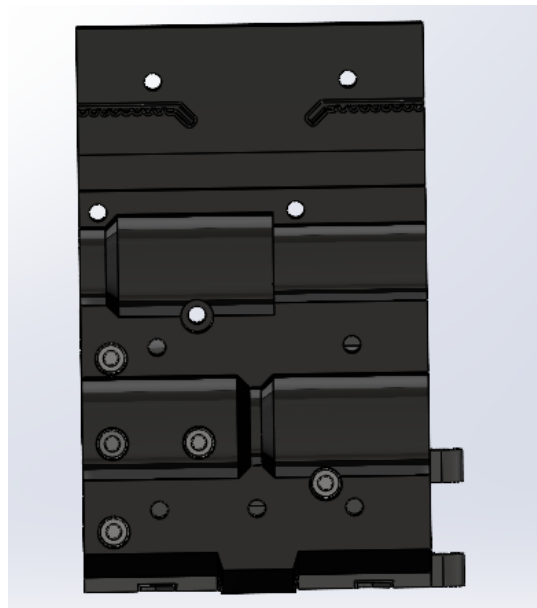
Paso 3: Unir el X carriage Modified junto con el Extruder back plate, con dos tornillos M3x 30



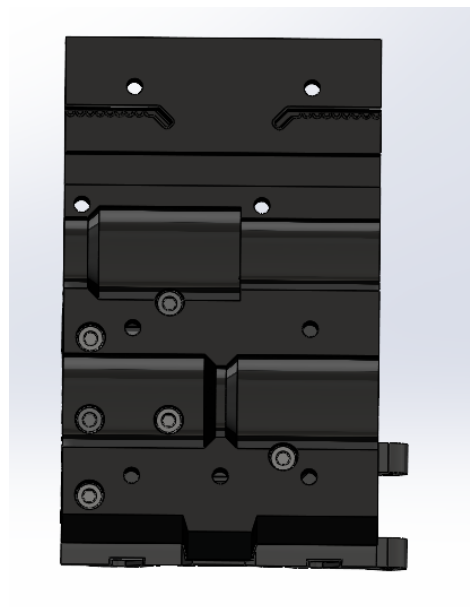
Paso 4: Unir el X carriage Modified junto con el Extruder back plate, con dos tornillos M3x 25



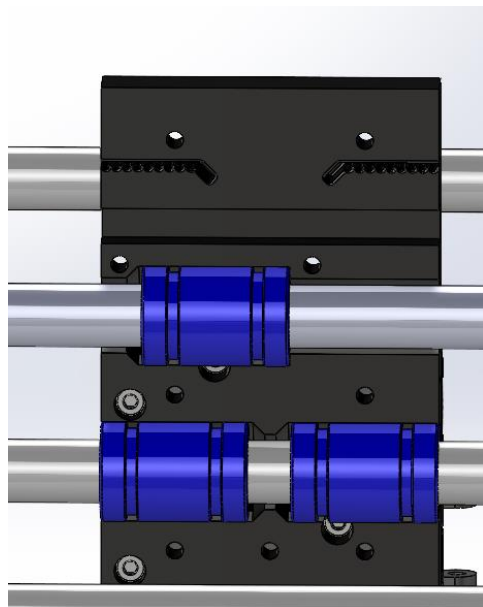
Paso 5: Unir el X carriage Modified junto con el Extruder back plate, con un tornillo M3x 16



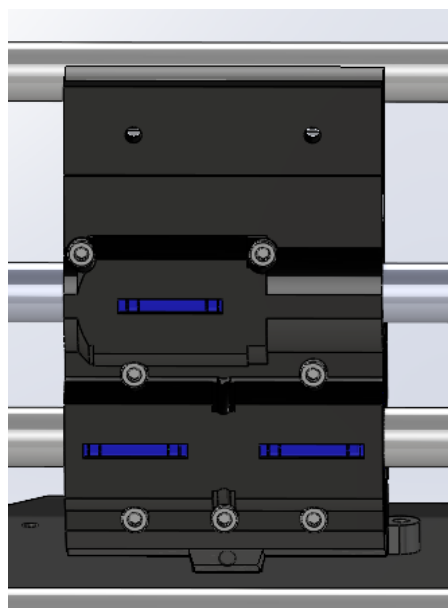
Paso 6: Unir el X carriage Modified junto con el Extruder back plate, con un tornillo M3x 10.



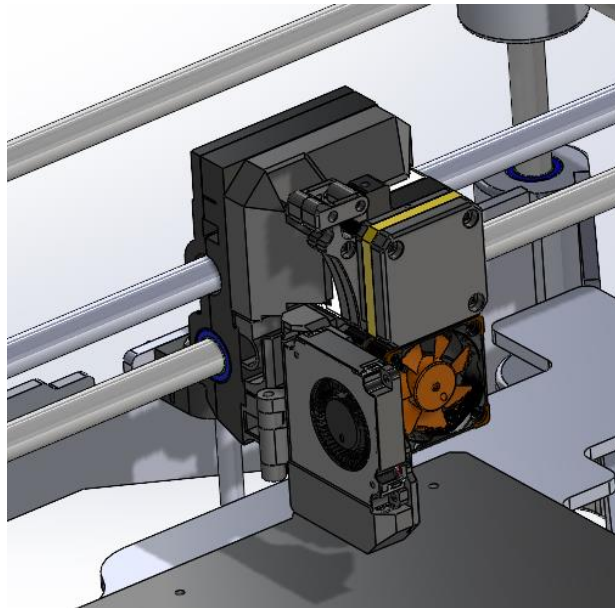
Paso 7: Insertar la correa en uno de los extremos del Extruder back plate, realizar el recorrido completo por la polea GT2-16 y la driven pulley, hasta llegar nuevamente al Extruder Back Plate, no es necesario que la tensión de la correa sea la adecuada en este punto.



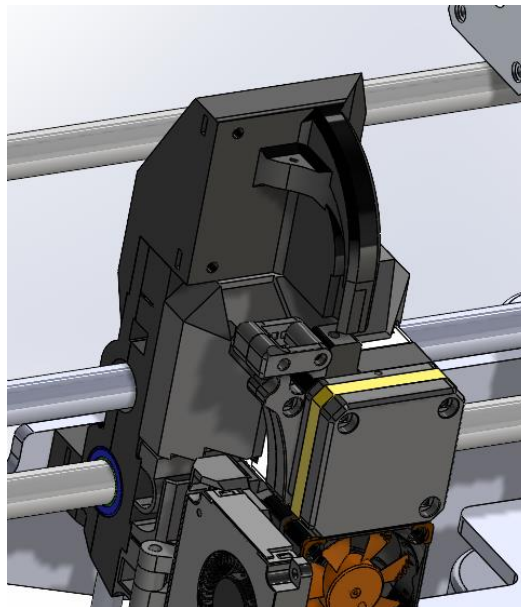
Paso 8: Unir el Extruder back plate, con el Extruder X carriage Clip, mediante 7 tornillos M3 x 16, chequear la correcta alineación de los rodamientos que no sobresalgan del extrusor.



Paso 9: Realizar el procedimiento de armado del extrusor según el manual de prusa en el siguiente link, https://help.prusa3d.com/guide/5-nextruder-assembly_596709 realizar los pasos del 1 al paso 40.



Paso 10: Unir el Cable-Filament Support al extrusor mediante dos tornillos M3x18

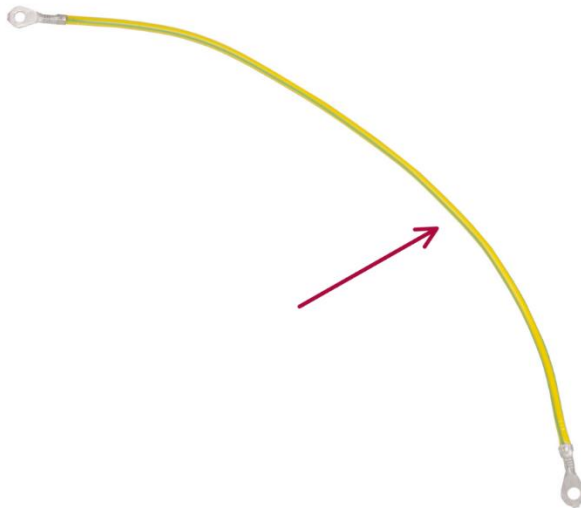


xLCD

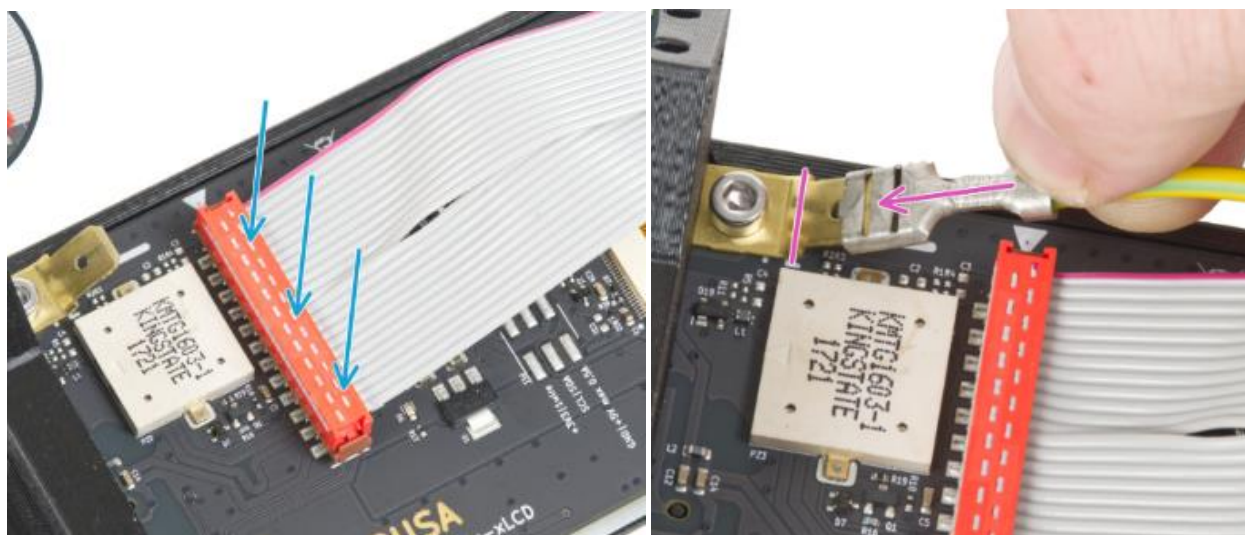
Paso 1: Unir la xLCD, el LCD Cover y el Coupler for LCD Cover, mediante 5 tornillos M3 x 8,



Paso 2: Corta un cable 12AWG de 95cm de largo y coloca un conector de anillo a ambos lados del mismo.



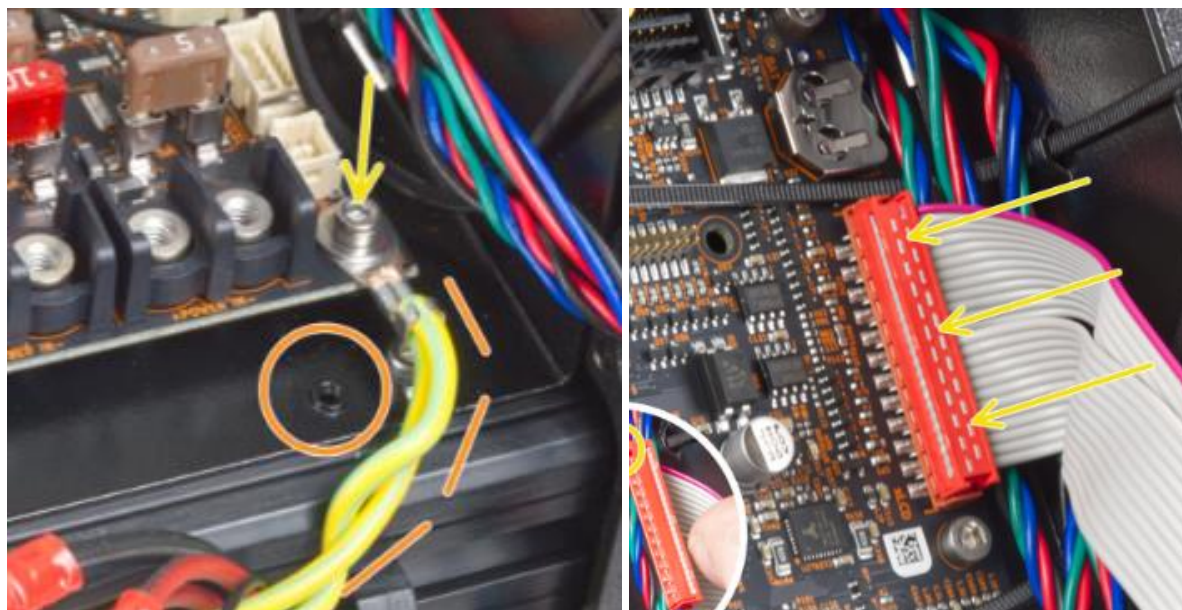
Paso 4: Conectar en cable de comunicación y el cable de tierra a la tarjeta de la xLCD.



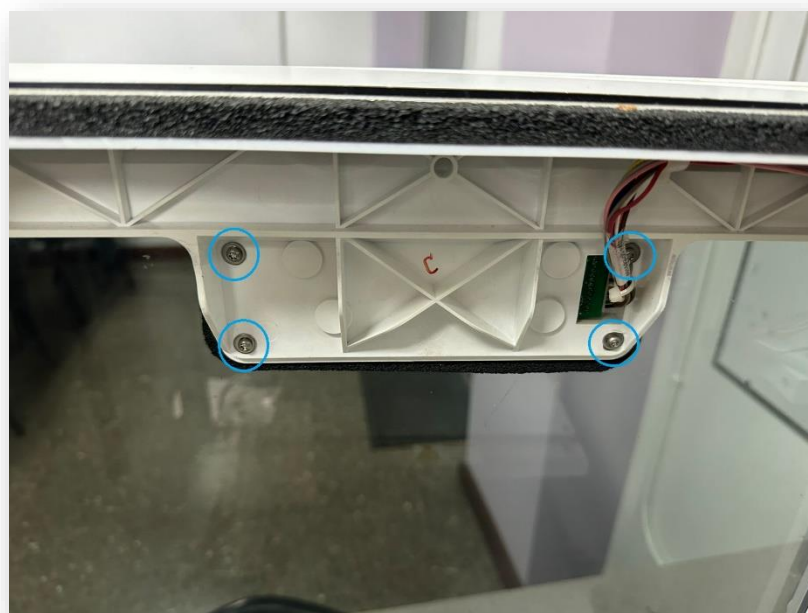
Paso 5: Colocar el knob.



Paso 6: Guía ambos cables por el agujero de la carcasa donde va montada la pantalla LCD, hasta la tarjeta controladora y conectarlos en su respectiva posición.

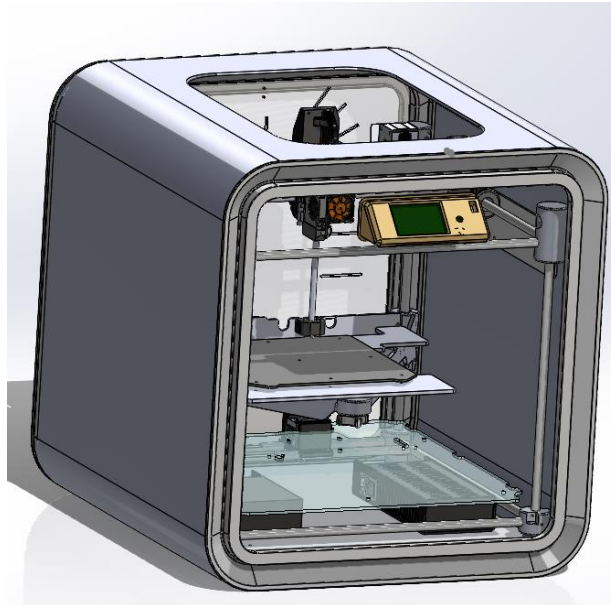


Paso 7: Colocar el ensamblaje de la xLCD, con 4 tornillos M3x 10 sobre la base para la pantalla de la carcasa.

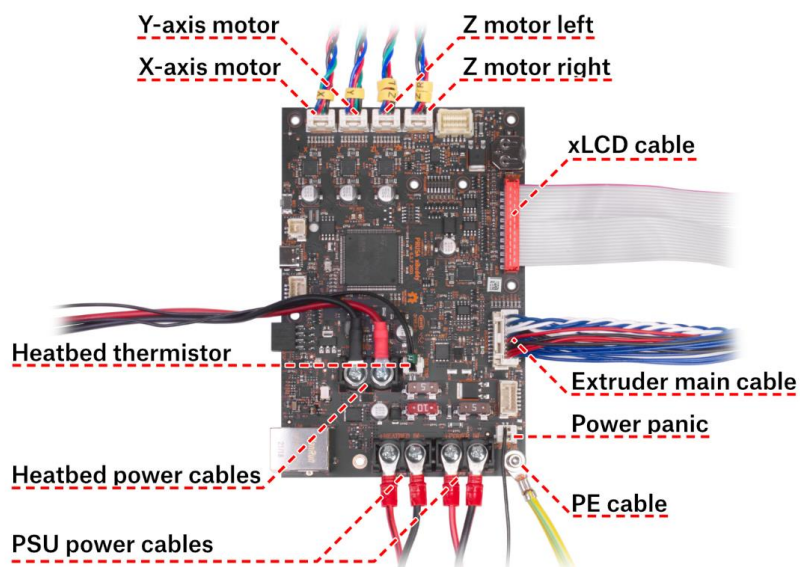


Ensamblaje Final

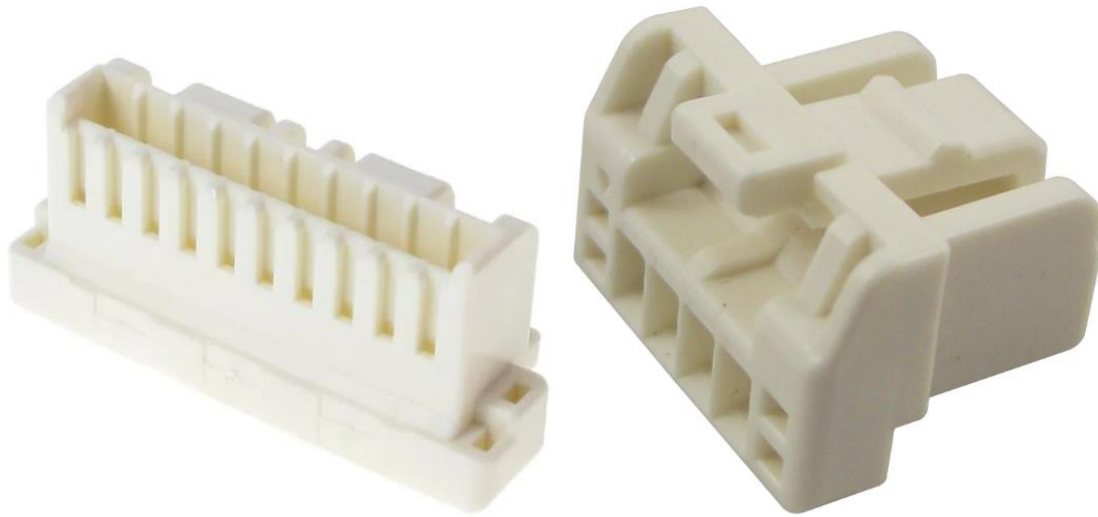
Paso 1: Colocar todo el frame de la impresora dentro de la misma, de la misma forma que se extrajo puede volver a insertarse en esta.



Paso 2: Realizar el cableado de componentes como indica prusa, para ello es necesario que realice la medición del largo los cables necesarios sean de los motores de 4 hilos, o del extrusor de 22 hilos en un calibre 24 AWG, el cable de la pantalla xLCD, no es necesario cortarlo ni nada, ya que es un cable para una impresora más grande y es suficiente para realizar el cableado adecuadamente.



Paso 3: Es importante que como en este caso se van a utilizar dos motores en el Y, se haga el Empalme de estos dos motores fuera de la tarjeta controladora, con la condición de invertir la polaridad de una de las bobinas (Azul-Rojo, Negro-Verde), ya que estos motores deben de girar al contrario entre ellos debido a su orientación. Estos conectores son un poco sensibles, a la hora de insertar la punta con la terminal, se debe de tener sumo cuidado.





Chequeo Final

Luego de verificar todas las conexiones, que los ejes Y y X se muevan suavemente, y que no hay interferencias de ningún tipo con la impresora, podemos proceder con las calibraciones propias de Prusa.

Para ello se puede visitar el siguiente enlace https://help.prusa3d.com/guide/8-preflight-check_604136, donde se muestra una base para realizar estas calibraciones y familiarizarse con el dispositivo y el software de generación de códigos G.



MANUAL DE MANUFACTURA

Reacondicionamiento Impresora Cube
Pro Trio con componentes Prusa Mk4

Denis Monge Molina

TEC | Tecnológico
de Costa Rica



1. Descripción

En el siguiente documento, se muestra la información para la manufactura de las distintas piezas a utilizar a lo largo del reacondicionamiento de la impresora Cube Pro de 3D Systems, con componentes de una Prusa Mk4. Para ello se diseñaron piezas que pueden ser manufacturadas mediante impresión 3D, esto con el fin de mantener las características de impresoras Prusa, de utilizar piezas impresas; además del costo mucho menor que manufacturar las piezas por cualquier otro método.

Este proyecto al ser realizado en Laboratorio Institucional de Microcomputadores (LAIMI) del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC), posee la facilidad de contar con el equipo de impresión 3D, lo cual fue otro punto a favor.

De igual manera, se incluye el plan de manufactura para las placas de acrílico, disponibles en el laboratorio, las cuales funcionan para guiar los cables de los distintos componentes, así como el filamento y otra lamina de acrílico que funciona para cubrir los componentes electrónicos como lo son la fuente y la placa controladora de la impresora.

El documento se separa en apartados según los subsistemas para que sea más simple poder navegar en él y poder consultar el proceso de manufactura, así como las indicaciones para cada una de las piezas.

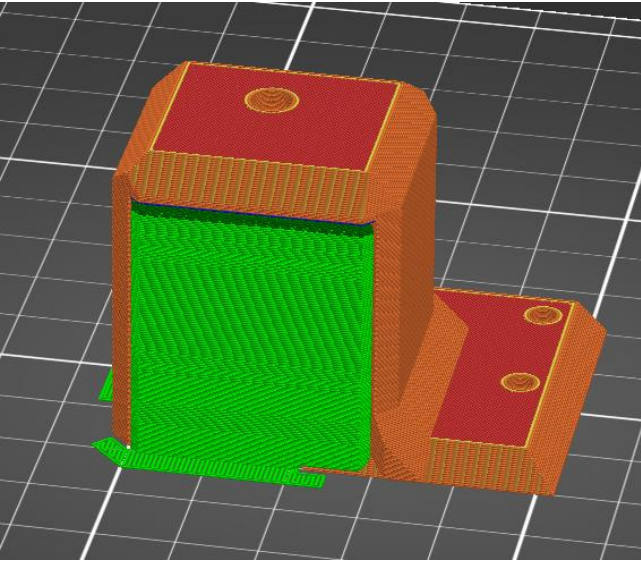
Las características y parámetros de impresión seleccionados para las piezas son los mismo para todas, además de mostrarse la mejor orientación de impresión, debido a que luego del análisis realizado se encontró que la variación del peso de las piezas no era significativa y que estos parámetros generaban las mejores características de las piezas para que puedan soportar las cargas a las que estaban sometidas. El único parámetro que varía en las distintas piezas, son los soportes y si estos son necesarios o no según cada pieza.

2. Eje X

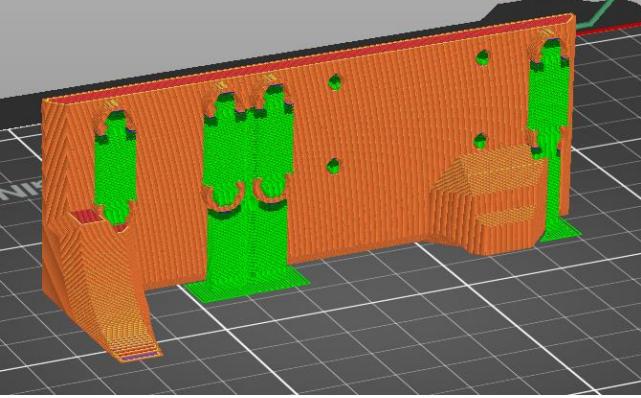
En este apartado se puede ver el detalle de manufactura para las piezas que corresponden al Eje X, las cuales son las siguientes:

- X Axis Tensioner
- X Axis Driven Pulley Holder
- X Axis Left Support
- X Axis Motor Holder
- X Lower Spacer
- X Upper Spacer

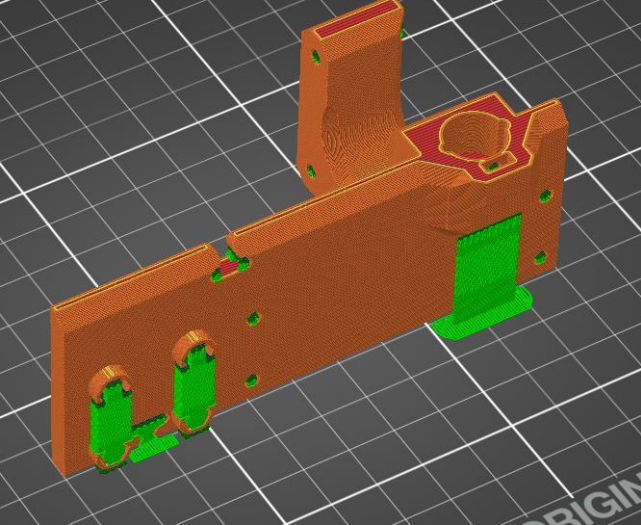
Instrucciones de Manufactura

Pieza:	X Axis Tensioner	Parámetros:	
Montaje: 	Material:	PLA MAX	
	Resolución:	0.2 mm	
	Densidad de Relleno:	40%	
	Patrón de Relleno:	Giroide	
	Soportes:	Si	
	Temperatura impresión:	215 °C	
	Peso:	24.7 g	
	Observaciones: <p>Los soportes en todos los sitios son necesarios, ya que por la orientación de impresión sin estos quedarían partes en voladizo que afectarían la calidad y capacidad de la pieza</p>		

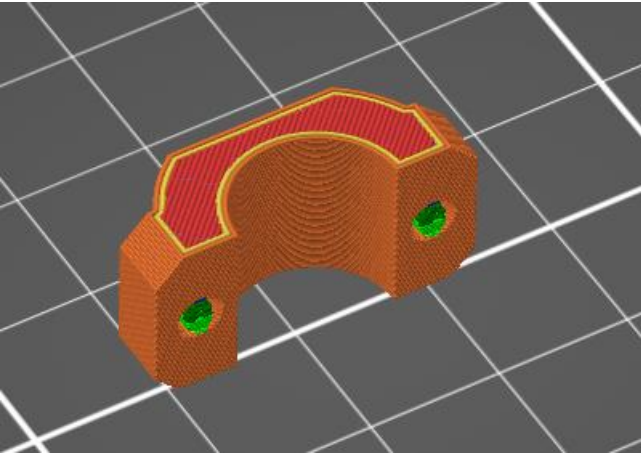
Instrucciones de Manufactura

Pieza:	X Axis Left Support	Parámetros:	
Montaje: 	Material:	PLA MAX	
	Resolución:	0.2 mm	
	Densidad de Relleno:	40%	
	Patrón de Relleno:	Giroide	
	Soportes:	Si	
	Temperatura impresión:	215 °C	
	Peso:	24.48 g	
	Observaciones: Los soportes son necesarios únicamente en las superficies en voladizo, para los agujeros no son necesarios.		

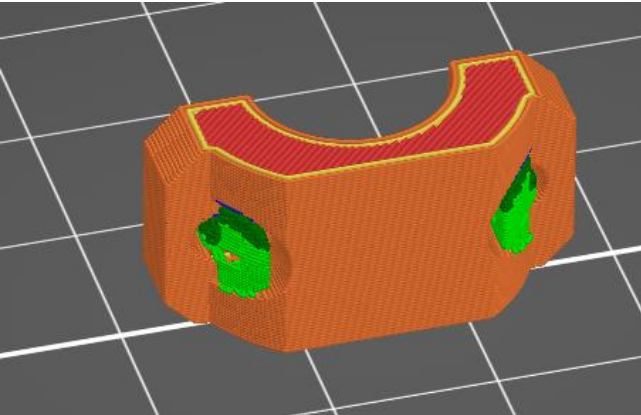
Instrucciones de Manufactura

Pieza:	X axis Motor Holder	Parámetros:	
Montaje:		Material:	PLA MAX
		Resolución:	0.2 mm
		Densidad de Relleno:	40%
		Patrón de Relleno:	Giroide
		Soportes:	Si
		Temperatura impresión:	215 °C
		Peso:	34.60 g
		Observaciones:	
Los soportes son necesarios únicamente en las superficies en voladizo, para los agujeros no son necesarios.			

Instrucciones de Manufactura

Pieza:	X Lower Spacer	Parámetros:	
Montaje: 	Material:	PLA MAX	
	Resolución:	0.2 mm	
	Densidad de Relleno:	40%	
	Patrón de Relleno:	Giroide	
	Soportes:	Opcional	
	Temperatura impresión:	215 °C	
	Peso:	1.64 g	
	Observaciones: Los soportes son para la calidad de los agujeros, se puede prescindir de ellos si no se cuenta con una impresora adecuada en la que los soportes sean despegables adecuadamente.		

Instrucciones de Manufactura

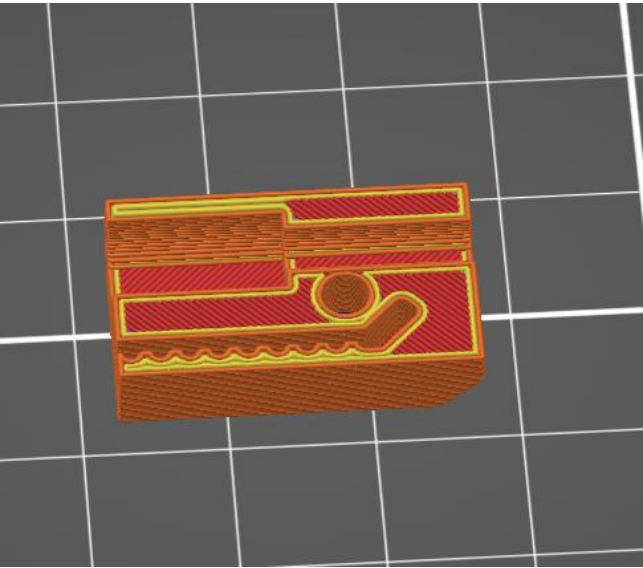
Pieza:	X Upper Spacer	Parámetros:	
Montaje: 	Material:	PLA MAX	
	Resolución:	0.2 mm	
	Densidad de Relleno:	40%	
	Patrón de Relleno:	Giroide	
	Soportes:	Opcional	
	Temperatura impresión:	215 °C	
	Peso:		
	Observaciones: Los soportes son para la calidad de los agujeros, se puede prescindir de ellos si no se cuenta con una impresora adecuada en la que los soportes sean despegables adecuadamente.		

3. Eje Y

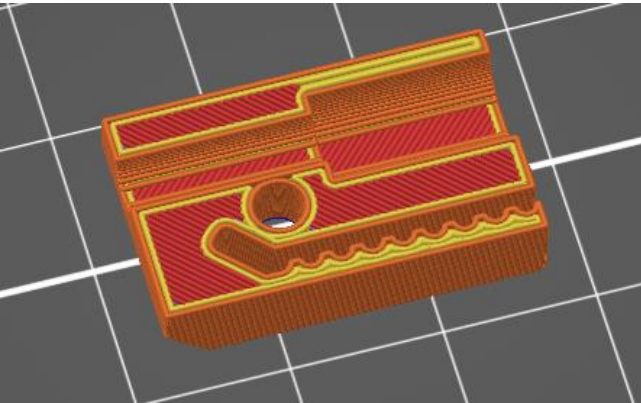
En este apartado se puede ver el detalle de manufactura para las piezas que corresponden al Eje Y, las cuales son las siguientes:

- Y Axis Tensioner 1
- Y Axis Tensioner 2
- Left Axis Belt Holder
- Left Axis Belt Support
- Right Y Axis Belt Holder
- Right Y Axis Belt Support
- Y Lower Spacer
- Y Upper Spacer

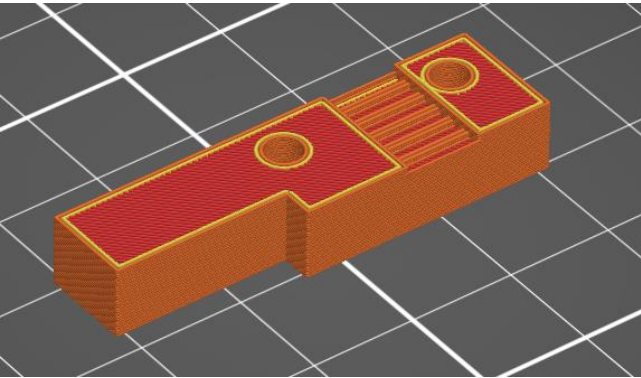
Instrucciones de Manufactura

Pieza:	Y Axis Tensioner 1	Parámetros:	
Montaje: 	Material:	PLA MAX	
	Resolución:	0.2 mm	
	Densidad de Relleno:	40%	
	Patrón de Relleno:	Giroide	
	Soportes:	No	
	Temperatura impresión:	215 °C	
	Peso:	1.76 g	
	Observaciones:		

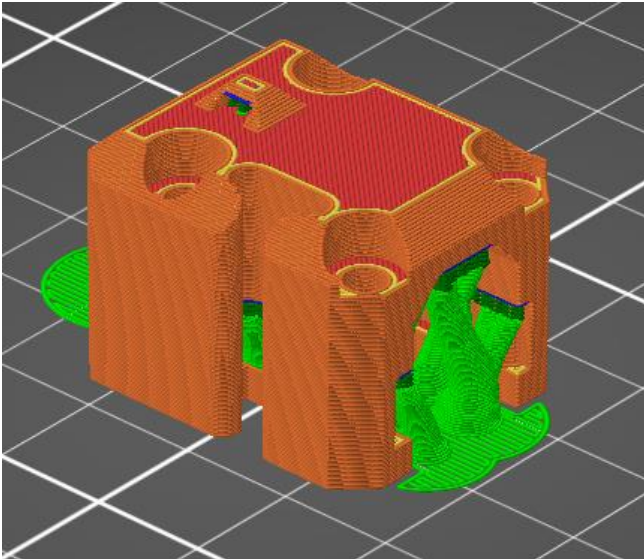
Instrucciones de Manufactura

Pieza:	Y Axis Tensioner 2	Parámetros:	
Montaje: 	Material:	PLA MAX	
	Resolución:	0.2 mm	
	Densidad de Relleno:	40%	
	Patrón de Relleno:	Giroide	
	Soportes:	No	
	Temperatura impresión:	215 °C	
	Peso:	1.72 g	
	Observaciones:		

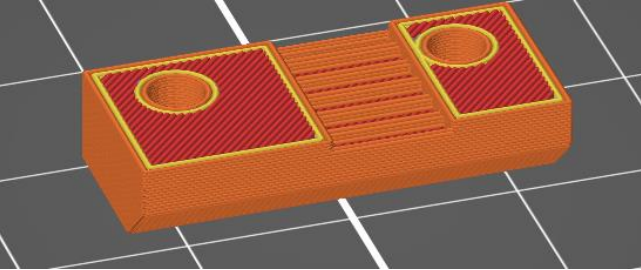
Instrucciones de Manufactura

Pieza:	Left Axis Belt Holder	Parámetros:	
Montaje: 	Material:	PLA MAX	
	Resolución:	0.2 mm	
	Densidad de Relleno:	40%	
	Patrón de Relleno:	Giroide	
	Soportes:	No	
	Temperatura impresión:	215 °C	
	Peso:	2.63 g	
	Observaciones:		

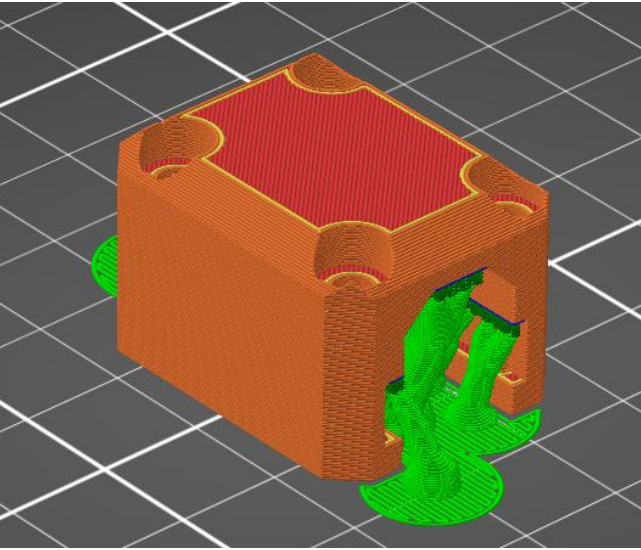
Instrucciones de Manufactura

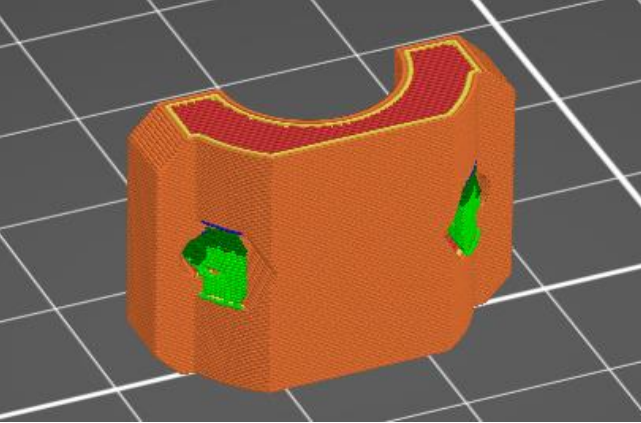
Pieza:	Left Axis Belt Support	Parámetros:	
Montaje:		Material:	PLA MAX
		Resolución:	0.2 mm
		Densidad de Relleno:	40%
		Patrón de Relleno:	Giroide
		Soportes:	Si
		Temperatura impresión:	215 °C
		Peso:	8.64 g
Observaciones: Se utilizan soportes orgánicos para ahorrar material y facilitar el retiro de estos.			

Instrucciones de Manufactura

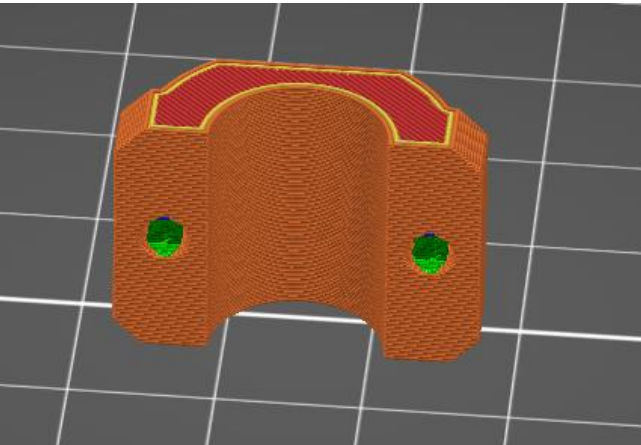
Pieza:	Right Y Axis Belt Holder	Parámetros:	
Montaje: 	Material:	PLA MAX	
	Resolución:	0.2 mm	
	Densidad de Relleno:	40%	
	Patrón de Relleno:	Giroide	
	Soportes:	No	
	Temperatura impresión:	215 °C	
	Peso:	1.50 g	
	Observaciones:		

Instrucciones de Manufactura

Pieza:	Right Y Axis Belt Support	Parámetros:	
Montaje:		Material:	PLA MAX
		Resolución:	0.2 mm
		Densidad de Relleno:	40%
		Patrón de Relleno:	Giroide
		Soportes:	Si
		Temperatura impresión:	215 °C
		Peso:	9.71 g
		Observaciones:	
Se utilizan soportes orgánicos para ahorrar material y facilitar el retiro de estos.			

Instrucciones de Manufactura			
Pieza:	Y Lower Spacer	Parámetros:	
Montaje: 		Material:	PLA MAX
		Resolución:	0.2 mm
		Densidad de Relleno:	40%
		Patrón de Relleno:	Giroide
		Soportes:	Opcional
		Temperatura impresión:	215 °C
		Peso:	2.28 g
		Observaciones: <p>Los soportes son para la calidad de los agujeros, se puede prescindir de ellos si no se cuenta con una impresora adecuada en la que los soportes sean despegables adecuadamente.</p>	

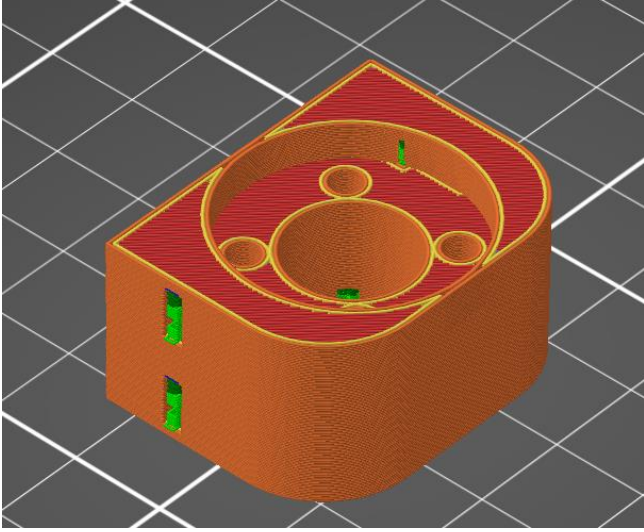
Instrucciones de Manufactura

Pieza:	Y Upper Spacer	Parámetros:	
Montaje:		Material:	PLA MAX
		Resolución:	0.2 mm
		Densidad de Relleno:	40%
		Patrón de Relleno:	Giroide
		Soportes:	Opcional
		Temperatura impresión:	215 °C
		Peso:	2.30 g
Observaciones:			
<p>Los soportes son para la calidad de los agujeros, se puede prescindir de ellos si no se cuenta con una impresora adecuada en la que los soportes sean despegables adecuadamente.</p>			

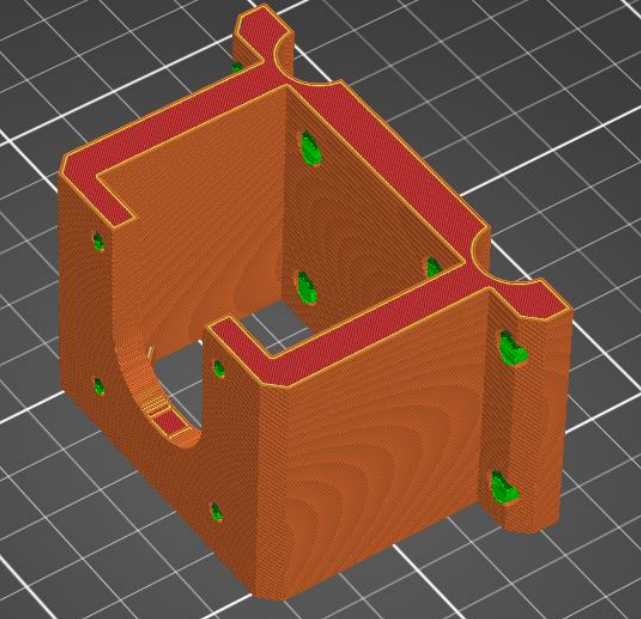
4. Eje Z

En este apartado se puede ver el detalle de manufactura para las piezas que corresponden al Eje Z, las cuales son las siguientes:

- Z Nut Adapter Nema 17
- Z Axis Motor Support
- Z Axis Motor Support Clip

<h2>Instrucciones de Manufactura</h2>			
Pieza:	Z Nut Adapter Nema 17	Parámetros:	
Montaje:		Material:	
		PLA MAX	
		Resolución:	0.2 mm
		Densidad de Relleno:	40%
		Patrón de Relleno:	Giroide
		Soportes:	Si
		Temperatura impresión:	215 °C
	Peso:	9.86 g	
Observaciones:			
<p>Los soportes son necesarios para asegurar la mejor calidad de los agujeros para las tuercas y así lograr la mejor alineación de las tuercas para la rosca de los motores.</p>			

Instrucciones de Manufactura

Pieza:	Z Axis Motor Support	Parámetros:	
Montaje: 	Material:	PLA MAX	
	Resolución:	0.2 mm	
	Densidad de Relleno:	40%	
	Patrón de Relleno:	Giroide	
	Soportes:	Opcional	
	Temperatura impresión:	215 °C	
	Peso:	40.57 g	
	Observaciones: Los soportes son para la calidad de los agujeros, se puede prescindir de ellos si no se cuenta con una impresora adecuada en la que los soportes sean despegables adecuadamente.		

5. Extrusor

En este apartado se puede ver el detalle de manufactura para las piezas que corresponden al Extrusor, en el mismo se muestran las piezas diseñadas, modificadas y las que son originarias del extrusor de Prusa pero con características propias.

- Fan-Door-R2
- Fan-Shroud-R2
- Idler-Lever-A-R2
- Idler-Lever-B-R2
- Idler-Nut-R2
- Idler-Swivel-R2
- LoveBoard-Cover-Right-R2
- Main-Plate-R2
- PG-case-R3
- PG-Assembly-Adapter-MK4-R1
- X Carriage-R2
- Prusa X Carriage Modified
- Extruder X Carriage Clip
- Prusa LoveBoard-Cover Modified
- Filament-Cable Support

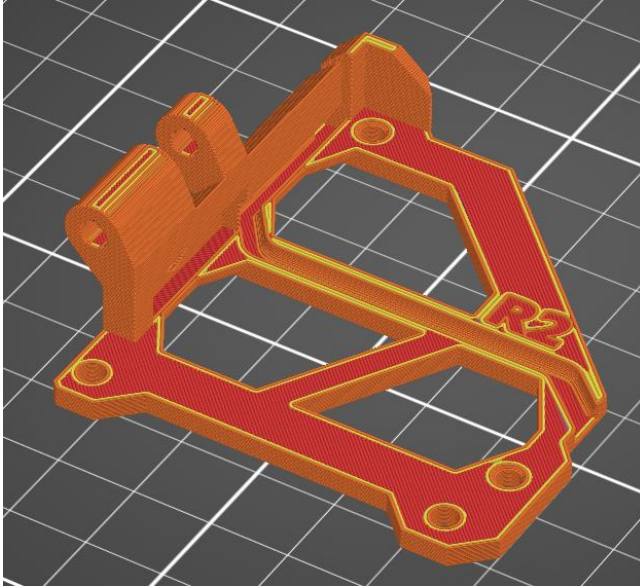
Instrucciones de Manufactura

Pieza:

Fan-Door-R2

Parámetros:

Montaje:



Material:

PLA MAX

Resolución:

0.2 mm

Densidad de Relleno:

40%

Patrón de Relleno:

Giroide

Soportes:

No

Temperatura impresión:

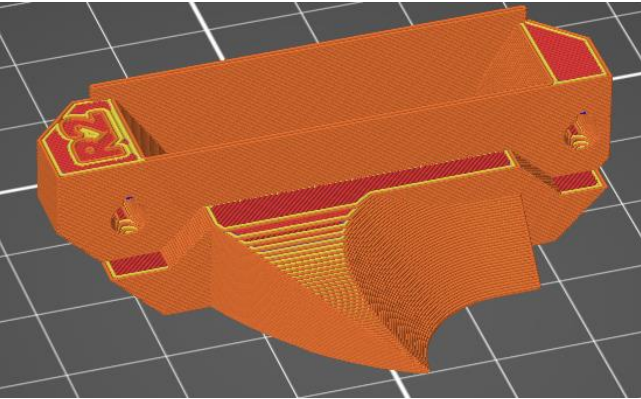
215 °C

Peso:


7.87 g

Observaciones:

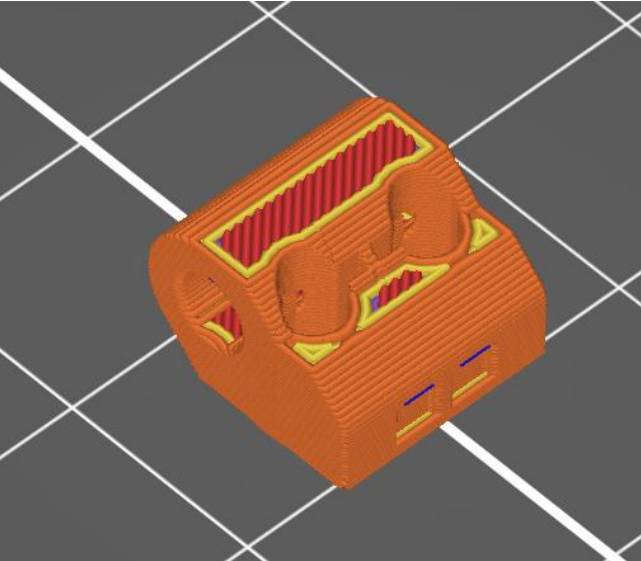
Instrucciones de Manufactura

Pieza:	Fan-Shroud-R2	Parámetros:	
Montaje:		Material:	ASA/ ABS
		Resolución:	0.2 mm
		Densidad de Relleno:	40%
		Patrón de Relleno:	Giroide
		Soportes:	No
		Temperatura impresión:	215 °C
		Peso:	5.02 g
		Observaciones:	
<p>Esta pieza viene incluida con el kit del extrusor, pero si es necesaria la impresión, se recomienda utilizar un material que soporte bien las altas temperaturas del extrusor.</p>			

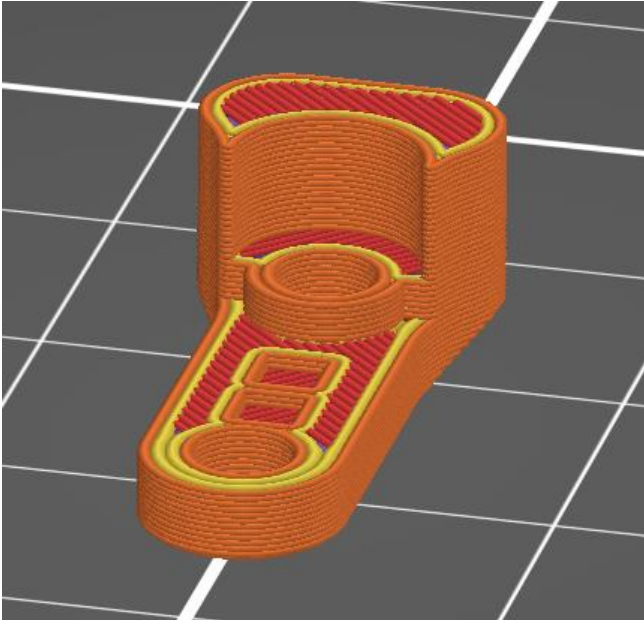
Instrucciones de Manufactura

Pieza:	Idler-Lever-B-R2	Parámetros:	
Montaje:		Material:	PLA MAX
		Resolución:	0.2 mm
		Densidad de Relleno:	40%
		Patrón de Relleno:	Giroide
		Soportes:	No
		Temperatura impresión:	215 °C
		Peso:	1.88 g
		Observaciones:	

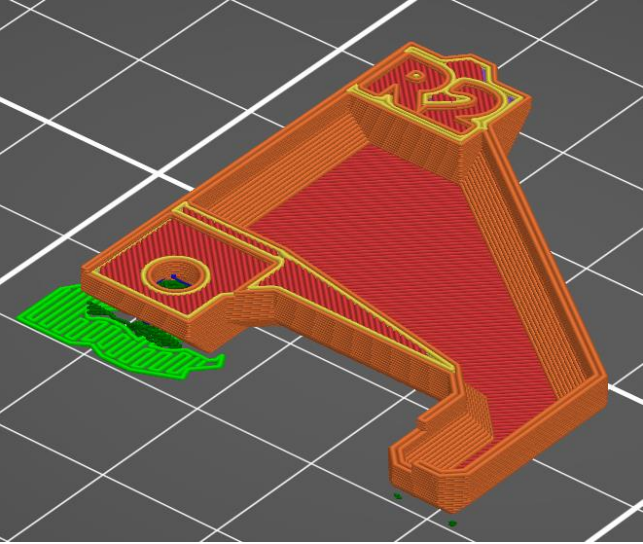
Instrucciones de Manufactura

Pieza:	Idler-Nut-R2	Parámetros:	
Montaje: 		Material:	PLA MAX
		Resolución:	0.2 mm
		Densidad de Relleno:	40%
		Patrón de Relleno:	Giroide
		Soportes:	No
		Temperatura impresión:	215 °C
		Peso:	0.71 g
		Observaciones:	

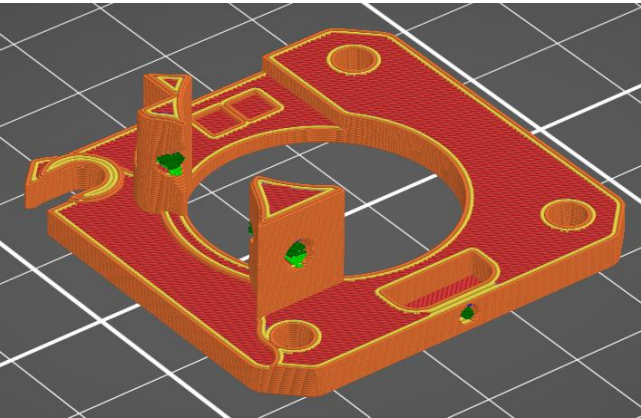
Instrucciones de Manufactura

Pieza:	Idler-Swivel-R2	Parámetros:	
Montaje: 	Material:	PLA MAX	
	Resolución:	0.2 mm	
	Densidad de Relleno:	40%	
	Patrón de Relleno:	Giroide	
	Soportes:	No	
	Temperatura impresión:	215 °C	
	Peso:	0.72 g	
	Observaciones:		

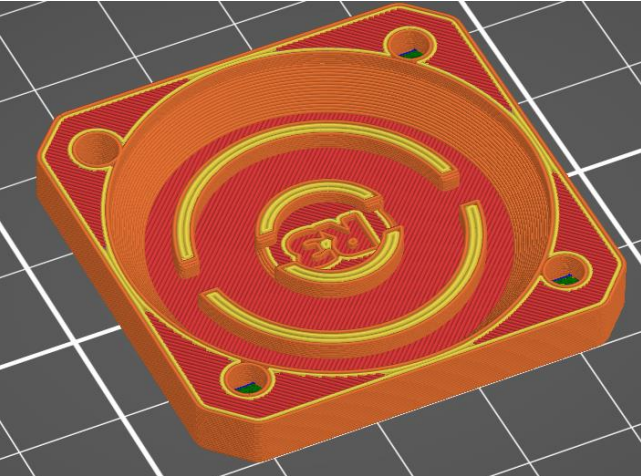
Instrucciones de Manufactura

Pieza:	LoveBoard-Cover-Right-R2	Parámetros:	
Montaje: 	Material:	PLA MAX	
	Resolución:	0.2 mm	
	Densidad de Relleno:	40%	
	Patrón de Relleno:	Giroide	
	Soportes:	Si	
	Temperatura impresión:	215 °C	
	Peso:	2.20	
	Observaciones:		

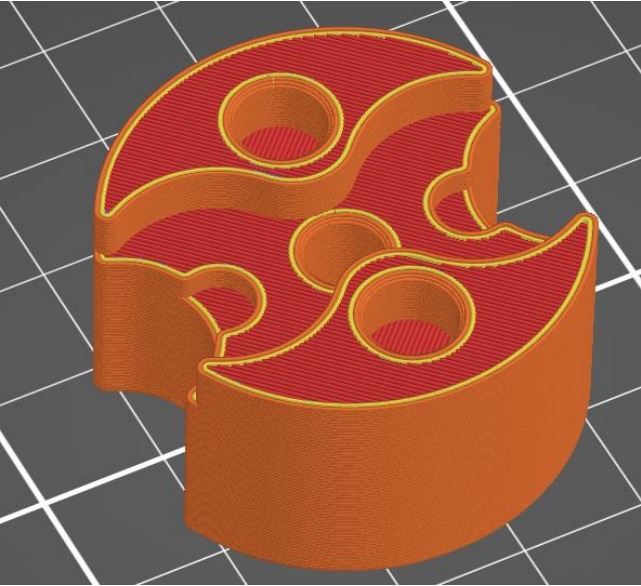
Instrucciones de Manufactura

Pieza:	Main-Plate-R2	Parámetros:	
Montaje:		Material:	PLA MAX
		Resolución:	0.2 mm
		Densidad de Relleno:	40%
		Patrón de Relleno:	Giroide
		Soportes:	Si
		Temperatura impresión:	215 °C
		Peso:	4.23 g
		Observaciones:	

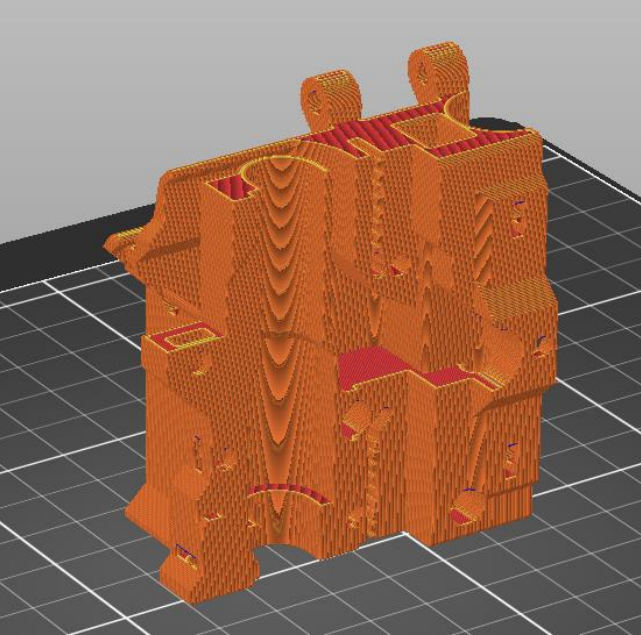
Instrucciones de Manufactura

Pieza:	PG-case-R3	Parámetros:	
Montaje: 	Material:	PLA MAX	
	Resolución:	0.2 mm	
	Densidad de Relleno:	40%	
	Patrón de Relleno:	Giroide	
	Soportes:	Si	
	Temperatura impresión:	215 °C	
	Peso:	6.23 g	
	Observaciones:		

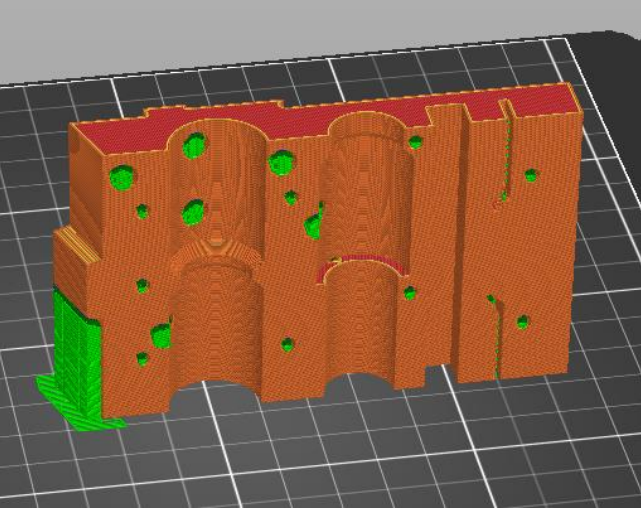
Instrucciones de Manufactura

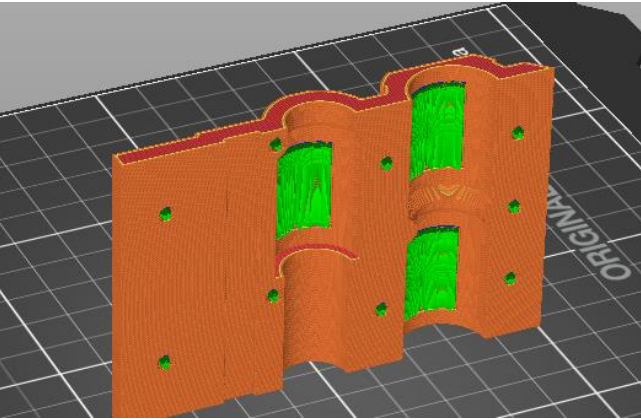
Pieza:	PG-Assembly-Adapter-MK4-R1	Parámetros:	
Montaje: 	Material:	PLA MAX	
	Resolución:	0.2 mm	
	Densidad de Relleno:	40%	
	Patrón de Relleno:	Giroide	
	Soportes:	No	
	Temperatura impresión:	215 °C	
	Peso:	11.46 g	
Observaciones:			

Instrucciones de Manufactura

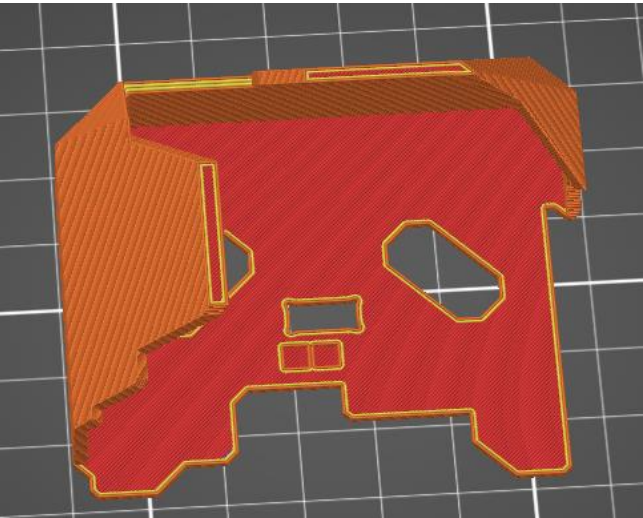
Pieza:	X Carriage-R2	Parámetros:	
Montaje: 	Material:	PLA MAX	
	Resolución:	0.2 mm	
	Densidad de Relleno:	40%	
	Patrón de Relleno:	Giroide	
	Soportes:	No	
	Temperatura impresión:	215 °C	
	Peso:	47.99 g	
	Observaciones: Se pueden aplicar soportes forzados para la calidad de los agujeros.		

Instrucciones de Manufactura

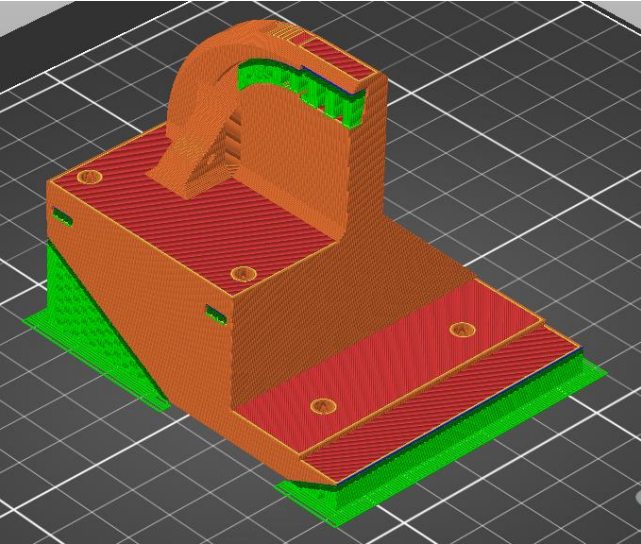
Pieza:	Prusa X Carriage Modified	Parámetros:	
Montaje: 	Material:	PLA MAX	
	Resolución:	0.2 mm	
	Densidad de Relleno:	40%	
	Patrón de Relleno:	Giroide	
	Soportes:	Si	
	Temperatura impresión:	215 °C	
	Peso:	47.99 g	
	Observaciones: <p>Los soportes son necesarios únicamente en las superficies en voladizo, para los agujeros no son necesarios.</p>		

Instrucciones de Manufactura			
Pieza:	Extruder X Carriage Clip	Parámetros:	
Montaje:		Material:	PLA MAX
		Resolución:	0.2 mm
		Densidad de Relleno:	40%
		Patrón de Relleno:	Giroide
		Soportes:	Si
		Temperatura impresión:	215 °C
		Peso:	29.82 g
Observaciones:			
Los soportes son necesarios únicamente en las superficies en voladizo, para los agujeros no son necesarios.			

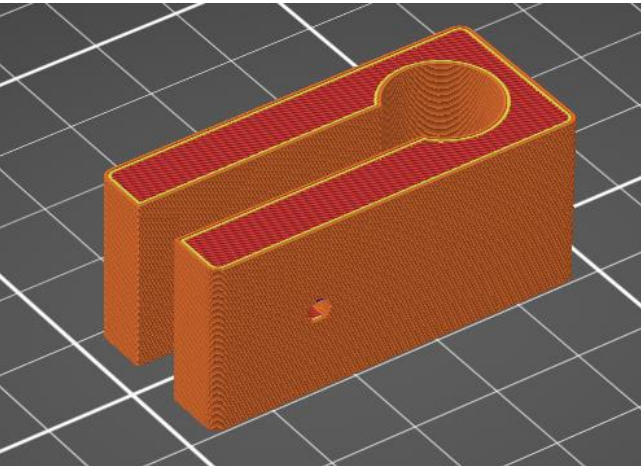
Instrucciones de Manufactura

Pieza:	Prusa LoverBoard-Cover Modified	Parámetros:	
Montaje: 	Material:	PLA MAX	
	Resolución:	0.2 mm	
	Densidad de Relleno:	40%	
	Patrón de Relleno:	Giroide	
	Soportes:	No	
	Temperatura impresión:	215 °C	
	Peso:	11.09 g	
	Observaciones:		

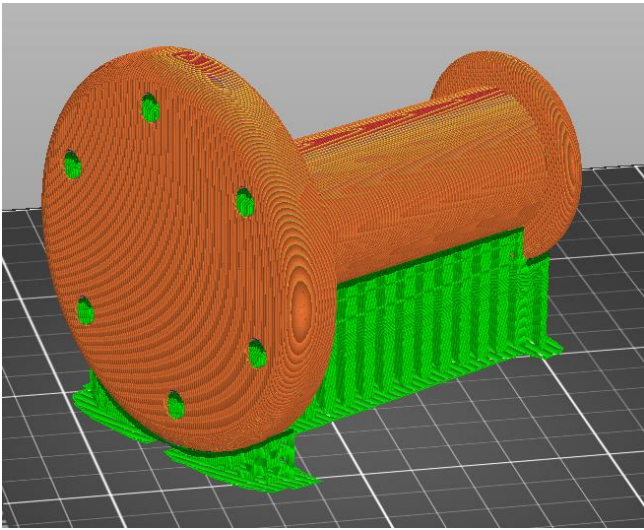
Instrucciones de Manufactura

Pieza:	Filament-Cable Support	Parámetros:	
Montaje: 		Material:	PLA MAX
		Resolución:	0.2 mm
		Densidad de Relleno:	40%
		Patrón de Relleno:	Giroide
		Soportes:	Si
		Temperatura impresión:	215 °C
		Peso:	64.04 g
	Observaciones:		

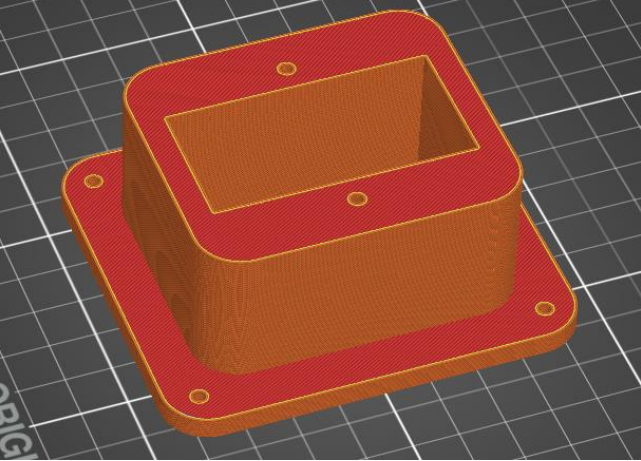
Instrucciones de Manufactura

Pieza:	Filament Acrylic Holder	Parámetros:	
Montaje: 	Material:	PLA MAX	
	Resolución:	0.2 mm	
	Densidad de Relleno:	40%	
	Patrón de Relleno:	Giroide	
	Soportes:	No	
	Temperatura impresión:	215 °C	
	Peso:	9.40 g	
	Observaciones:		

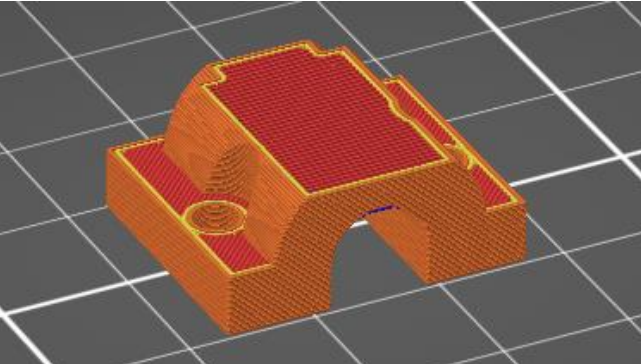
Instrucciones de Manufactura

Pieza:	Filament Support Bar	Parámetros:	
Montaje: 		Material:	PLA MAX
		Resolución:	0.2 mm
		Densidad de Relleno:	40%
		Patrón de Relleno:	Giroide
		Soportes:	Si
		Temperatura impresión:	215 °C
		Peso:	84.48 g
		Observaciones:	

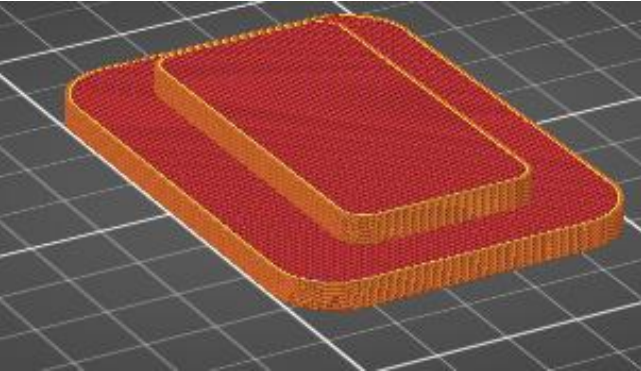
Instrucciones de Manufactura

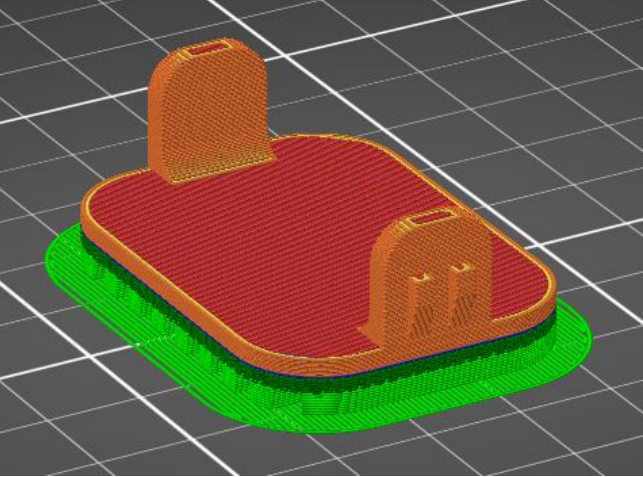
Pieza:	Power Suply Entry Support	Parámetros:	
Montaje: 		Material:	PLA MAX
		Resolución:	0.2 mm
		Densidad de Relleno:	40%
		Patrón de Relleno:	Giroide
		Soportes:	No
		Temperatura impresión:	215 °C
		Peso:	70.50 g
	Observaciones:		

Instrucciones de Manufactura

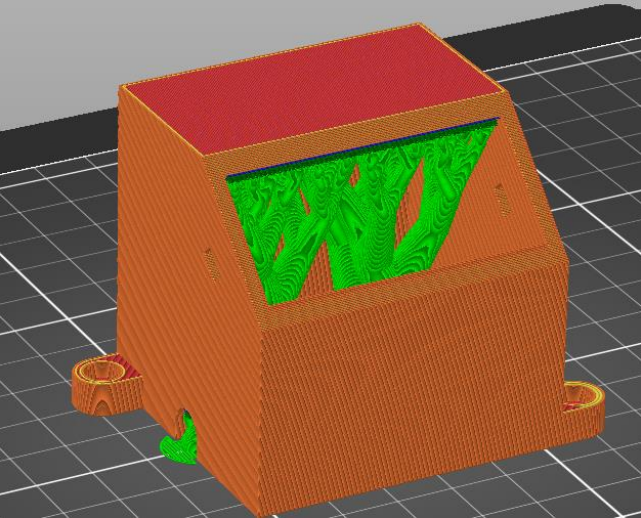
Pieza:	Lower Hose Support	Parámetros:	
Montaje: 	Material:	PLA MAX	
	Resolución:	0.2 mm	
	Densidad de Relleno:	40%	
	Patrón de Relleno:	Giroide	
	Soportes:	No	
	Temperatura impresión:	215 °C	
	Peso:	2.74 g	
	Observaciones:		

Instrucciones de Manufactura

Pieza:	Old 110V Cavity Cover	Parámetros:	
Montaje: 	Material:	PLA MAX	
	Resolución:	0.2 mm	
	Densidad de Relleno:	40%	
	Patrón de Relleno:	Giroide	
	Soportes:	No	
	Temperatura impresión:	215 °C	
	Peso:	15.30 g	
	Observaciones:		

Instrucciones de Manufactura			
Pieza:	Old USB Cavity Cover	Parámetros:	
Montaje:		Material:	PLA MAX
		Resolución:	0.2 mm
		Densidad de Relleno:	40%
		Patrón de Relleno:	Giroide
		Soportes:	Si
		Temperatura impresión:	215 °C
		Peso:	7.79 g
		Observaciones:	

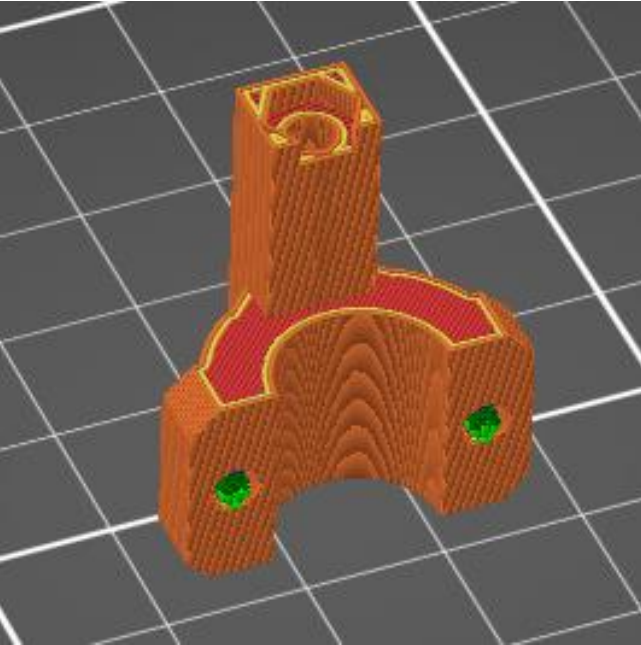
Instrucciones de Manufactura

Pieza:	Switch Case	Parámetros:
Montaje:		Material: PLA MAX
		Resolución: 0.2 mm
		Densidad de Relleno: 40%
		Patrón de Relleno: Giroide
		Soportes: Si
		Temperatura impresión: 215 °C
		Peso: 40.17 g
Observaciones:	Se utilizan soportes orgánicos para ahorrar material y facilitar el retiro de estos.	

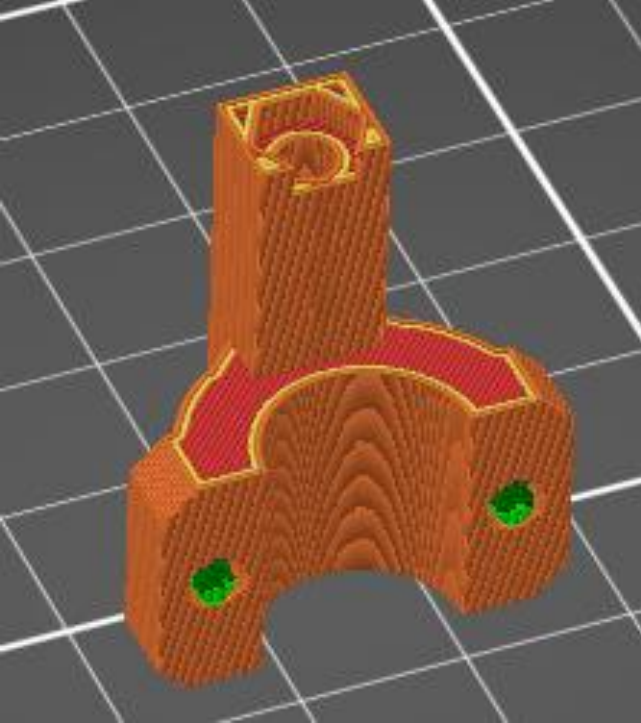
Instrucciones de Manufactura

Pieza:	Switch Case Top	Parámetros:	
Montaje: 	Material:	PLA MAX	
	Resolución:	0.2 mm	
	Densidad de Relleno:	40%	
	Patrón de Relleno:	Giroide	
	Soportes:	Si	
	Temperatura impresión:	215 °C	
	Peso:	4.23 g	
Observaciones: Se utilizan soportes orgánicos para ahorrar material y facilitar el retiro de estos.			

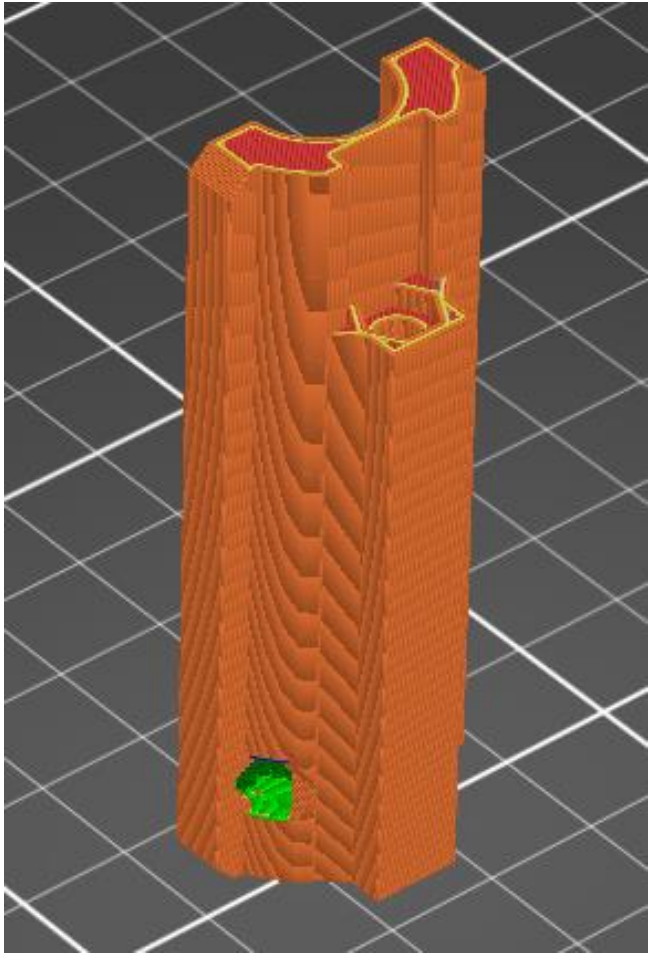
Instrucciones de Manufactura

Pieza:	Lower Variable Spacer 2	Parámetros:	
Montaje: 	Material:	PLA MAX	
	Resolución:	0.2 mm	
	Densidad de Relleno:	40%	
	Patrón de Relleno:	Giroide	
	Soportes:	Si	
	Temperatura impresión:	215 °C	
	Peso:	3.15 g	
	Observaciones:		

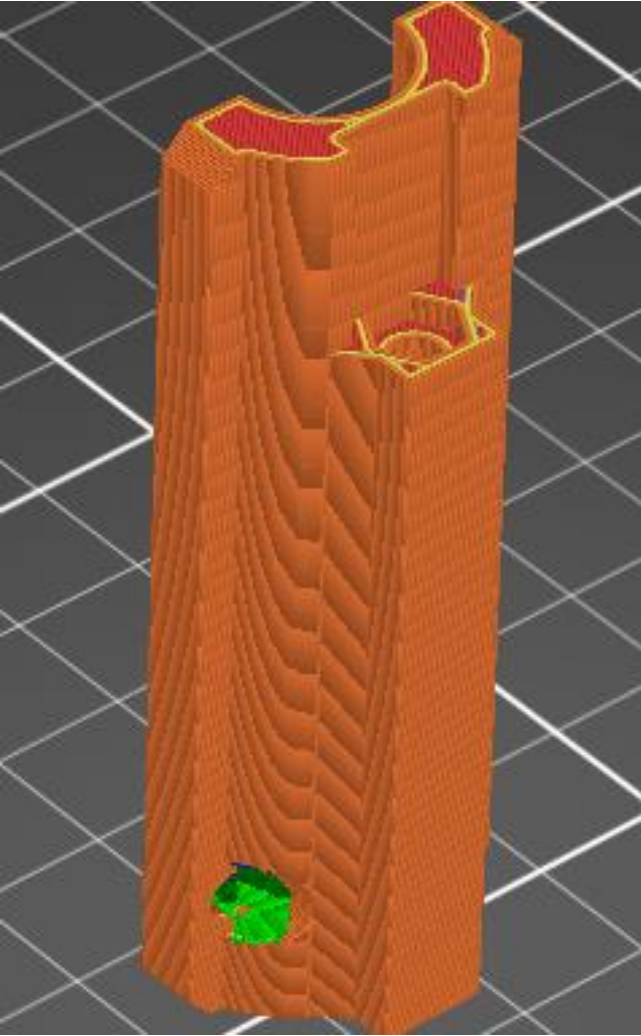
Instrucciones de Manufactura

Pieza:	Upper Variable Spacer 2	Parámetros:	
Montaje:		Material:	PLA MAX
		Resolución:	0.2 mm
		Densidad de Relleno:	40%
		Patrón de Relleno:	Giroide
		Soportes:	Si
		Temperatura impresión:	215 °C
		Peso:	3.14 g
		Observaciones:	

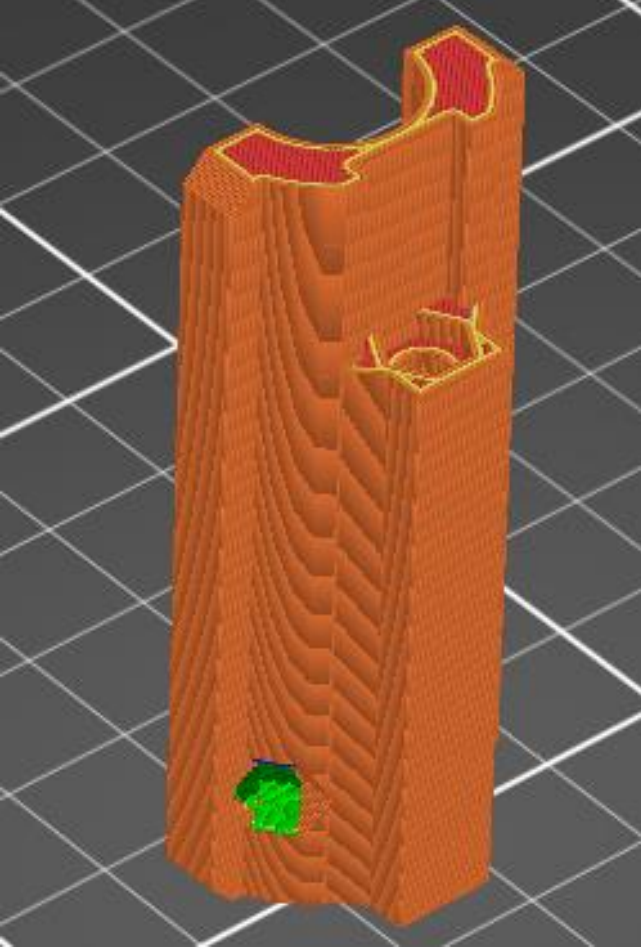
Instrucciones de Manufactura

Pieza:	X Lower Variable Spacer	Parámetros:	
Montaje:		Material:	PLA MAX
		Resolución:	0.2 mm
		Densidad de Relleno:	40%
		Patrón de Relleno:	Giroide
		Soportes:	Si
		Temperatura impresión:	215 °C
		Peso:	9.75 g
Observaciones:			

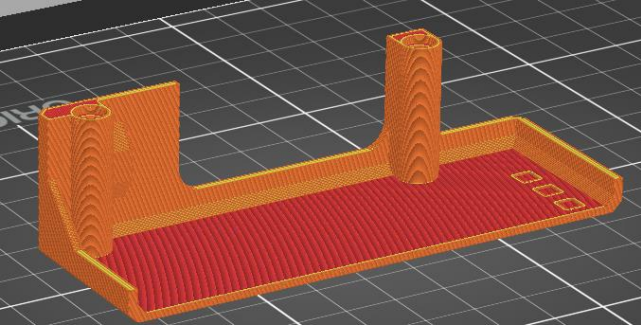
Instrucciones de Manufactura

Pieza:	X Upper Variable Spacer	Parámetros:	
Montaje: 		Material:	PLA MAX
		Resolución:	0.2 mm
		Densidad de Relleno:	40%
		Patrón de Relleno:	Giroide
		Soportes:	Si
		Temperatura impresión:	215 °C
		Peso:	9.75 g
		Observaciones:	

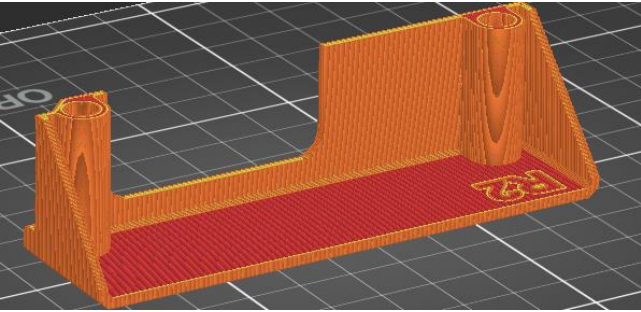
Instrucciones de Manufactura

Pieza:	Y Lower Variable Spacer	Parámetros:	
Montaje: 	Material:	PLA MAX	
	Resolución:	0.2 mm	
	Densidad de Relleno:	40%	
	Patrón de Relleno:	Giroide	
	Soportes:	Si	
	Temperatura impresión:	215 °C	
	Peso:	8.54 g	
Observaciones:			

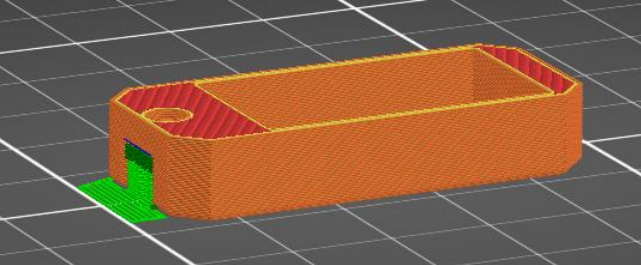
Instrucciones de Manufactura

Pieza:	El-box-cover-R3	Parámetros:	
Montaje: 	Material:	PLA MAX	
	Resolución:	0.2 mm	
	Densidad de Relleno:	40%	
	Patrón de Relleno:	Giroide	
	Soportes:	No	
	Temperatura impresión:	215 °C	
	Peso:	12.00 g	
Observaciones:			

Instrucciones de Manufactura

Pieza:	PSU-Cover-R2		Parámetros:	
Montaje:			Material:	PLA MAX
	Resolución:	0.2 mm	Densidad de Relleno:	40%
	Patrón de Relleno:	Giroide	Soportes:	No
	Temperatura impresión:	215 °C	Peso:	14.10 g
	Observaciones:			

Instrucciones de Manufactura

Pieza:	Wifi-Cover-R2	Parámetros:	
Montaje:		Material:	PLA MAX
		Resolución:	0.2 mm
		Densidad de Relleno:	40%
		Patrón de Relleno:	Giroide
		Soportes:	Si
		Temperatura impresión:	215 °C
		Peso:	3.41 g
		Observaciones:	

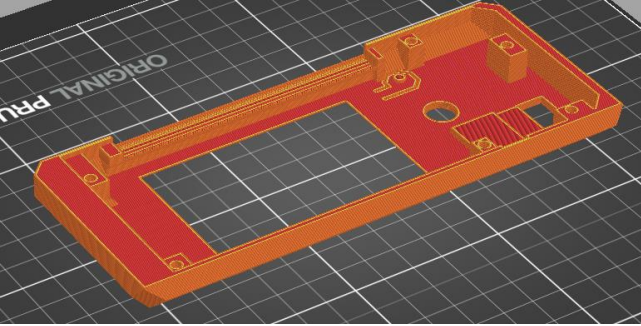


7. xLCD

En este apartado se puede ver el detalle de manufactura para las piezas que corresponden a las partes necesarias para poder unir la pantalla xLCD a la carcasa de la impresora, las cuales son las siguientes:

- LCD Cover
- Coupler for LCD Cover
- XLCD-knob-R2

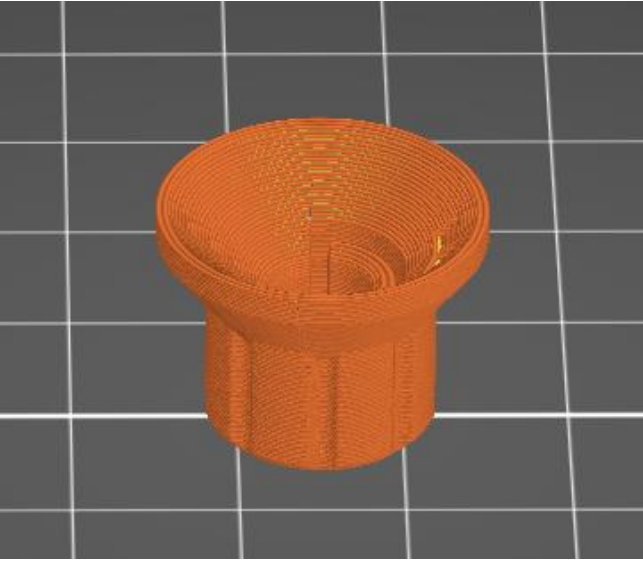
Instrucciones de Manufactura

Pieza:	LCD Cover	Parámetros:	
Montaje: 	Material:	PLA MAX	
	Resolución:	0.2 mm	
	Densidad de Relleno:	40%	
	Patrón de Relleno:	Giroide	
	Soportes:	No	
	Temperatura impresión:	215 °C	
	Peso:	36.21 g	
	Observaciones:		

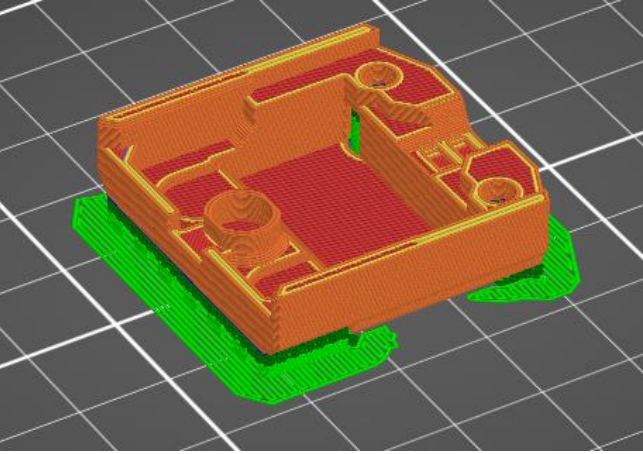
Instrucciones de Manufactura

Pieza:	Coupler for LCD Cover	Parámetros:	
Montaje:		Material:	PLA MAX
		Resolución:	0.2 mm
		Densidad de Relleno:	40%
		Patrón de Relleno:	Giroide
		Soportes:	Si
		Temperatura impresión:	215 °C
		Peso:	60.71 g
		Observaciones:	
Se utilizan soportes orgánicos para ahorrar material y facilitar el retiro de estos.			

Instrucciones de Manufactura

Pieza:	XLCD-knob-R2		Parámetros:	
Montaje:		Material:	PLA MAX	
		Resolución:	0.2 mm	
		Densidad de Relleno:	40%	
		Patrón de Relleno:	Giroide	
		Soportes:	No	
		Temperatura impresión:	215 °C	
		Peso:	2.08 g	
Observaciones:				

Instrucciones de Manufactura

Pieza:	Heatbed-Cable-cover-Top Modified		Parámetros:	
Montaje:			Material:	PLA MAX
			Resolución:	0.2 mm
			Densidad de Relleno:	40%
			Patrón de Relleno:	Giroide
			Soportes:	Si
			Temperatura impresión:	215 °C
			Peso:	5.35 g
			Observaciones:	

9. Láminas de Acrílico

En este apartado se puede ver el detalle de la colocación de los archivos PDF para realizar el corte de las láminas de acrílico. Las piezas se detallan a continuación:

- Acrylic Cover
- Back Plate
- Filament Support

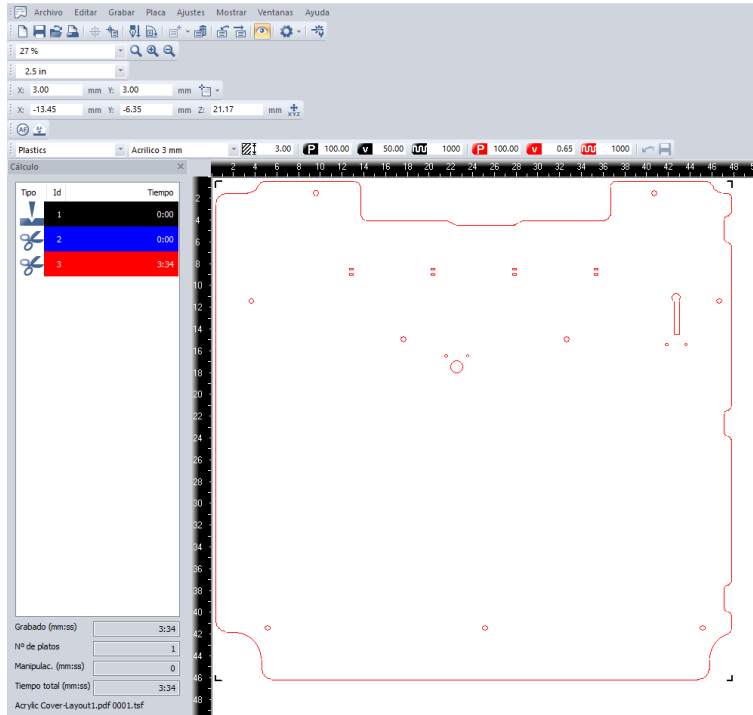
Instrucciones de Manufactura

Pieza:

Acrylic Cover

Parámetros:

Montaje:



Material:

Acrílico 3 mm

Grosor de línea corte:

0.025mm

Observaciones:

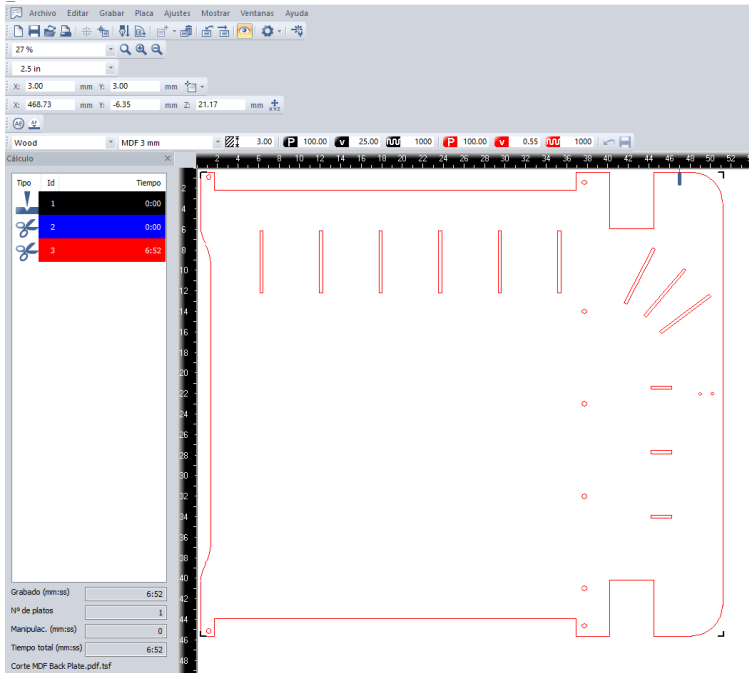
Instrucciones de Manufactura

Pieza:

Back Plate

Parámetros:

Montaje:



Material: Acrílico 3 mm

Grosor de línea corte: 0.025mm

Observaciones:

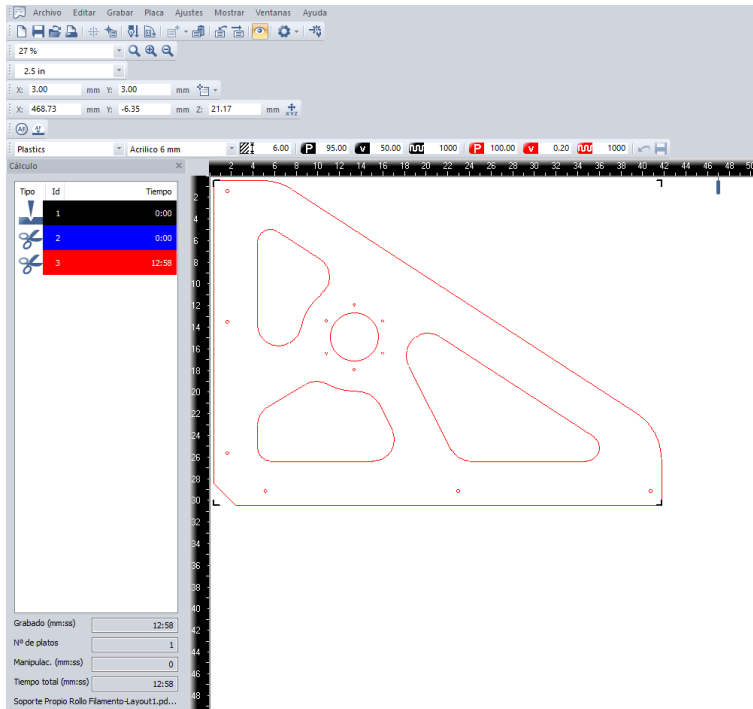
Instrucciones de Manufactura

Pieza:

Filament Support

Parámetros:

Montaje:



Material:

**Acrílico
6 mm**

**Grosor
de línea
corte:**

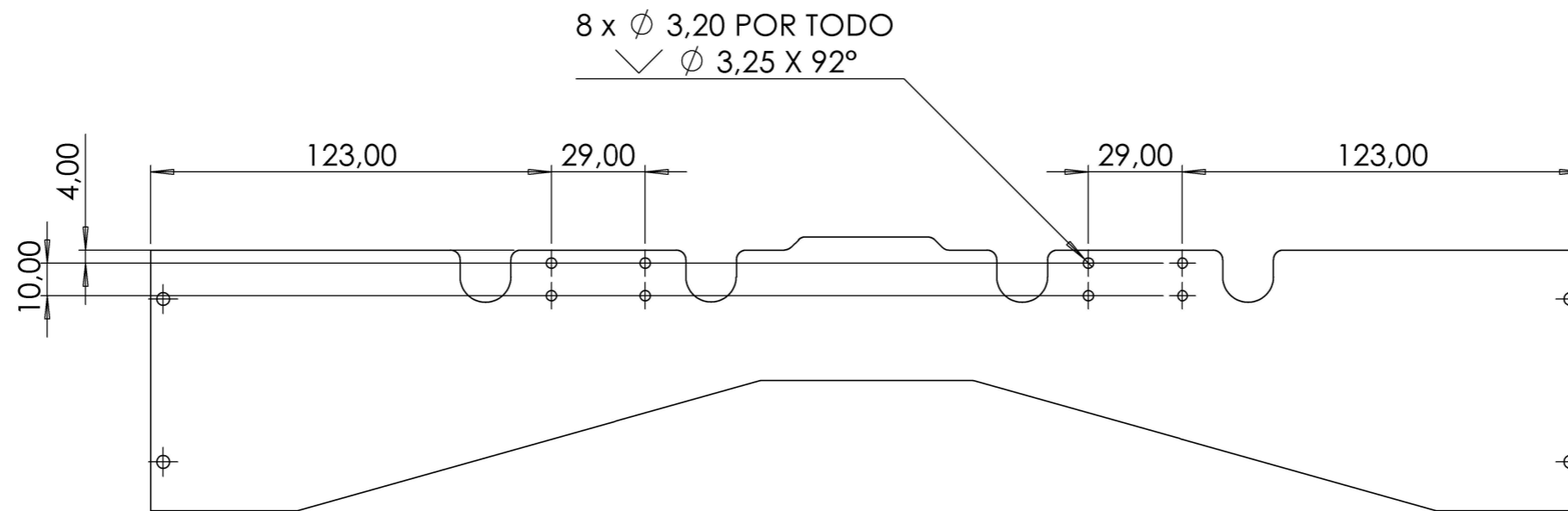
0.025mm

Observaciones:



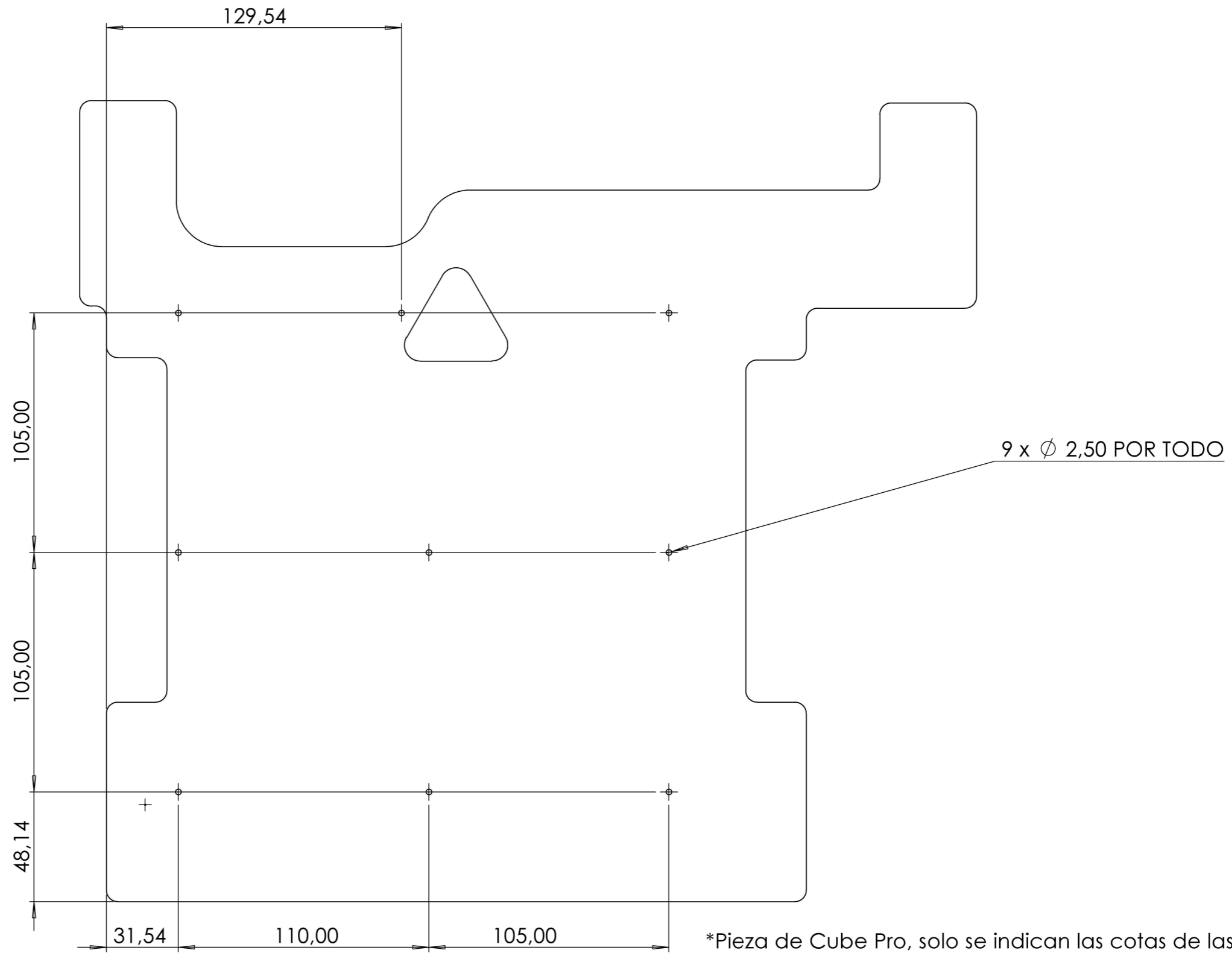
10. Archivos STL y PDF

Los archivos STL y PDF para poder realizar las respectivas impresiones 3D de las piezas, así como los cortes para las láminas de acrílico se pueden encontrar en la siguiente carpeta: [IFG](#)

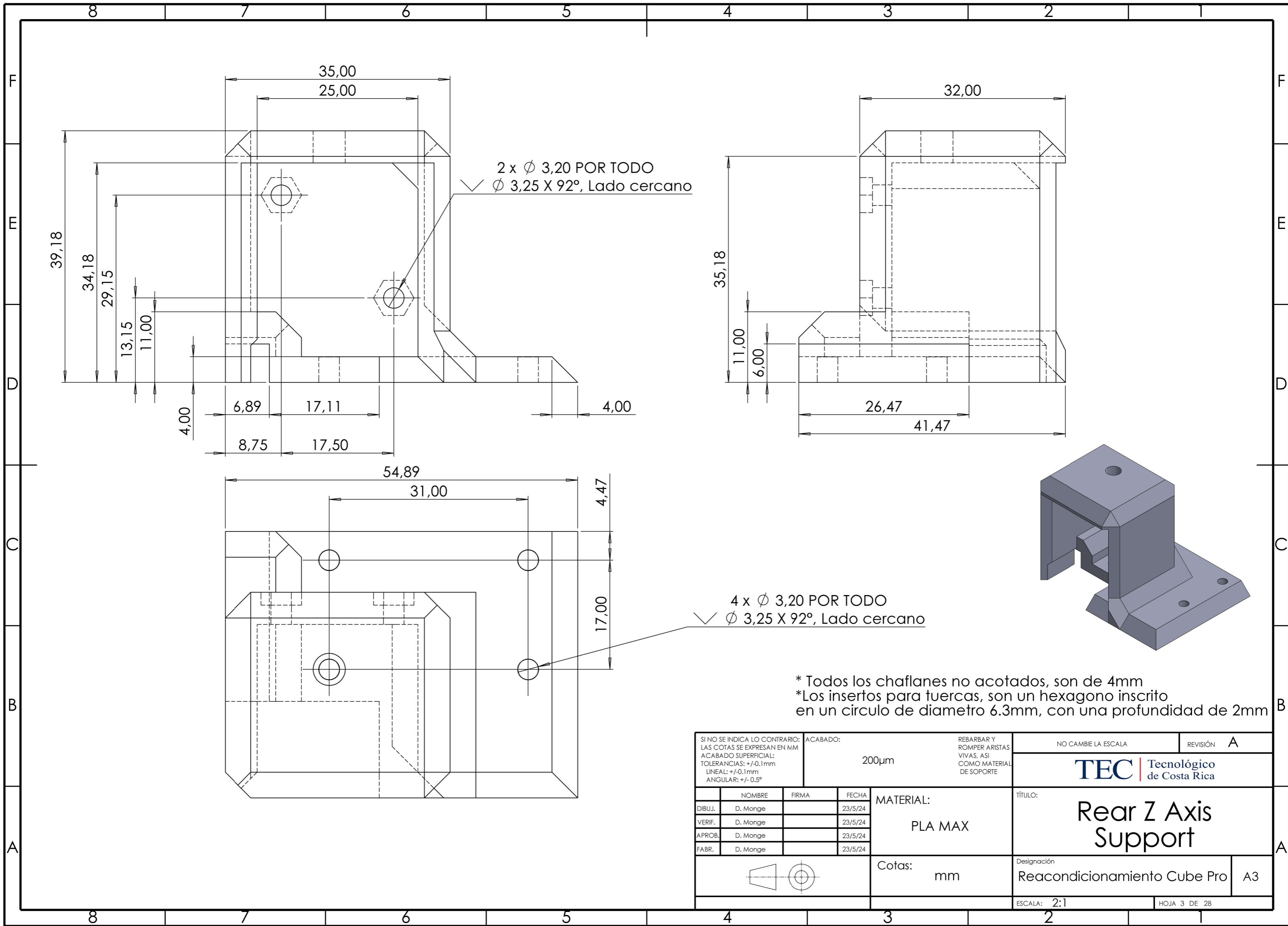


Pieza de Cube Pro, solo se indican las cotas de las modificaciones

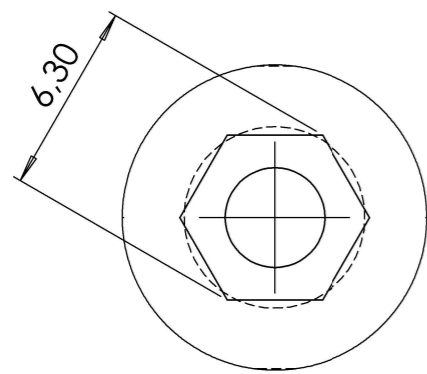
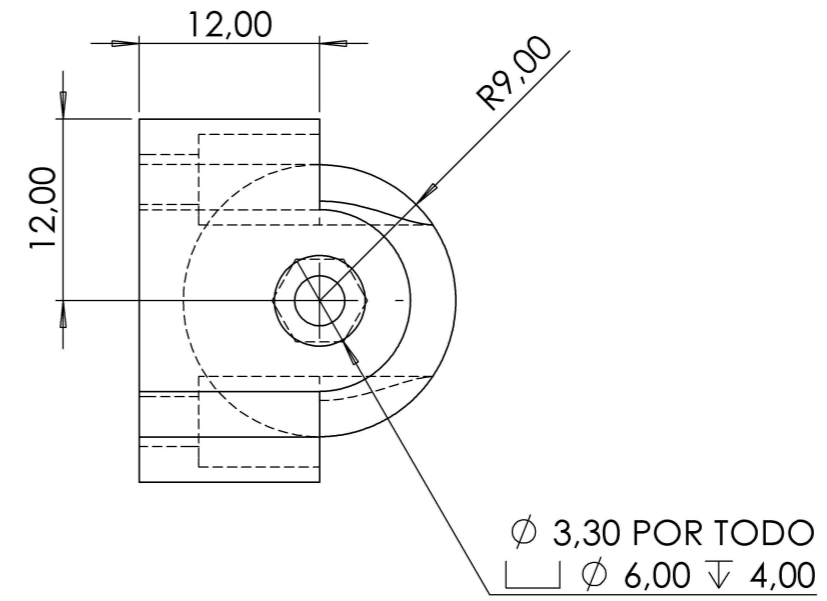
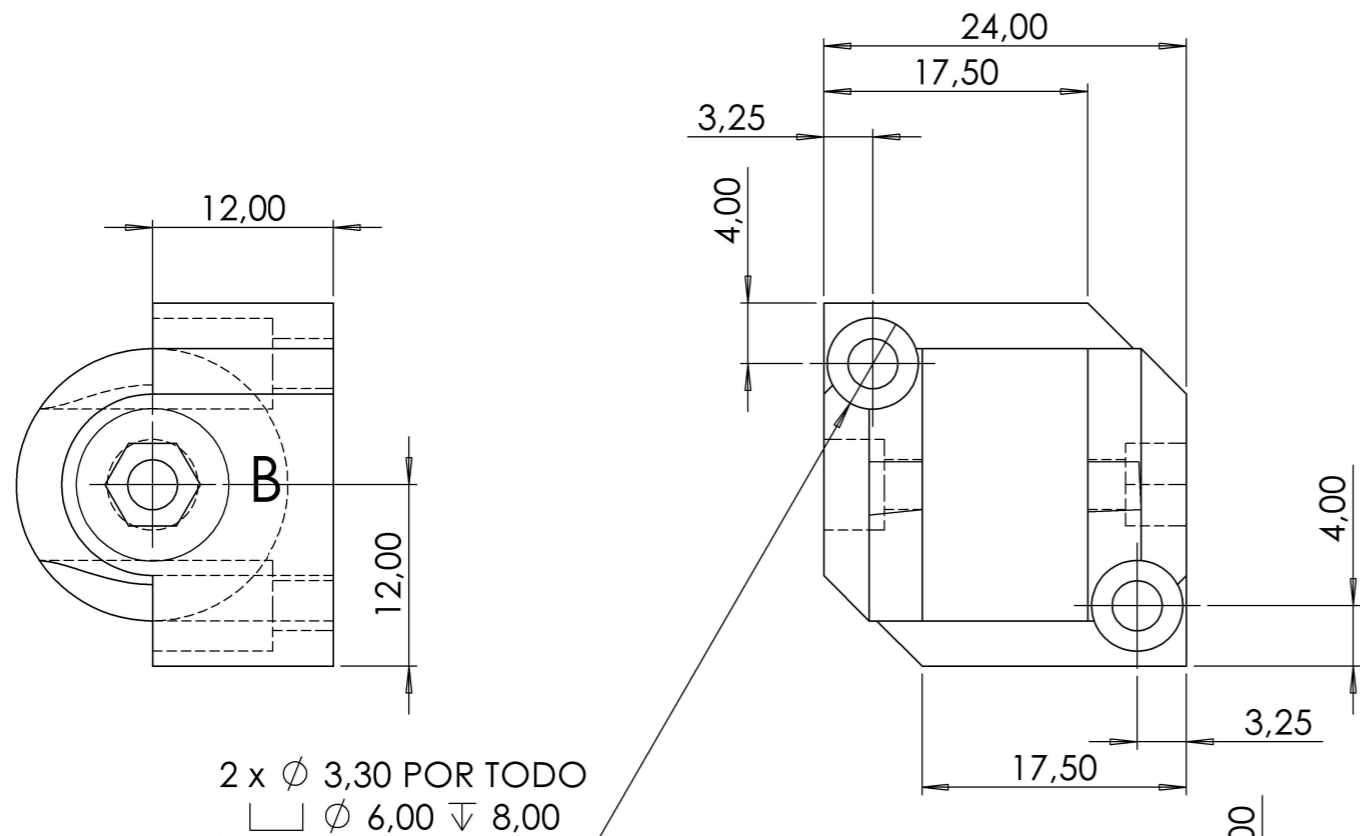
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/-0.1mm LINEAL: +/-0.1mm ANGULAR: +/- 0.5°			ACABADO: 200µm	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS, ASI COMO MATERIAL DE SOPORTE	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN A																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIBUJ.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>APROB.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>FABR.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> </tbody> </table>				NOMBRE	FIRMA	FECHA	DIBUJ.	D. Monge		23/5/24	VERIF.	D. Monge		23/5/24	APROB.	D. Monge		23/5/24	FABR.	D. Monge		23/5/24	MATERIAL: Aluminio	TÍTULO: Rear Z Axis Support		
	NOMBRE	FIRMA	FECHA																							
DIBUJ.	D. Monge		23/5/24																							
VERIF.	D. Monge		23/5/24																							
APROB.	D. Monge		23/5/24																							
FABR.	D. Monge		23/5/24																							
			Cotas: mm	Designación Reacondicionamiento Cube Pro A3																						
			ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 28																						



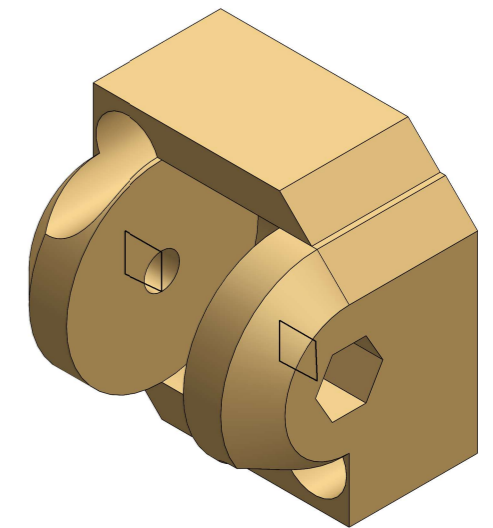
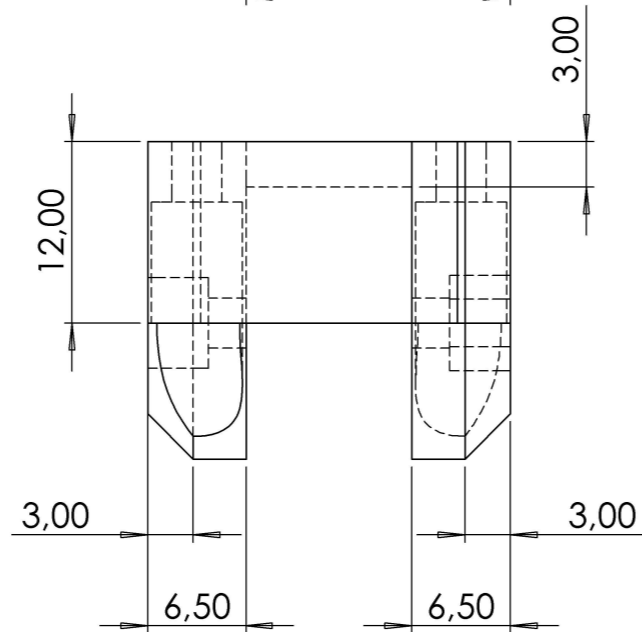
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/-0.1mm LINEAL: +/-0.1mm ANGULAR: +/- 0.5°			ACABADO: 200µm		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS, ASI COMO MATERIAL DE SOPORTE		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN A																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIBUJ.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>APROB.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>FABR.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> </tbody> </table>				NOMBRE	FIRMA	FECHA	DIBUJ.	D. Monge		23/5/24	VERIF.	D. Monge		23/5/24	APROB.	D. Monge		23/5/24	FABR.	D. Monge		23/5/24	MATERIAL: Aluminio		TÍTULO: <h2 style="text-align: center;">Rear Z Axis Support</h2>				
	NOMBRE	FIRMA	FECHA																										
DIBUJ.	D. Monge		23/5/24																										
VERIF.	D. Monge		23/5/24																										
APROB.	D. Monge		23/5/24																										
FABR.	D. Monge		23/5/24																										
			Cotas: mm		Designación Reacondicionamiento Cube Pro			A3																					
							ESCALA: 1:2		HOJA 2 DE 28																				



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/-0.1mm LINEAL: +/-0.1mm ANGULAR: +/- 0.5°			ACABADO: 200µm	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS, ASI COMO MATERIAL DE SOPORTE	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN	A
DIBUJ.			D. Monge		TÍTULO:		
VERIF.			D. Monge		TEC Tecnológico de Costa Rica		
APROB.			D. Monge		Rear Z Axis Support		
FABR.			D. Monge		Designación		
					Reacondicionamiento Cube Pro		
					A3		
					ESCALA: 2:1		
					HOJA 3 DE 28		



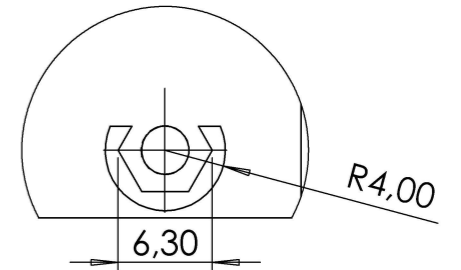
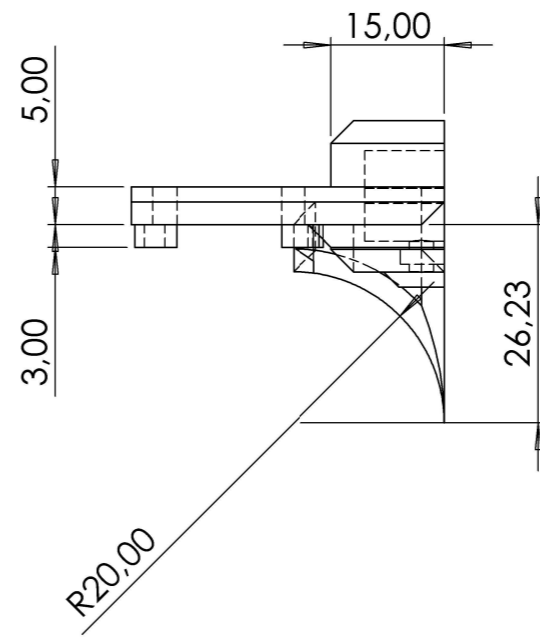
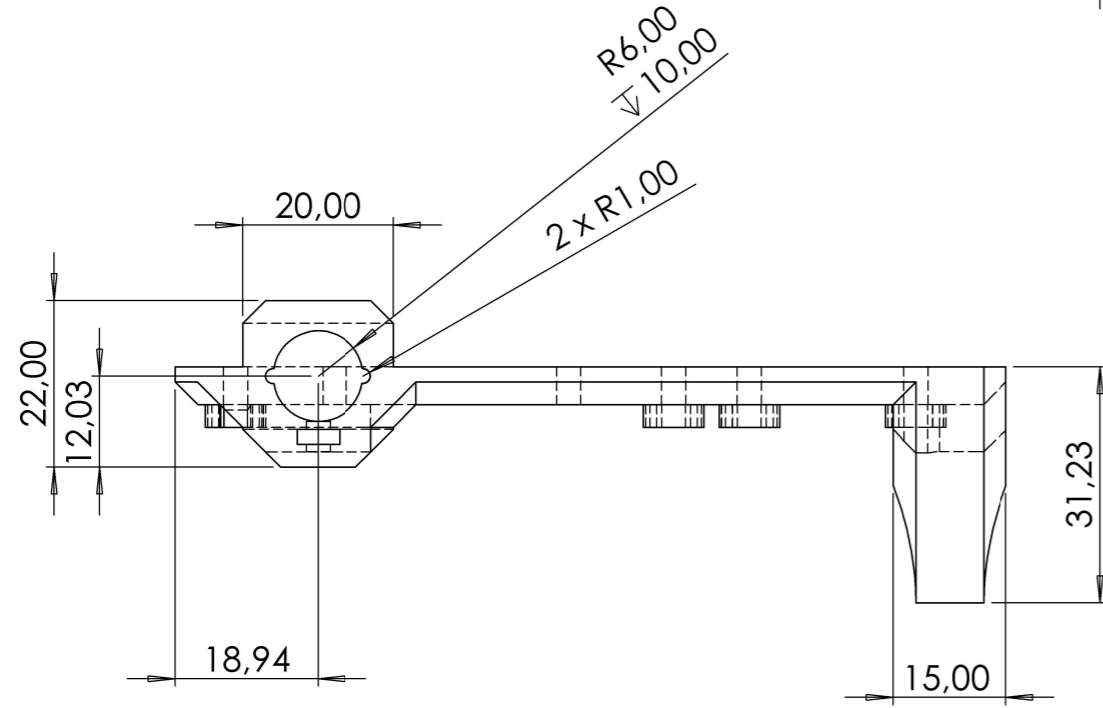
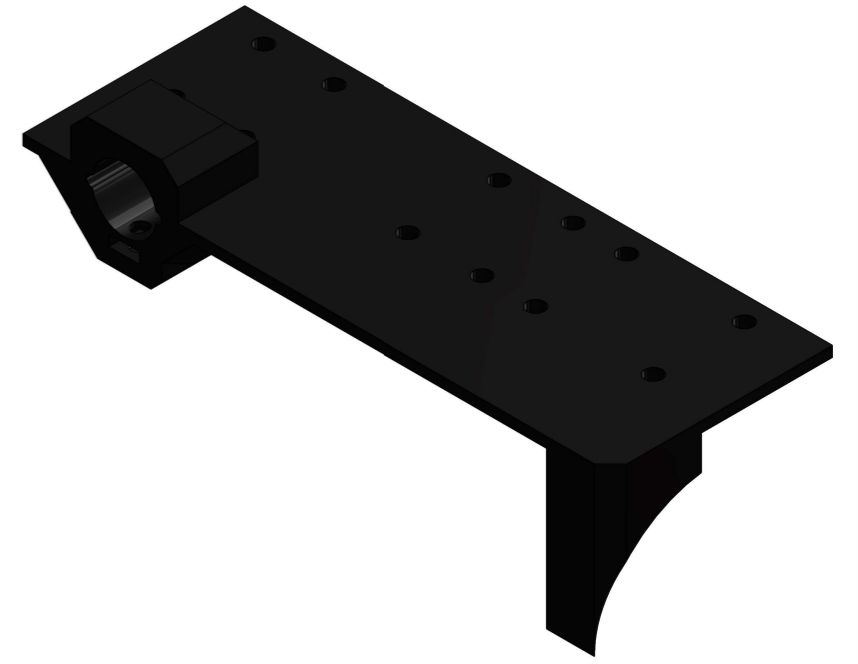
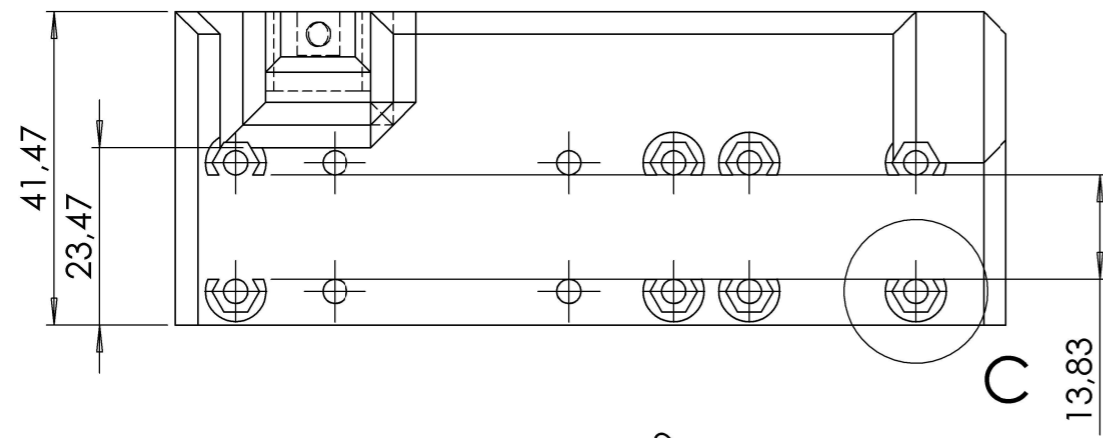
DETALLE B
ESCALA 4:1



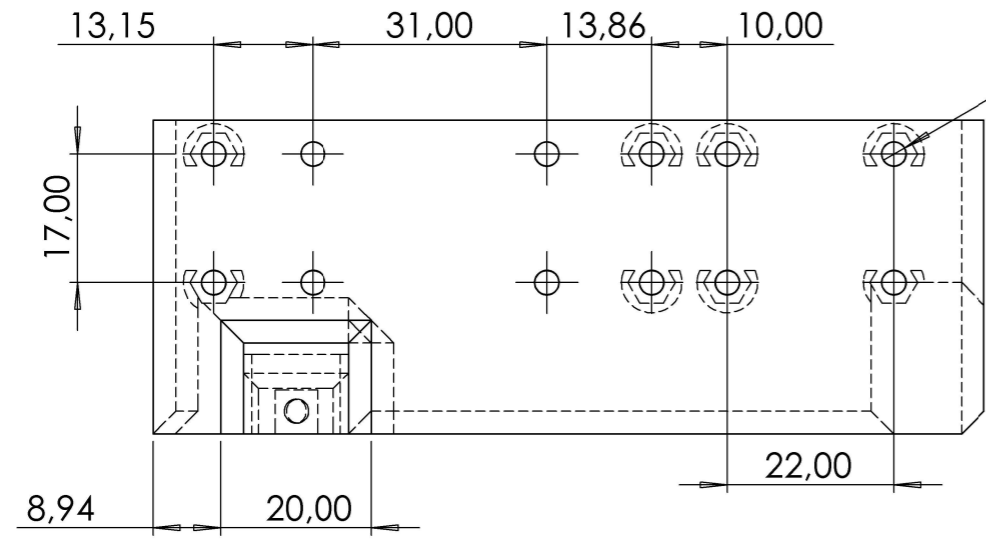
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/-0.1mm LINEAL: +/-0.1mm ANGULAR: +/- 0.5°			ACABADO: 200 μ m	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS, ASI COMO MATERIAL DE SOPORTE	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN A
DIBUJ. D. Monge			MATERIAL: PLA MAX		TÍTULO: Rear Z Axis Support	
VERIF. D. Monge			Cotas: mm		Designación Reacondicionamiento Cube Pro A3	
APROB. D. Monge			ESCALA: 2:1		HOJA 4 DE 28	
FABR. D. Monge						

8 7 6 5 4 3 2

F
E
D
C
B
A



DETALLE C
ESCALA 2 : 1

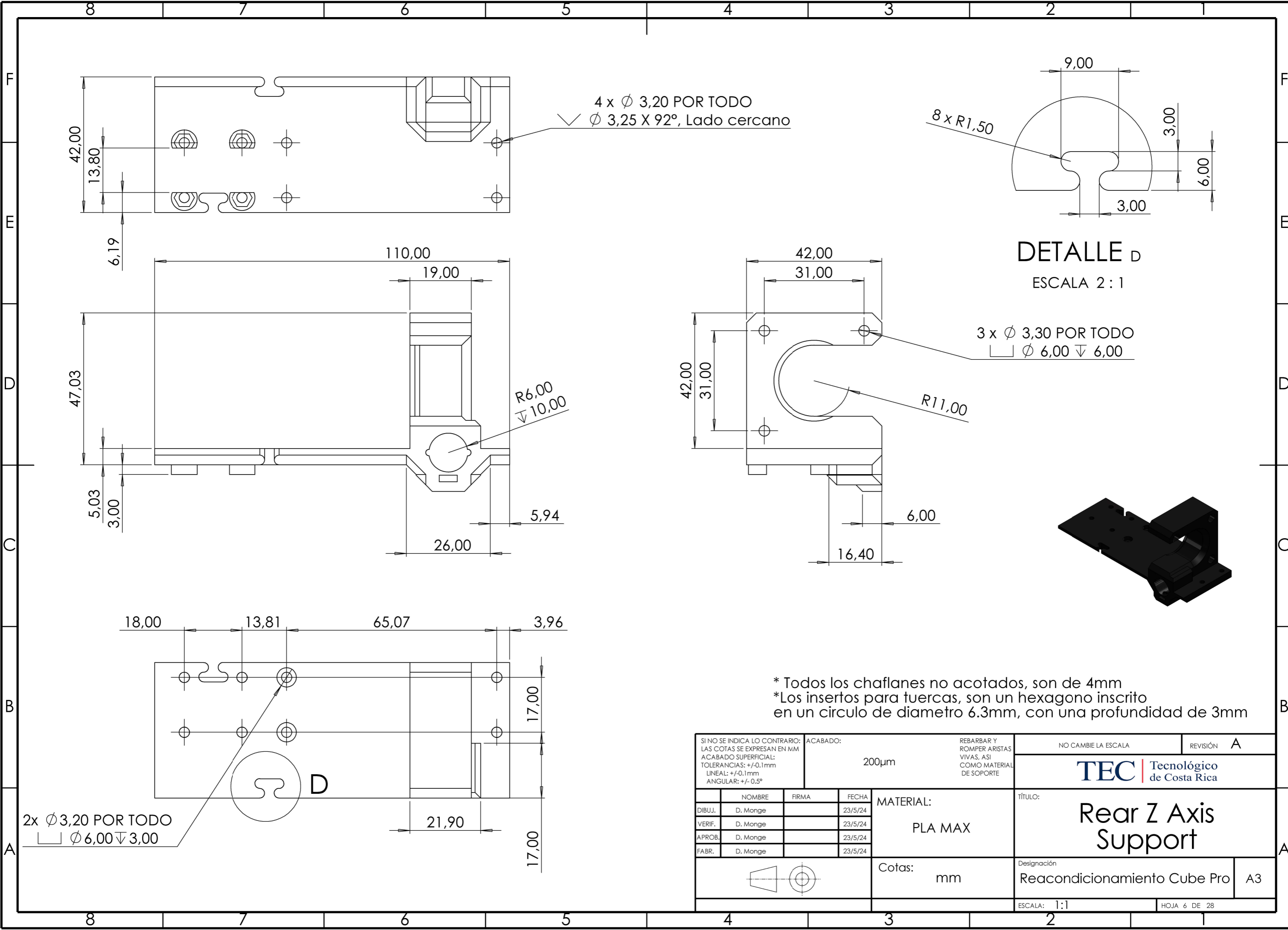


8 x ϕ 3,20 POR TODO
 ϕ 3,25 X 92°, Lado cercano

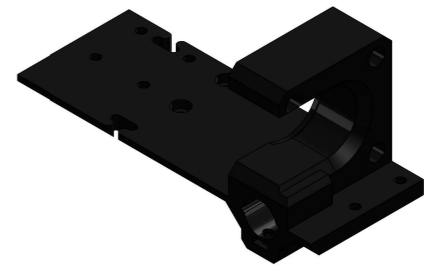
* Todos los chaflanes no acotados, son de 4mm
* Los insertos para tuercas, son un hexagono inscrito en un circulo de diametro 6.3mm, con una profundidad de 3mm

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/-0.1mm LINEAL: +/-0.1mm ANGULAR: +/- 0.5°		ACABADO: 200 μ m	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS, ASI COMO MATERIAL DE SOPORTE	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN A
DIBUJ. D. Monge		FIRMA	FECHA 23/5/24		
VERIF. D. Monge			23/5/24		
APROB. D. Monge			23/5/24		
FABR. D. Monge			23/5/24		
MATERIAL: PLA MAX		Cotas: mm		TÍTULO: Rear Z Axis Support	
		ESCALA: 1:1		Designación Reacondicionamiento Cube Pro A3	
		HOJA 5 DE 28			


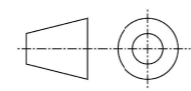
8 7 6 5 4 3 2

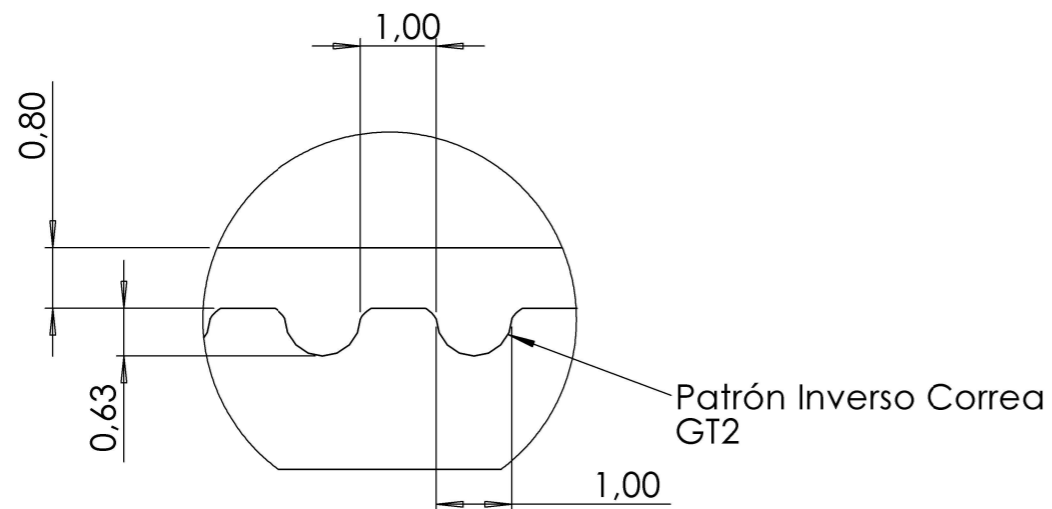
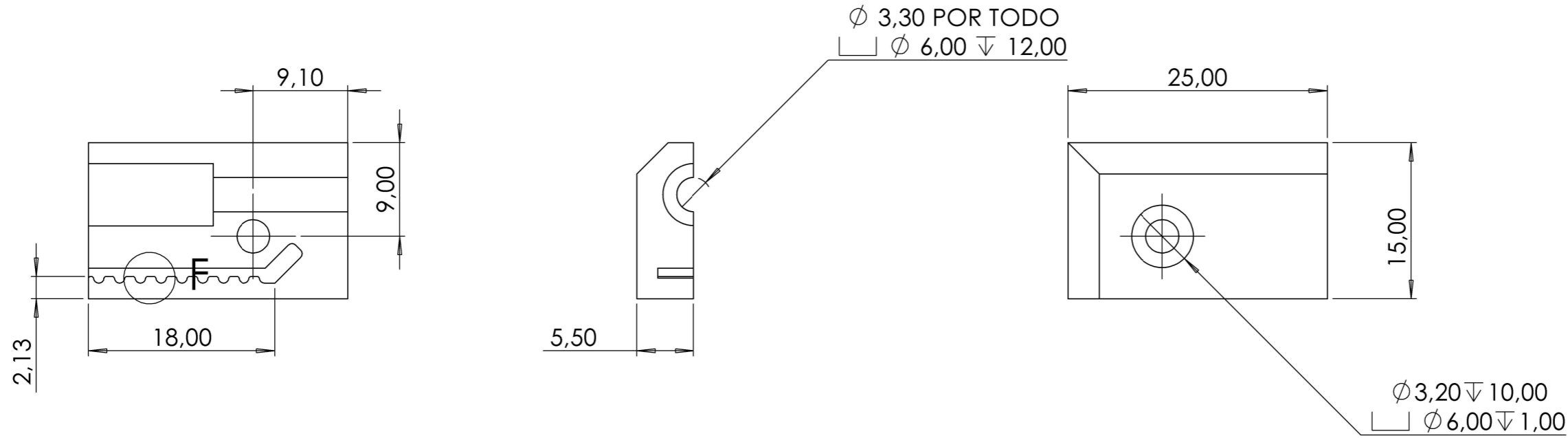


DETALLE D
ESCALA 2:1

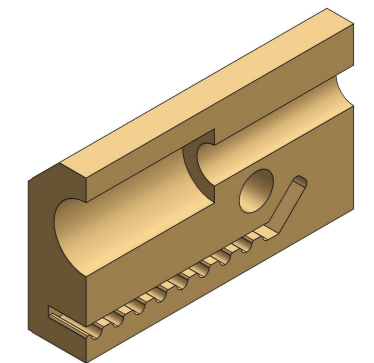


* Todos los chaflanes no acotados, son de 4mm
 * Los insertos para tuercas, son un hexagono inscrito en un circulo de diametro 6.3mm, con una profundidad de 3mm

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/-0.1mm LINEAL: +/-0.1mm ANGULAR: +/- 0.5°		ACABADO: 200µm	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS, ASI COMO MATERIAL DE SOPORTE	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN A
DIBUJ. D. Monge		FIRMA	FECHA 23/5/24	 Título: Rear Z Axis Support	
VERIF. D. Monge			23/5/24		
APROB. D. Monge			23/5/24		
FABR. D. Monge			23/5/24		
		Cotas: mm		Designación	A3
				ESCALA: 1:1	HOJA 6 DE 28

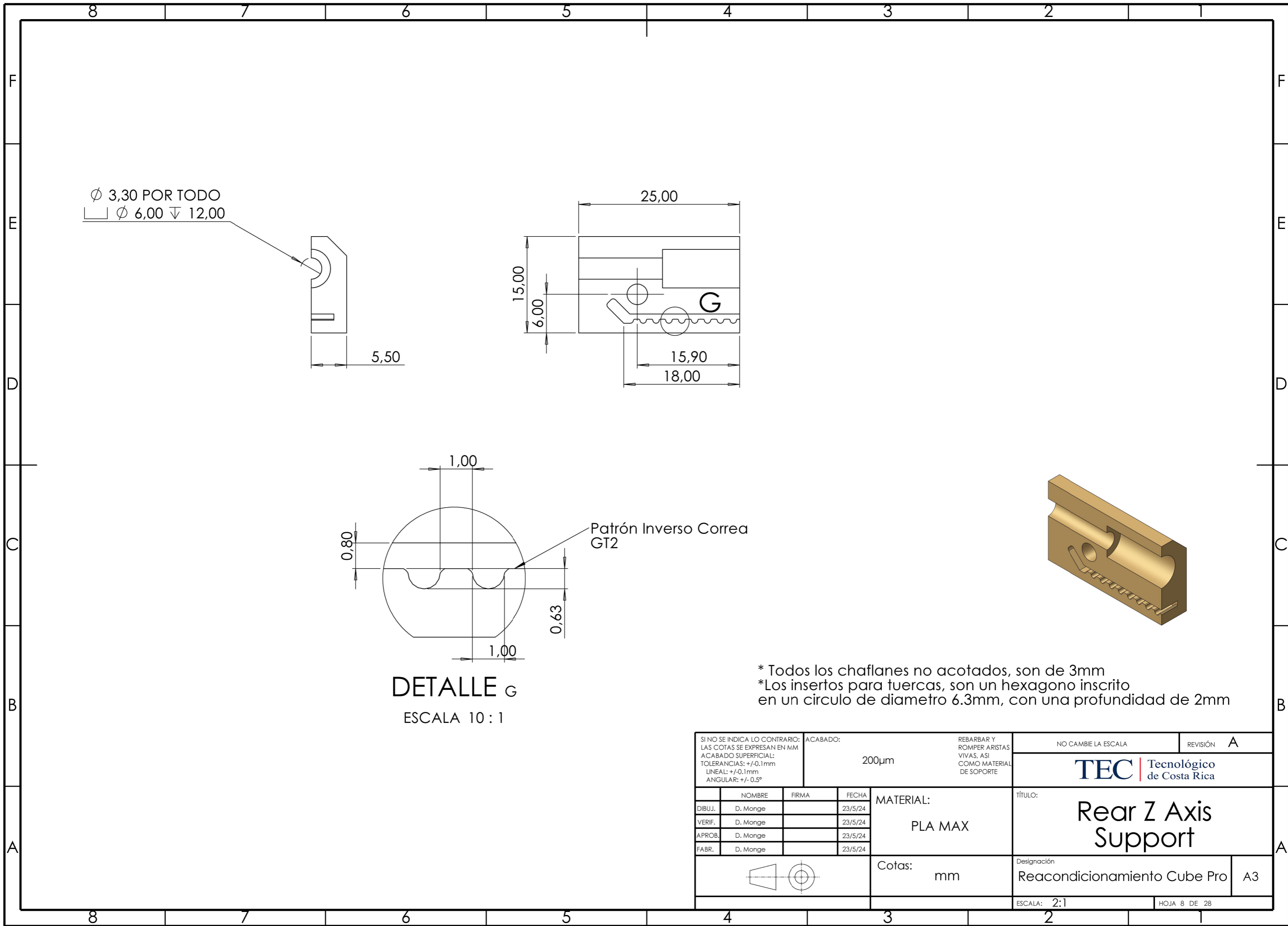


DETALLE F
ESCALA 10 : 1

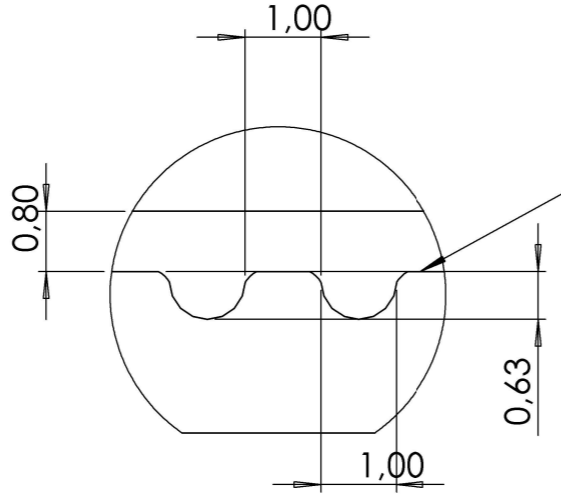
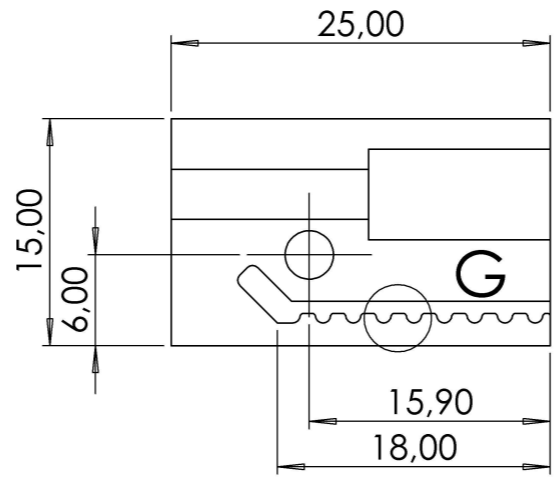
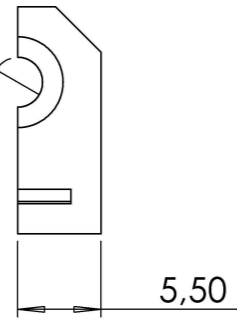


* Todos los chaflanes no acotados, son de 3mm
 * Los insertos para tuercas, son un hexagono inscrito en un circulo de diametro 6.3mm, con una profundidad de 2mm

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/-0.1mm LINEAL: +/-0.1mm ANGULAR: +/- 0.5°			ACABADO: 200µm	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS, ASI COMO MATERIAL DE SOPORTE	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN A
DIBUJ. D. Monge			MATERIAL: PLA MAX		TÍTULO: Rear Z Axis Support	
VERIF. D. Monge			Cotas: mm		Designación Reacondicionamiento Cube Pro A3	
APROB. D. Monge			ESCALA: 2:1		HOJA 7 DE 28	
FABR. D. Monge						

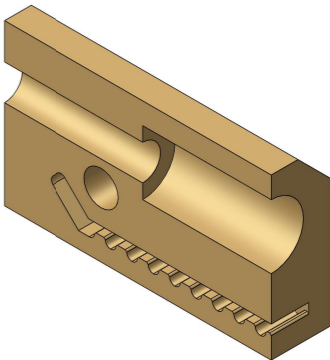


Ø 3,30 POR TODO
 □ Ø 6,00 ∇ 12,00



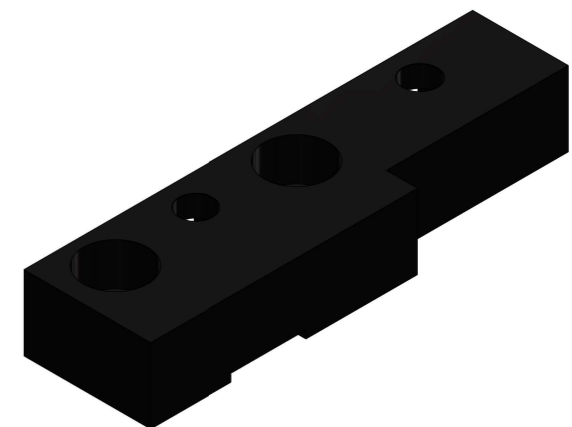
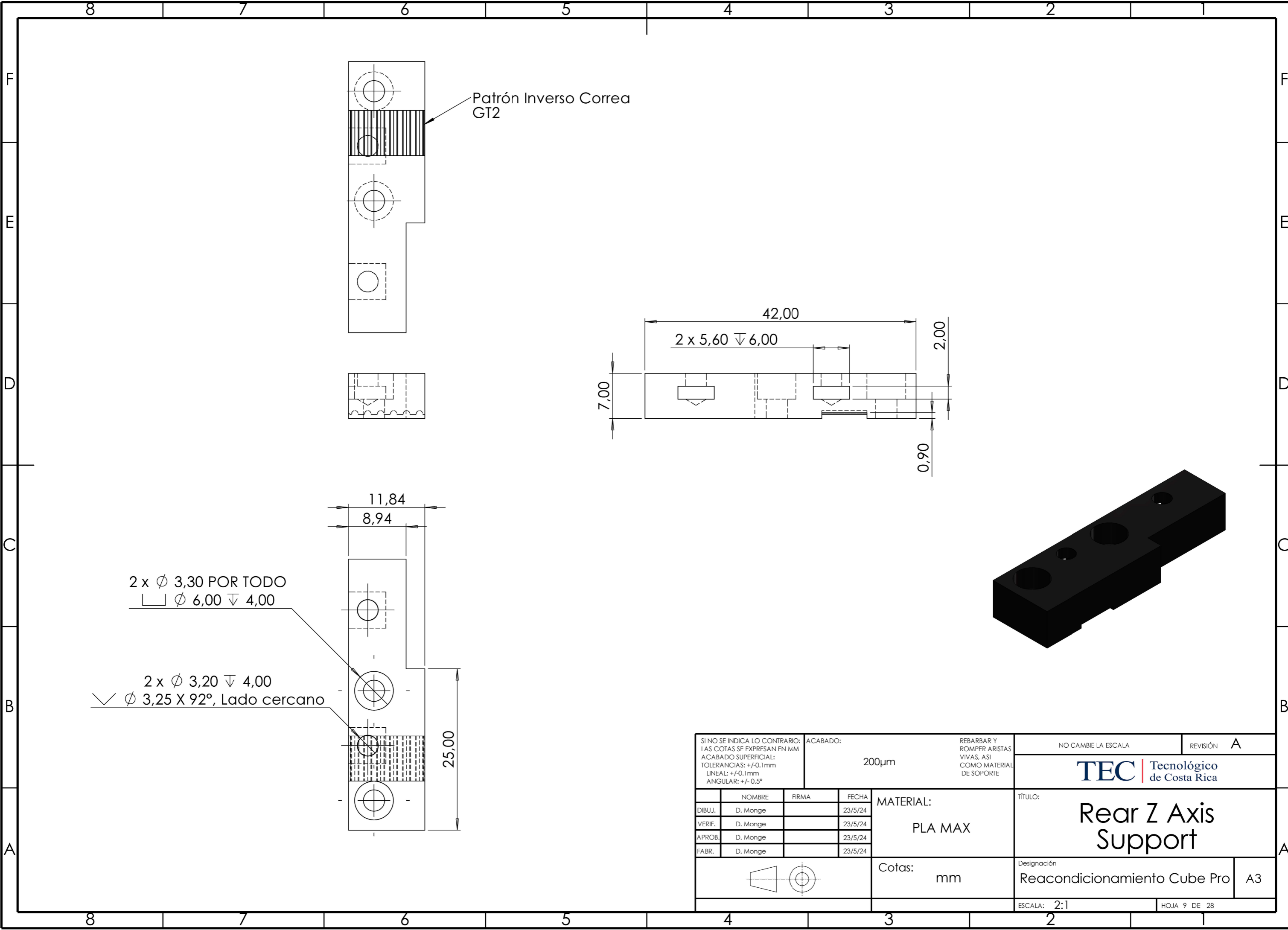
Patrón Inverso Correa GT2

DETALLE G
 ESCALA 10 : 1

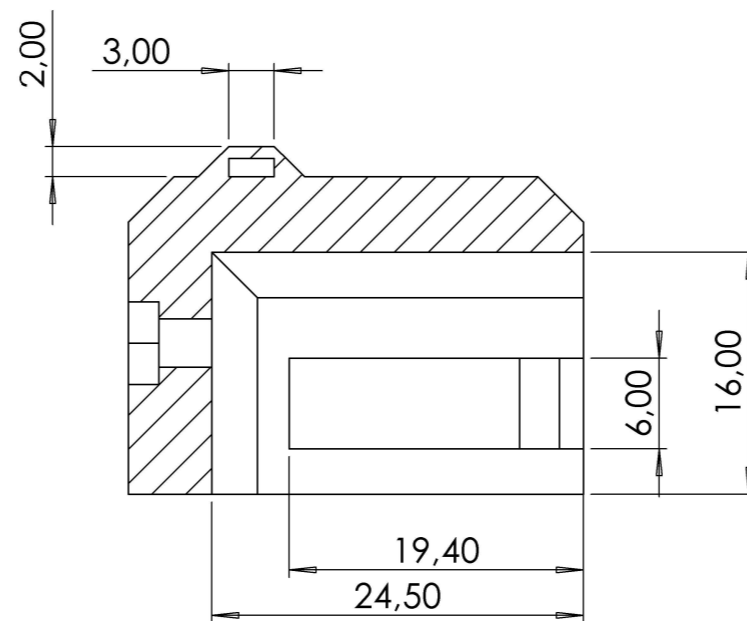
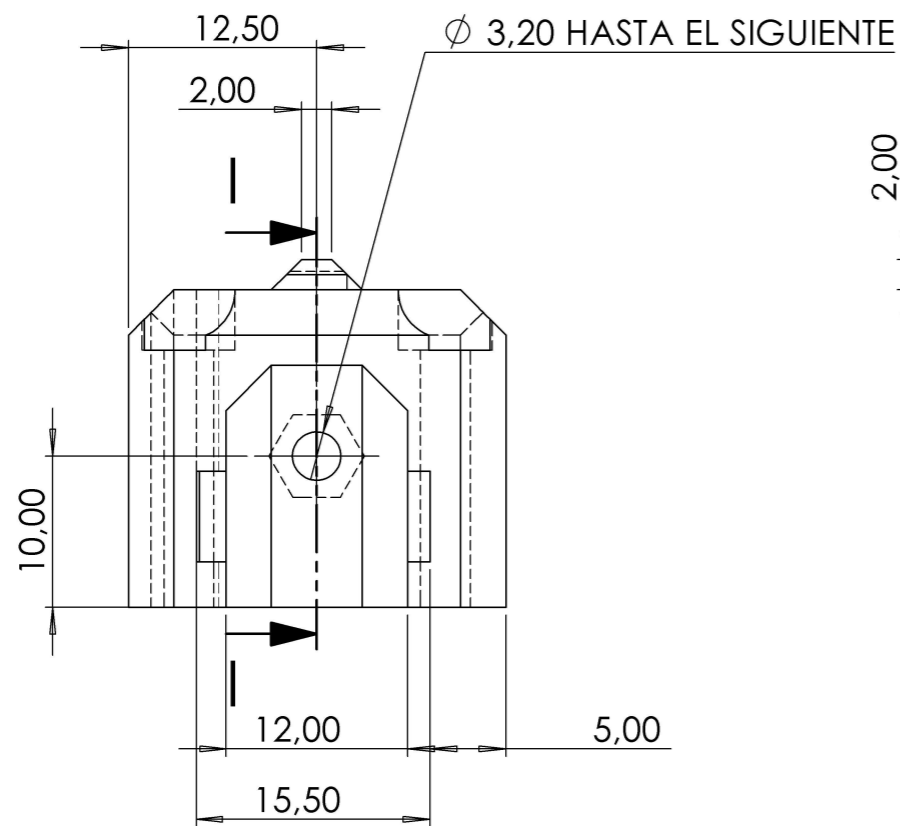


* Todos los chaflanes no acotados, son de 3mm
 * Los insertos para tuercas, son un hexagono inscrito en un circulo de diametro 6.3mm, con una profundidad de 2mm

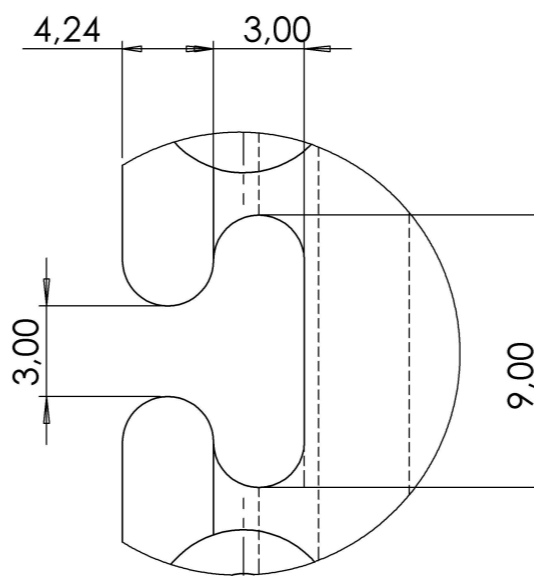
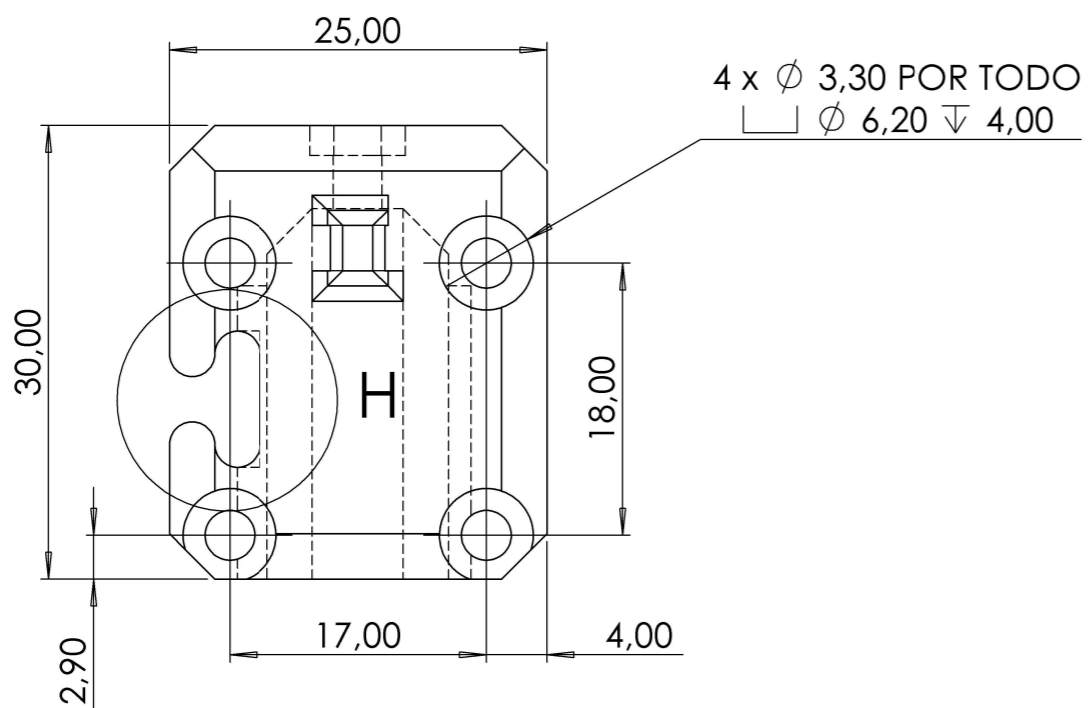
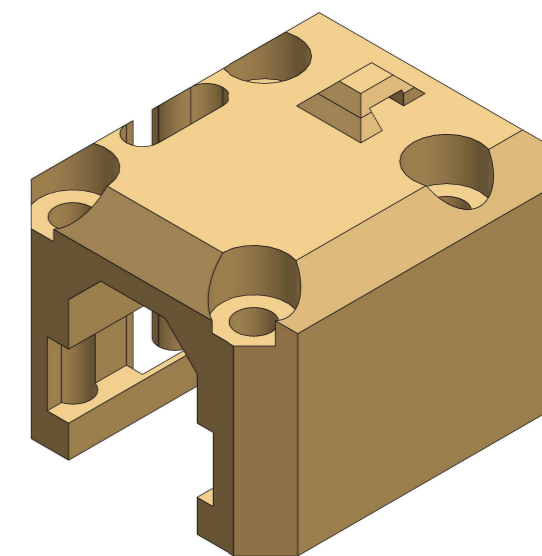
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/-0.1mm LINEAL: +/-0.1mm ANGULAR: +/- 0.5°			ACABADO: 200µm	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS, ASI COMO MATERIAL DE SOPORTE	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN A																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIBUJ.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>APROB.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>FABR.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> </tbody> </table>				NOMBRE	FIRMA	FECHA	DIBUJ.	D. Monge		23/5/24	VERIF.	D. Monge		23/5/24	APROB.	D. Monge		23/5/24	FABR.	D. Monge		23/5/24	MATERIAL: PLA MAX	TÍTULO: Rear Z Axis Support		
	NOMBRE	FIRMA	FECHA																							
DIBUJ.	D. Monge		23/5/24																							
VERIF.	D. Monge		23/5/24																							
APROB.	D. Monge		23/5/24																							
FABR.	D. Monge		23/5/24																							
			Cotas: mm	Designación Reacondicionamiento Cube Pro A3																						
			ESCALA: 2:1	HOJA 8 DE 28																						



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/-0.1mm LINEAL: +/-0.1mm ANGULAR: +/- 0.5°			ACABADO: 200µm	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS, ASI COMO MATERIAL DE SOPORTE	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN A																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIBUJ.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>APROB.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>FABR.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> </tbody> </table>				NOMBRE	FIRMA	FECHA	DIBUJ.	D. Monge		23/5/24	VERIF.	D. Monge		23/5/24	APROB.	D. Monge		23/5/24	FABR.	D. Monge		23/5/24	MATERIAL: PLA MAX	TÍTULO: Rear Z Axis Support		
	NOMBRE	FIRMA	FECHA																							
DIBUJ.	D. Monge		23/5/24																							
VERIF.	D. Monge		23/5/24																							
APROB.	D. Monge		23/5/24																							
FABR.	D. Monge		23/5/24																							
			Cotas: mm	Designación Reacondicionamiento Cube Pro		A3																				
				ESCALA: 2:1	HOJA 9 DE 28																					



SECCIÓN I-I

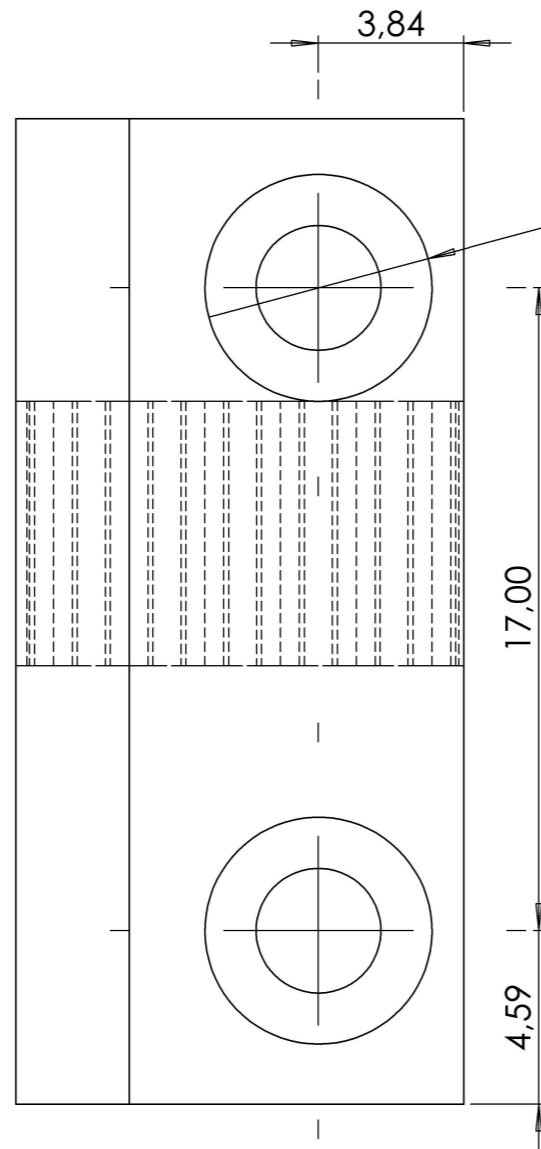
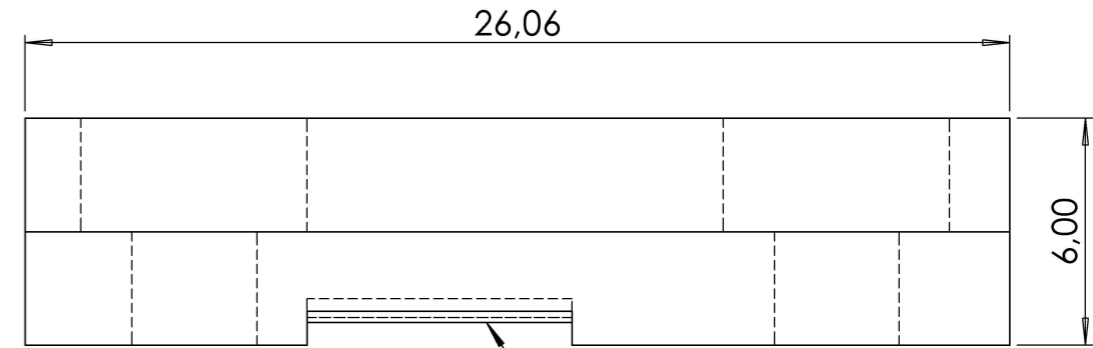
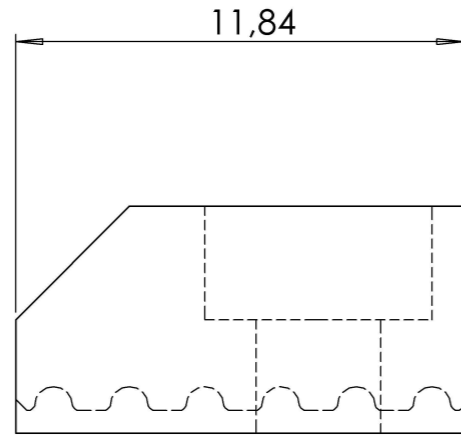


DETALLE H

ESCALA 4 : 1

* Todos los chaflanes no acotados, son de 3mm
* Los insertos para tuercas, son un hexagono inscrito en un circulo de diametro 6.3mm, con una profundidad de 2mm

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/-0.1mm LINEAL: +/-0.1mm ANGULAR: +/- 0.5°		ACABADO: 200µm	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS, ASI COMO MATERIAL DE SOPORTE	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN A
DIBUJ. D. Monge		FIRMA	FECHA	<p>TÍTULO: Rear Z Axis Support</p>	
VERIF. D. Monge			23/5/24		
APROB. D. Monge			23/5/24		
FABR. D. Monge			23/5/24		
MATERIAL: PLA MAX		Cotas: mm		Designación Reacondicionamiento Cube Pro	A3
ESCALA: 2:1		HOJA 10 DE 28			

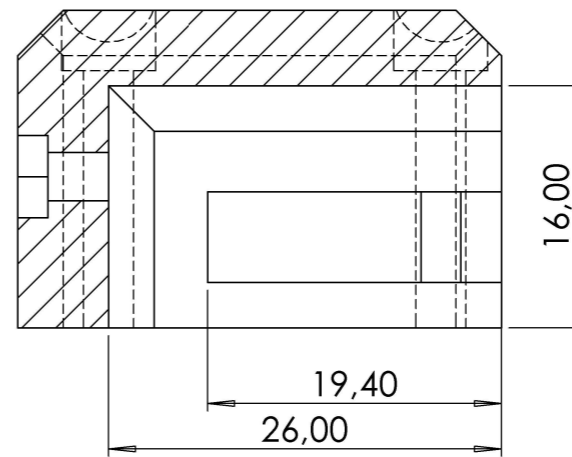
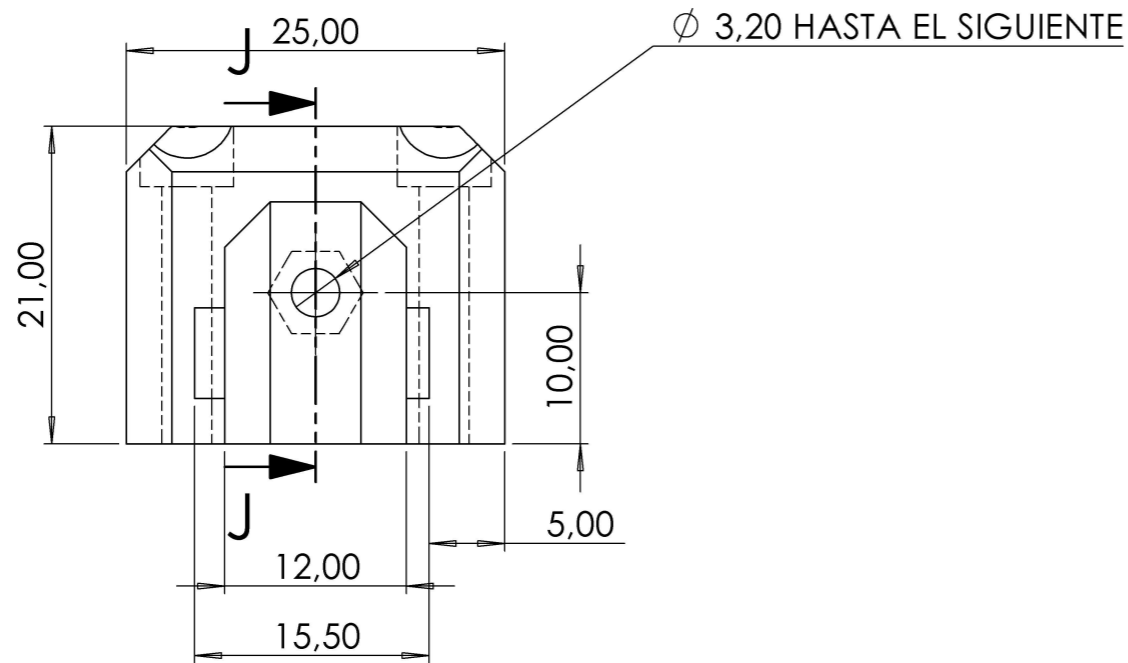


2 x ϕ 3,30 POR TODO
 \square ϕ 6,00 ∇ 3,00

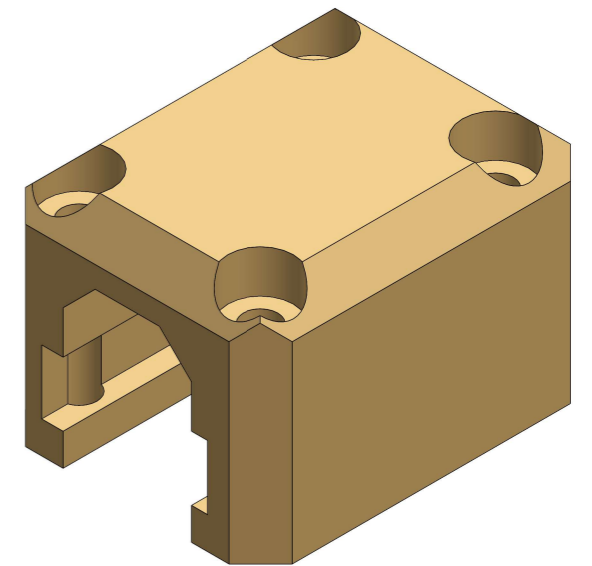
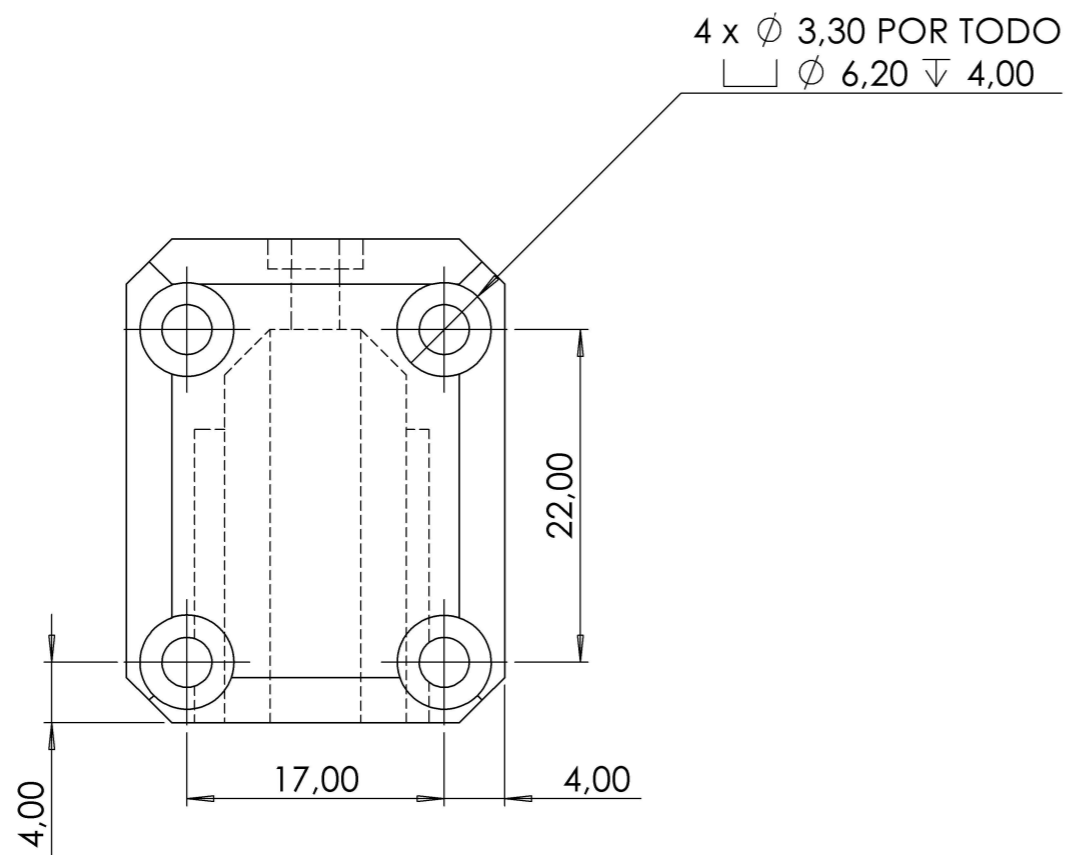
Patrón Inverso Correa GT2

* Todos los chaflanes no acotados, son de 3mm

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/-0.1mm LINEAL: +/-0.1mm ANGULAR: +/- 0.5°			ACABADO: 200 μ m	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS, ASI COMO MATERIAL DE SOPORTE	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN A
DIBUJ. D. Monge			MATERIAL: PLA MAX		TÍTULO: Rear Z Axis Support	
VERIF. D. Monge			Cotas: mm		Designación Reacondicionamiento Cube Pro A3	
APROB. D. Monge			ESCALA: 5:1		HOJA 11 DE 28	
FABR. D. Monge						

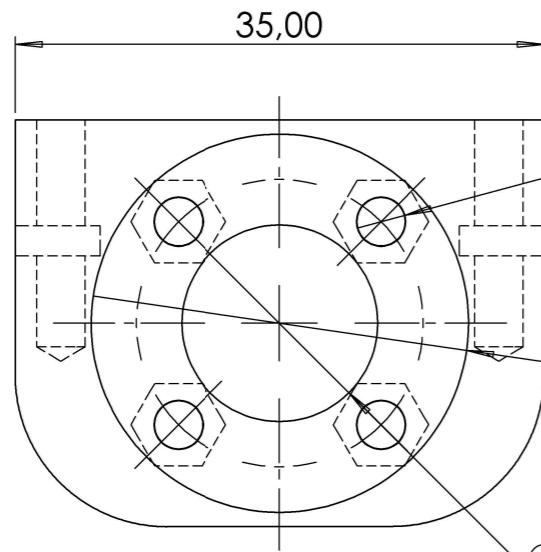


SECCIÓN J-J



* Todos los chaflanes no acotados, son de 3mm
* Los insertos para tuercas, son un hexagono inscrito en un circulo de diametro 6.3mm, con una profundidad de 2mm

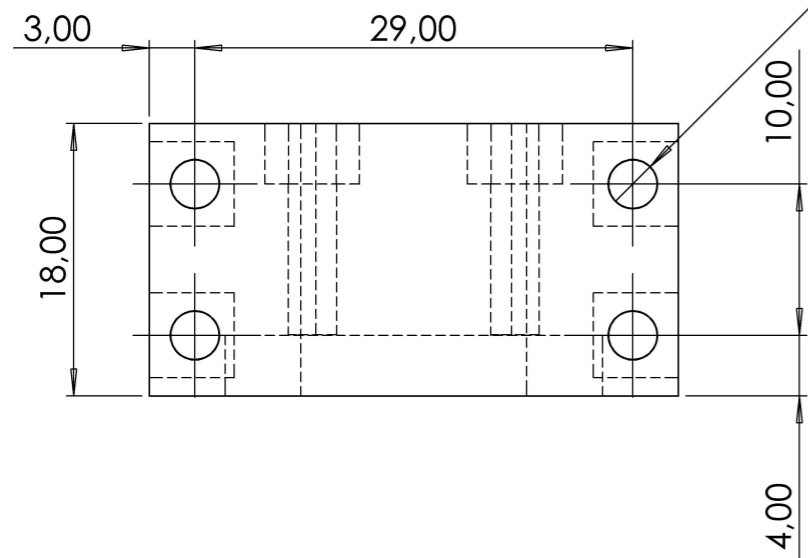
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/-0.1mm LINEAL: +/-0.1mm ANGULAR: +/- 0.5°		ACABADO: 200 μ m	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS, ASI COMO MATERIAL DE SOPORTE	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN A
DIBUJ. D. Monge		FIRMA	FECHA 23/5/24		
VERIF. D. Monge			23/5/24		
APROB. D. Monge			23/5/24		
FABR. D. Monge			23/5/24		
MATERIAL: PLA MAX		Cotas: mm		TÍTULO: Rear Z Axis Support	
		Designación		Reacondicionamiento Cube Pro A3	
		ESCALA: 2:1		HOJA 12 DE 28	



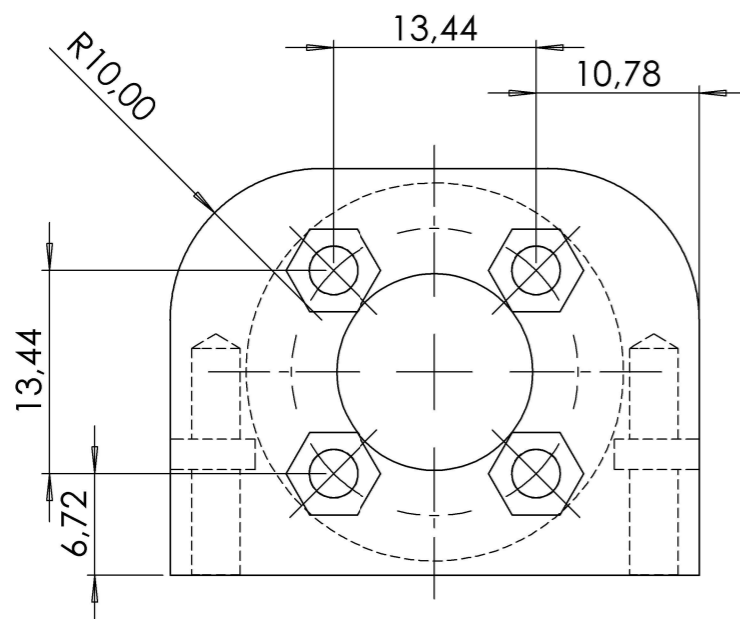
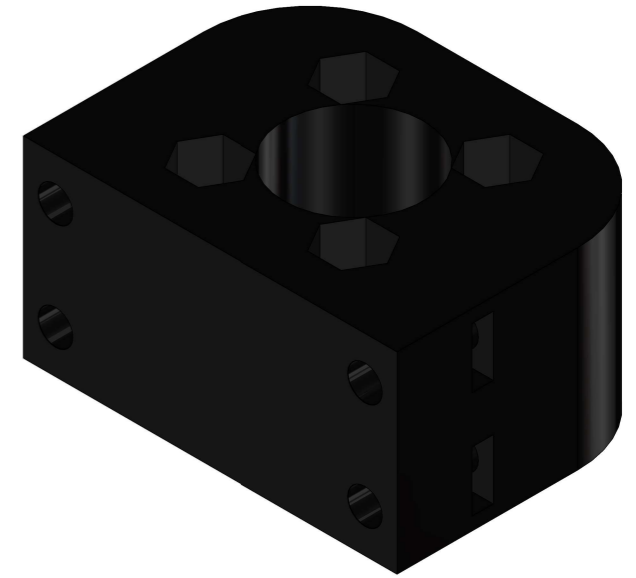
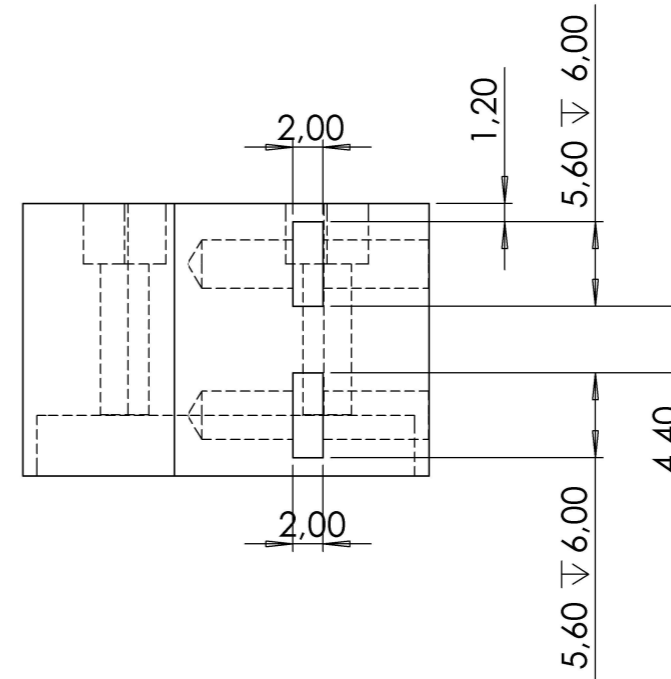
4 x ϕ 3,20 POR TODO
 ϕ 3,25 X 92°, Lado cercano

ϕ 25,00 ∇ 3,00

ϕ 13,00

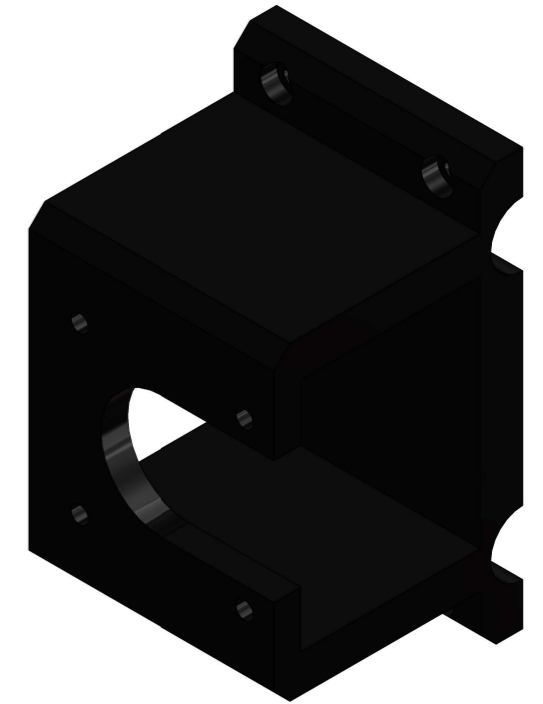
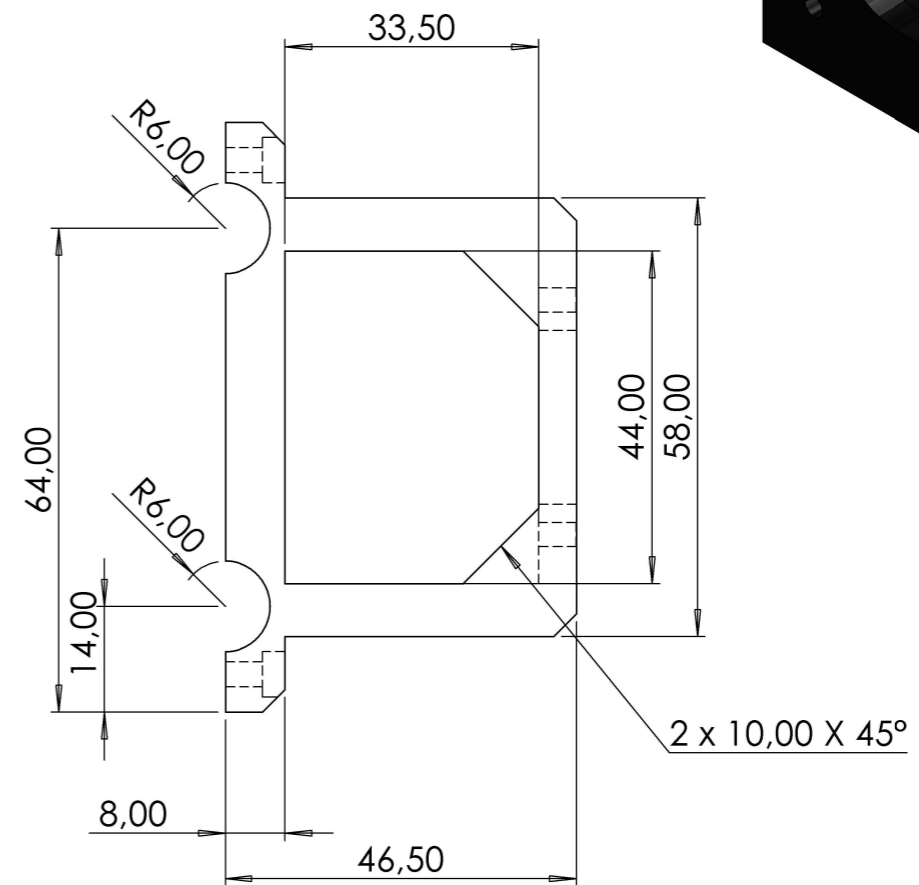
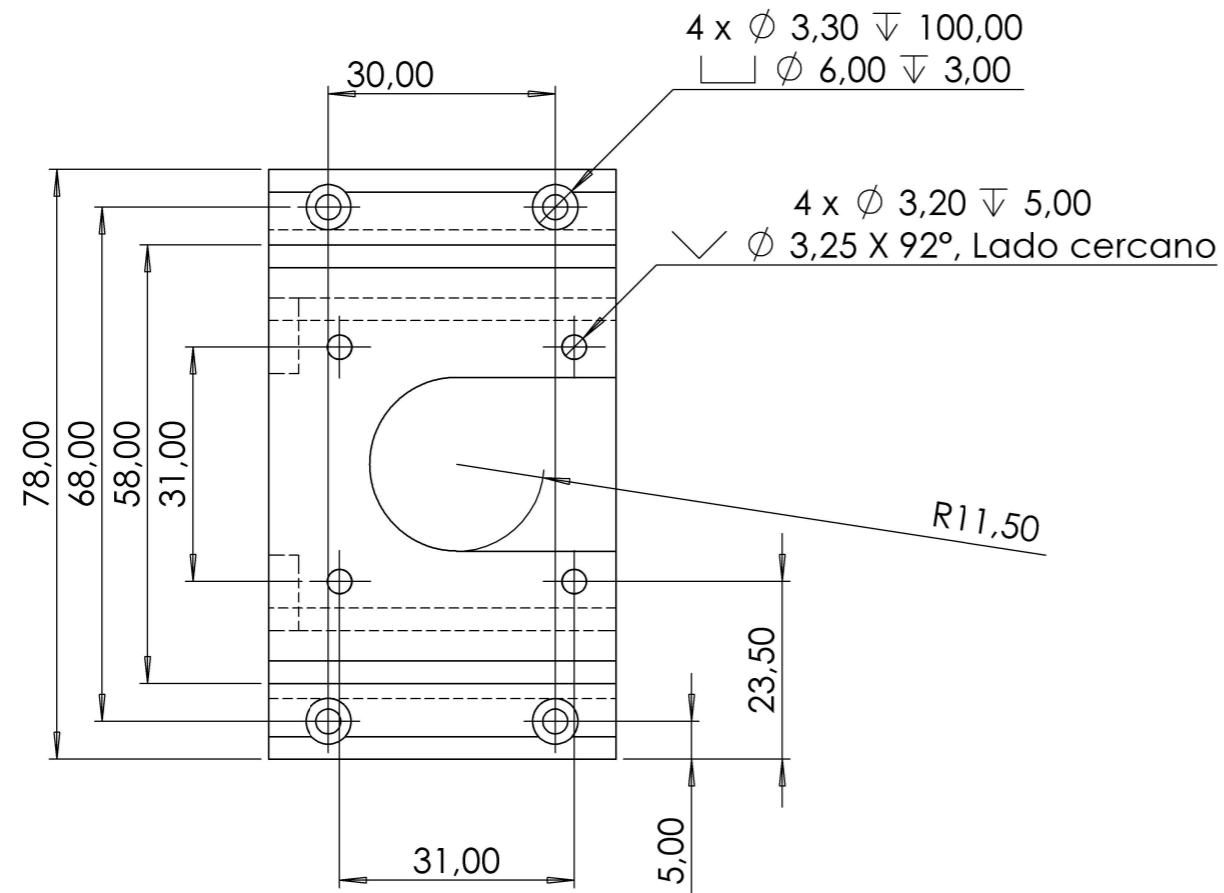


4 x ϕ 3,20 ∇ 15,00
 ϕ 3,25 X 92°, Lado cercano



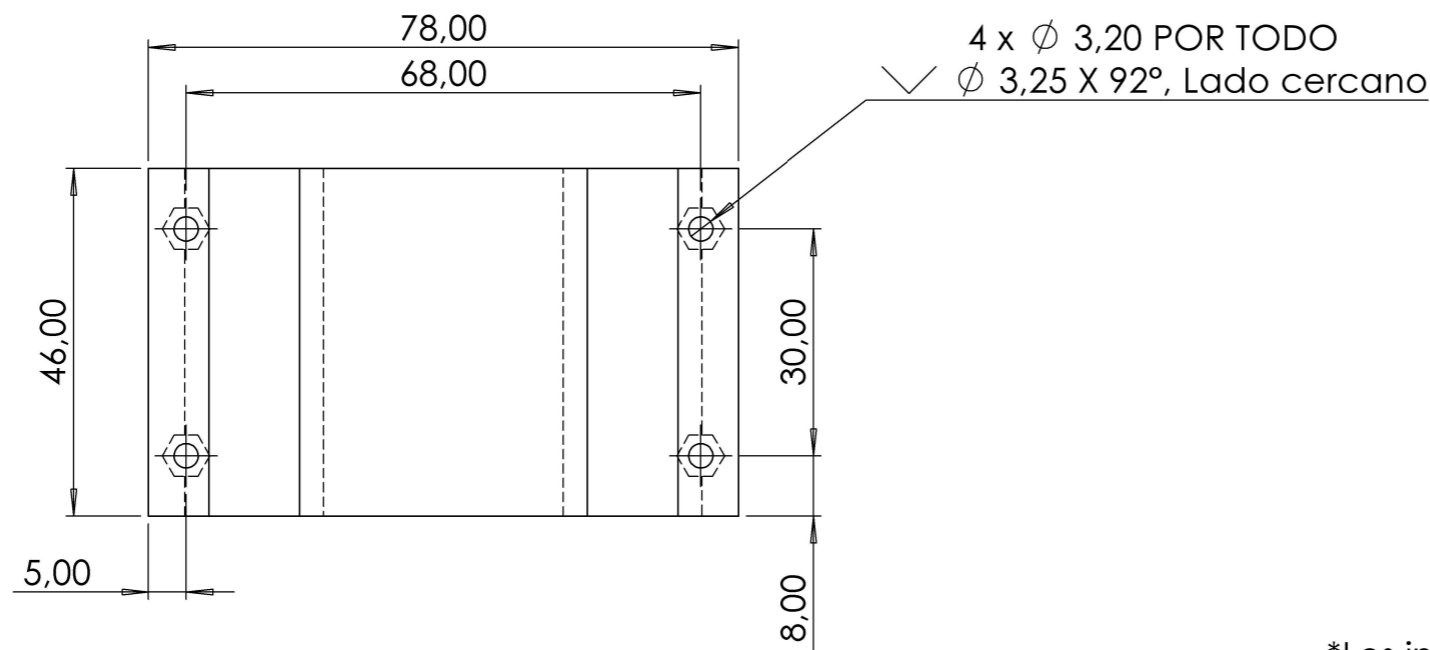
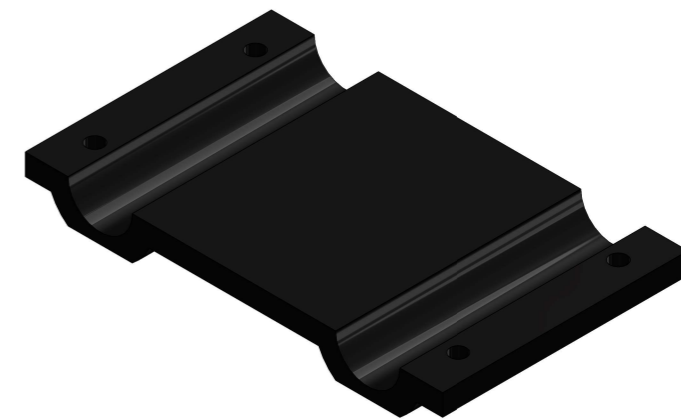
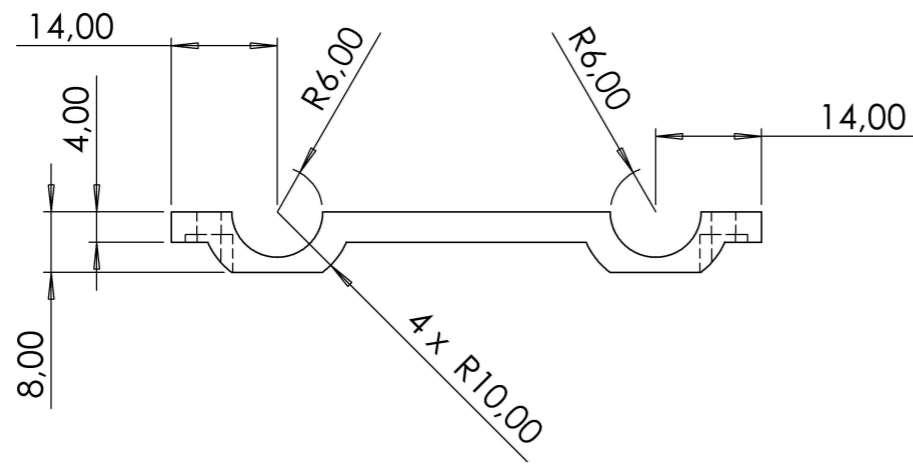
*Los insertos para tuercas, son un hexagono inscrito en un circulo de diametro 6.3mm, con una profundidad de 2mm

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/-0.1mm LINEAL: +/-0.1mm ANGULAR: +/- 0.5°		ACABADO: 200 μ m	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS, ASI COMO MATERIAL DE SOPORTE	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN A
DIBUJ. D. Monge		FIRMA	FECHA 23/5/24		
VERIF. D. Monge			23/5/24		
APROB. D. Monge			23/5/24		
FABR. D. Monge			23/5/24		
MATERIAL: PLA MAX		Cotas: mm		TÍTULO: Rear Z Axis Support	
				Designación Reacondicionamiento Cube Pro A3	
				ESCALA: 2:1	HOJA 13 DE 28



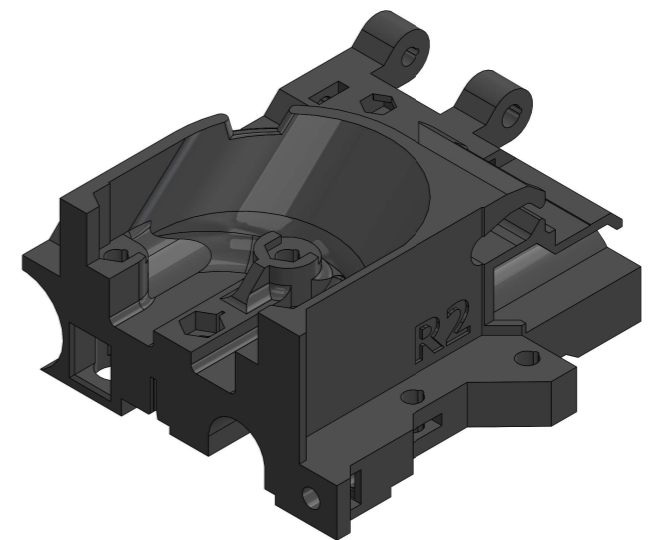
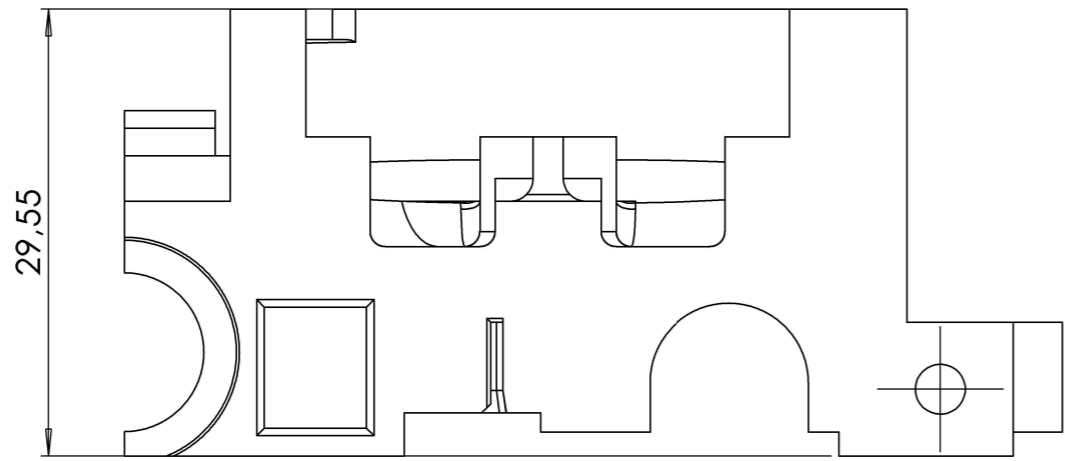
* Todos los chaflanes no acotados, son de 4mm

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/-0.1mm LINEAL: +/-0.1mm ANGULAR: +/- 0.5°			ACABADO: 200 μ m	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS, ASI COMO MATERIAL DE SOPORTE	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN A
DIBUJ. D. Monge			MATERIAL: PLA MAX		TÍTULO: Rear Z Axis Support	
VERIF. D. Monge			Cotas: mm		Designación Reacondicionamiento Cube Pro A3	
APROB. D. Monge			ESCALA: 1:1		HOJA 14 DE 28	
FABR. D. Monge			FECHA: 23/5/24			
			FIRMA:			
			NOMBRE:			



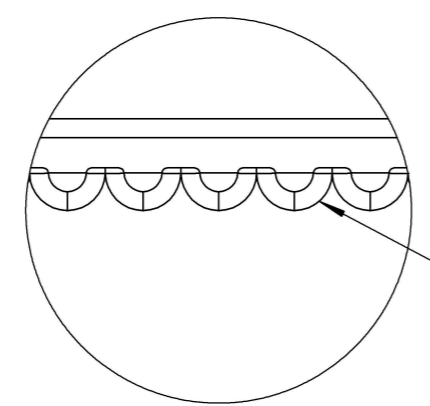
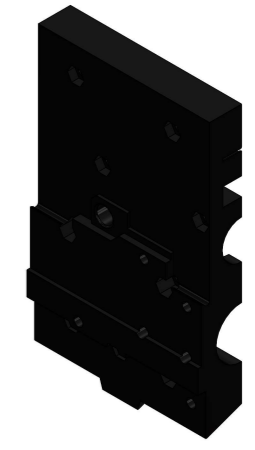
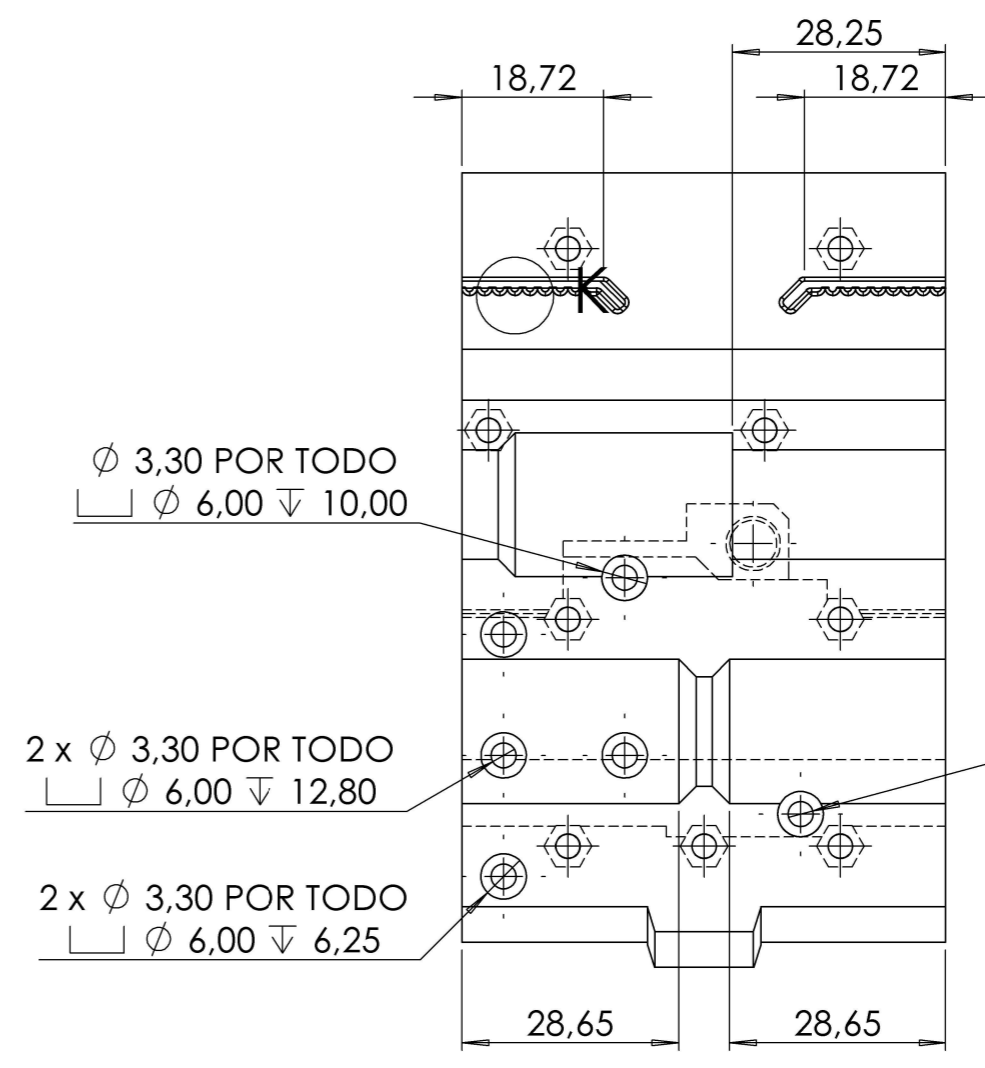
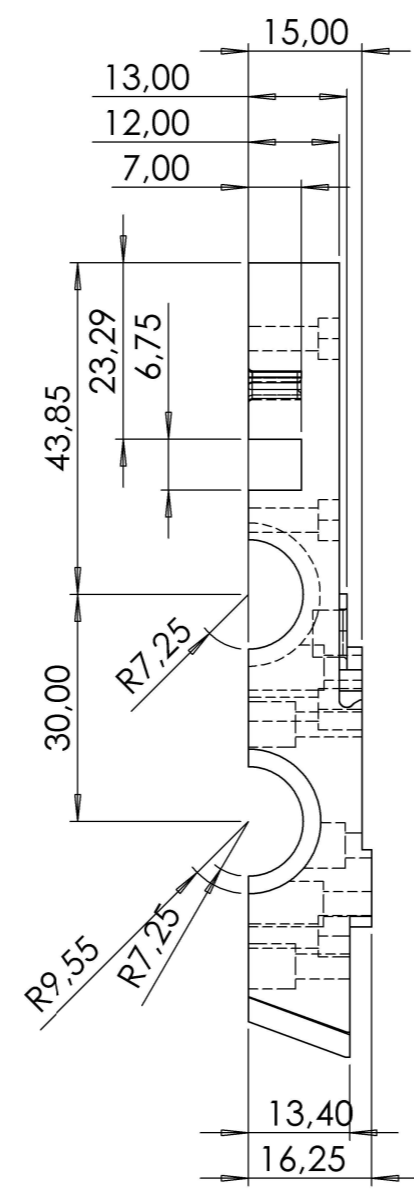
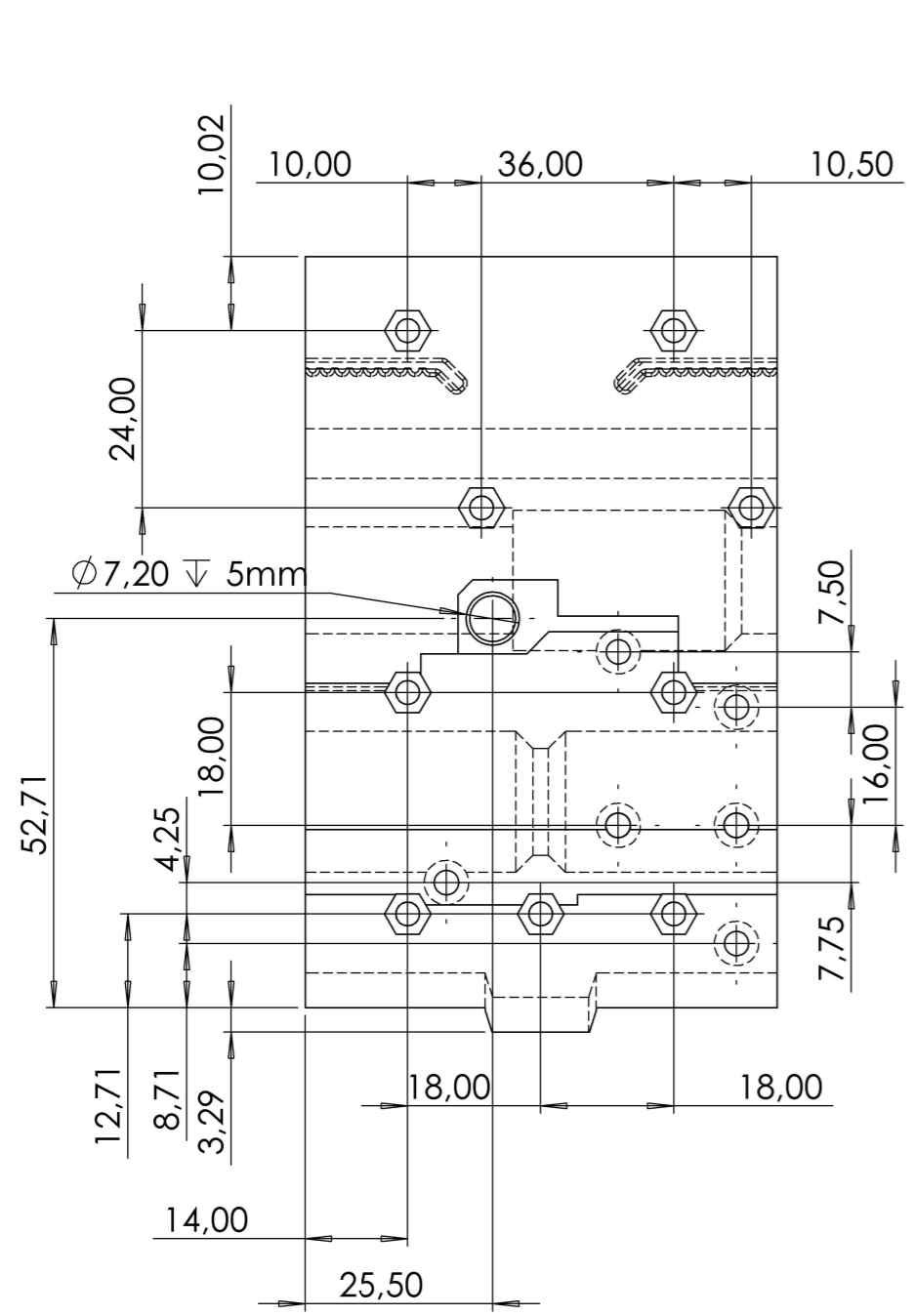
*Los insertos para tuercas, son un hexagono inscrito en un circulo de diametro 6.3mm, con una profundidad de 2mm

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/-0.1mm LINEAL: +/-0.1mm ANGULAR: +/- 0.5°		ACABADO: 200µm		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS, ASI COMO MATERIAL DE SOPORTE		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN A	
DIBUJ. D. Monge		FIRMA		FECHA		MATERIAL: PLA MAX		TÍTULO: Rear Z Axis Support	
VERIF. D. Monge				23/5/24					
APROB. D. Monge				23/5/24					
FABR. D. Monge				23/5/24					
				Cotas: mm		Designación Reacondicionamiento Cube Pro		A3	
						ESCALA: 1:1		HOJA 15 DE 28	



Pieza Original de Prusa, solo se muestra el cambio realizado

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/-0.1mm LINEAL: +/-0.1mm ANGULAR: +/- 0.5°			ACABADO: 200µm	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS, ASI COMO MATERIAL DE SOPORTE	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN A																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIBUJ.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>APROB.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>FABR.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> </tbody> </table>				NOMBRE	FIRMA	FECHA	DIBUJ.	D. Monge		23/5/24	VERIF.	D. Monge		23/5/24	APROB.	D. Monge		23/5/24	FABR.	D. Monge		23/5/24	MATERIAL: PLA MAX	TÍTULO: Rear Z Axis Support		
	NOMBRE	FIRMA	FECHA																							
DIBUJ.	D. Monge		23/5/24																							
VERIF.	D. Monge		23/5/24																							
APROB.	D. Monge		23/5/24																							
FABR.	D. Monge		23/5/24																							
			Cotas: mm	Designación Reacondicionamiento Cube Pro A3																						
				ESCALA: 2:1	HOJA 16 DE 28																					

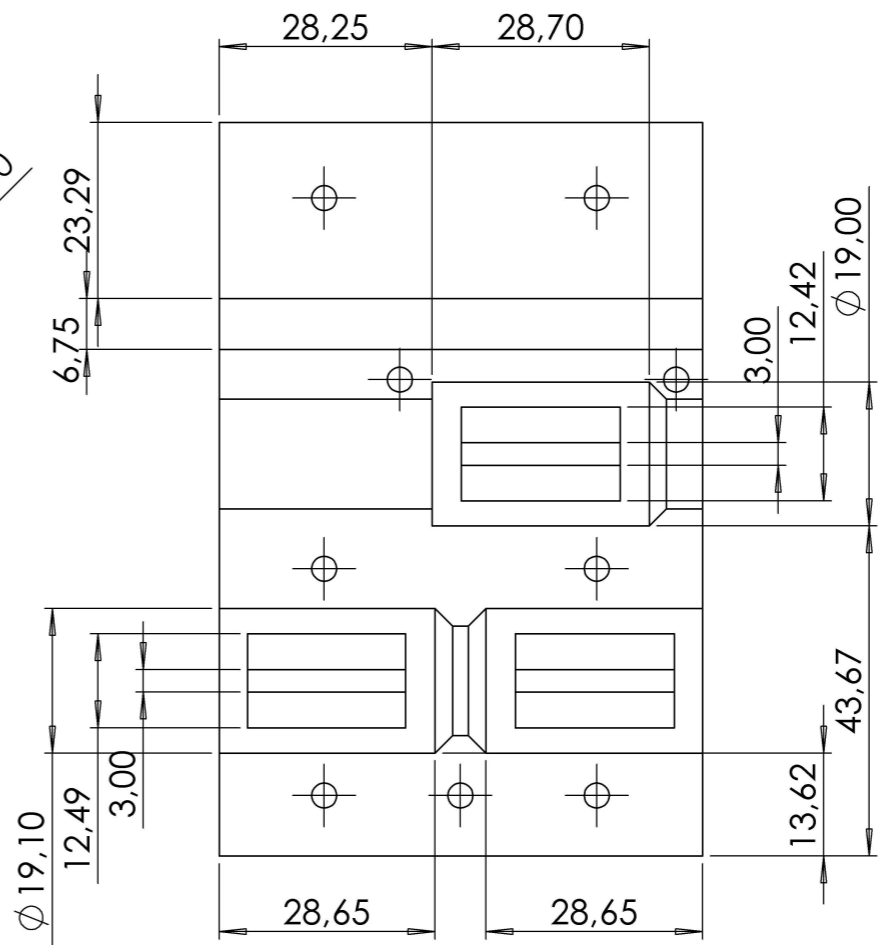
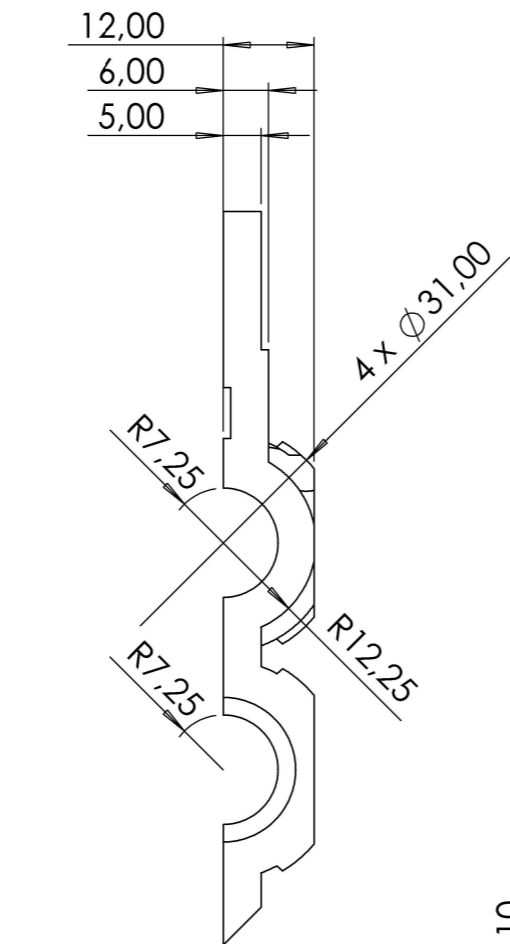
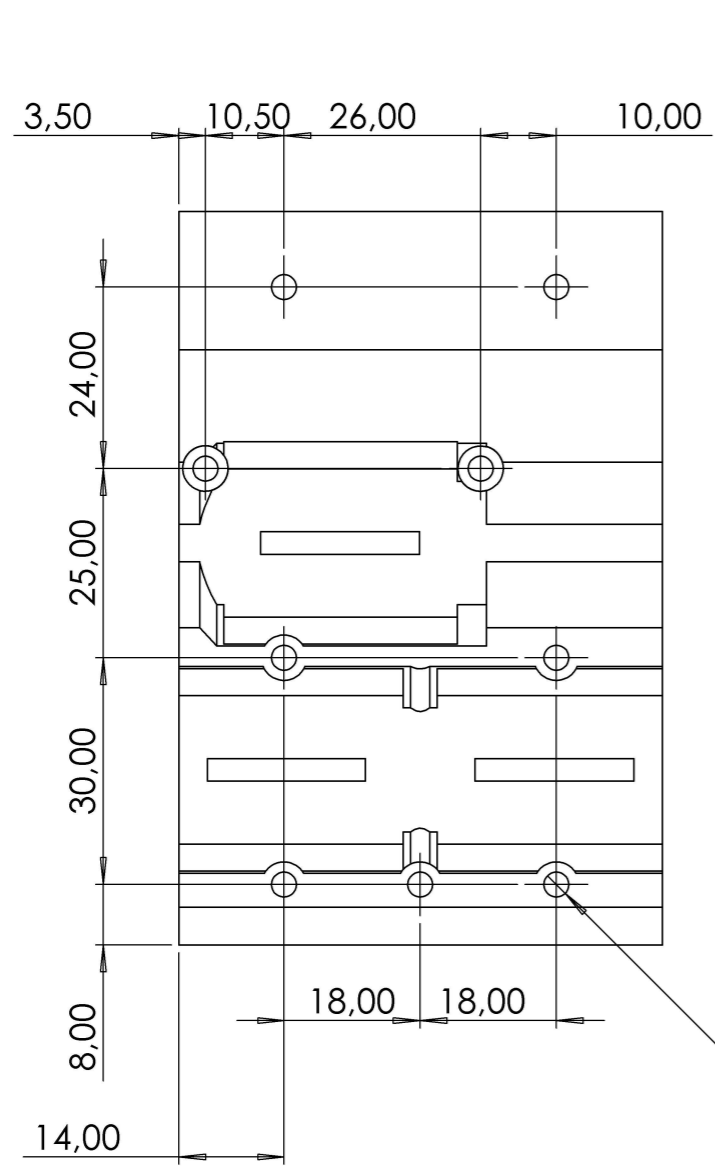


Patrón Inverso
Correa GT2

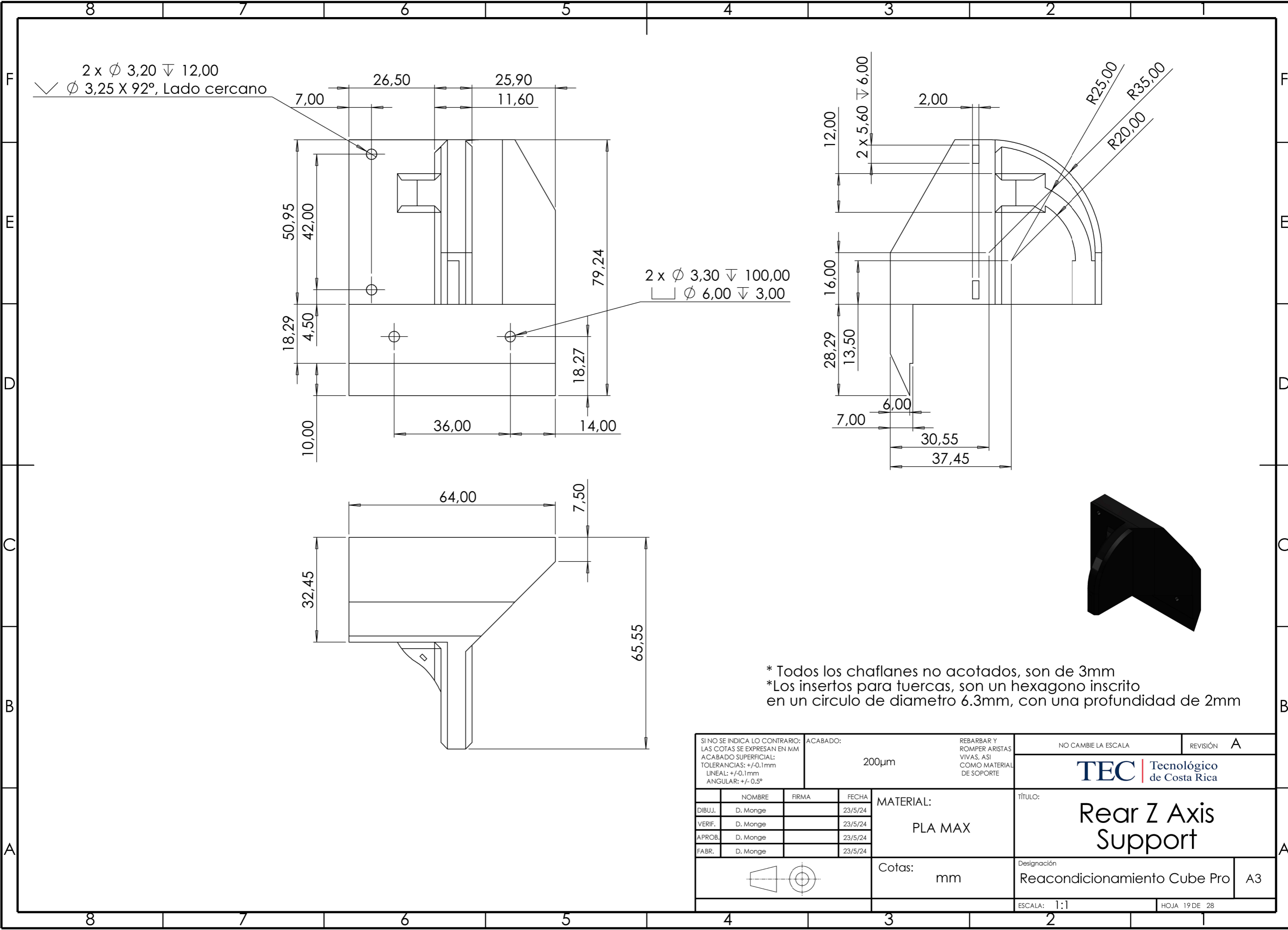
DETALLE K
ESCALA 5 : 1

*Los insertos para tuercas, son un hexagono inscrito en un circulo de diametro 6.3mm, con una profundidad de 3mm

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/-0.1mm LINEAL: +/-0.1mm ANGULAR: +/- 0.5°		ACABADO: 200µm	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS, ASI COMO MATERIAL DE SOPORTE	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN A																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIBUJ.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>APROB.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>FABR.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> </tbody> </table>			NOMBRE	FIRMA	FECHA	DIBUJ.	D. Monge		23/5/24	VERIF.	D. Monge		23/5/24	APROB.	D. Monge		23/5/24	FABR.	D. Monge		23/5/24	MATERIAL: PLA MAX			
	NOMBRE	FIRMA	FECHA																						
DIBUJ.	D. Monge		23/5/24																						
VERIF.	D. Monge		23/5/24																						
APROB.	D. Monge		23/5/24																						
FABR.	D. Monge		23/5/24																						
		Cotas: mm	TÍTULO: Rear Z Axis Support																						
			Designación Reacondicionamiento Cube Pro		A3																				
			ESCALA: 1:1		HOJA 17 DE 28																				

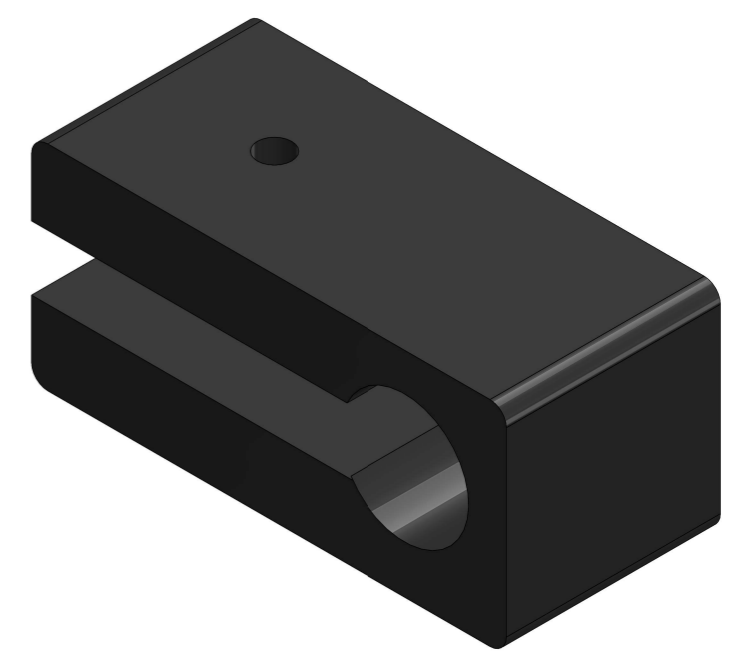
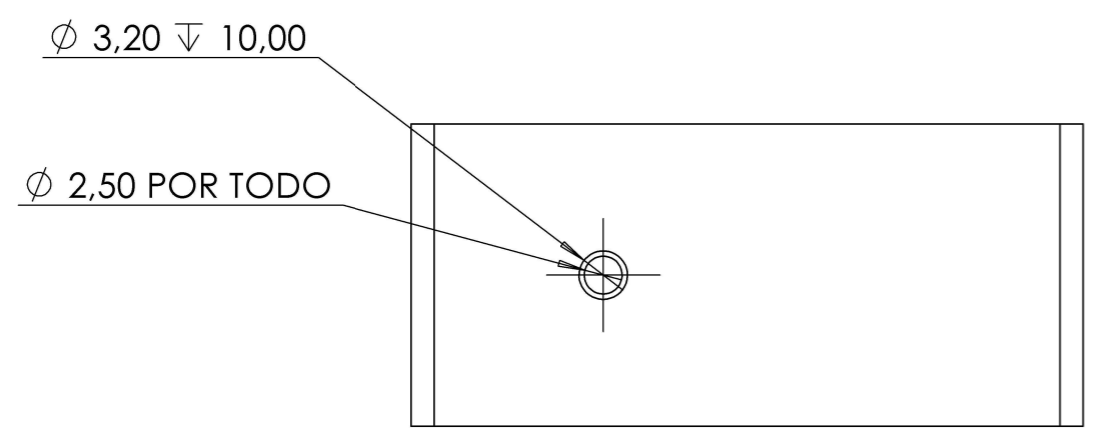
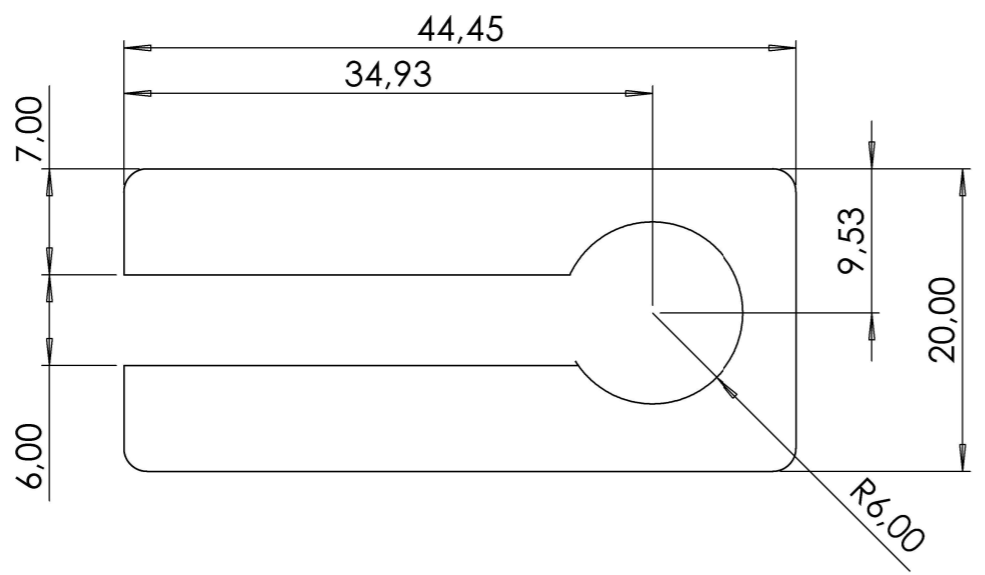


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/-0.1mm LINEAL: +/-0.1mm ANGULAR: +/- 0.5°			ACABADO: 200µm	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS, ASI COMO MATERIAL DE SOPORTE	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN A																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIBUJ.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>APROB.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>FABR.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> </tbody> </table>				NOMBRE	FIRMA	FECHA	DIBUJ.	D. Monge		23/5/24	VERIF.	D. Monge		23/5/24	APROB.	D. Monge		23/5/24	FABR.	D. Monge		23/5/24	MATERIAL: PLA MAX	TÍTULO: Rear Z Axis Support		
	NOMBRE	FIRMA	FECHA																							
DIBUJ.	D. Monge		23/5/24																							
VERIF.	D. Monge		23/5/24																							
APROB.	D. Monge		23/5/24																							
FABR.	D. Monge		23/5/24																							
			Cotas: mm	Designación Reacondicionamiento Cube Pro A3																						
			ESCALA: 1:1	HOJA 18 DE 28																						



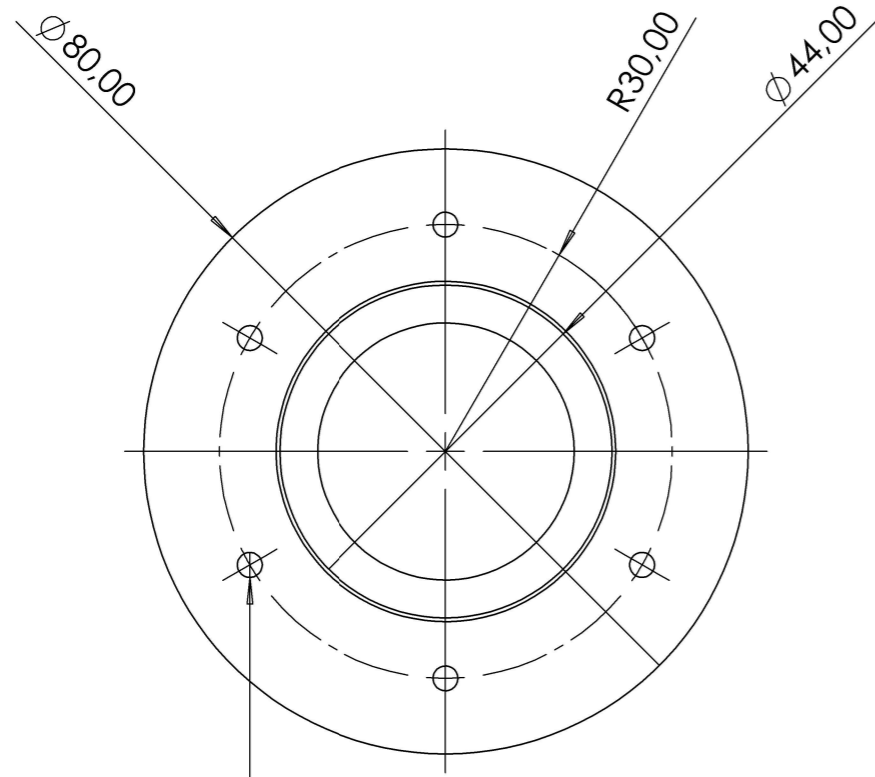
* Todos los chaflanes no acotados, son de 3mm
 * Los insertos para tuercas, son un hexagono inscrito en un circulo de diametro 6.3mm, con una profundidad de 2mm

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/-0.1mm LINEAL: +/-0.1mm ANGULAR: +/- 0.5°		ACABADO: 200 μ m	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS, ASI COMO MATERIAL DE SOPORTE	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN A																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIBUJ.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>APROB.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>FABR.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> </tbody> </table>			NOMBRE	FIRMA	FECHA	DIBUJ.	D. Monge		23/5/24	VERIF.	D. Monge		23/5/24	APROB.	D. Monge		23/5/24	FABR.	D. Monge		23/5/24	MATERIAL: PLA MAX	TÍTULO: Rear Z Axis Support		
	NOMBRE	FIRMA	FECHA																						
DIBUJ.	D. Monge		23/5/24																						
VERIF.	D. Monge		23/5/24																						
APROB.	D. Monge		23/5/24																						
FABR.	D. Monge		23/5/24																						
		Cotas: mm	Designación Reacondicionamiento Cube Pro A3																						
		ESCALA: 1:1		HOJA 19 DE 28																					

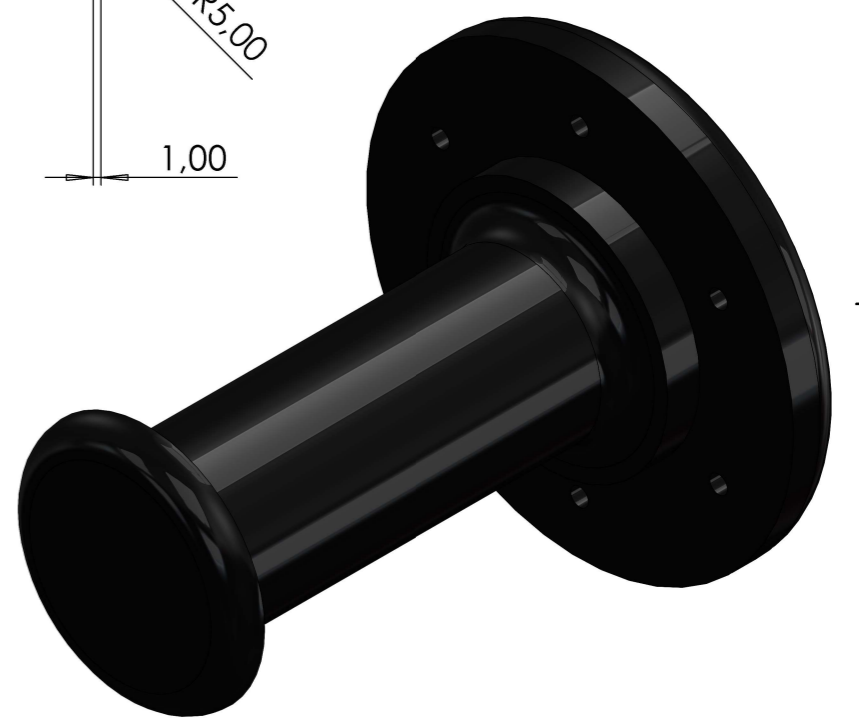
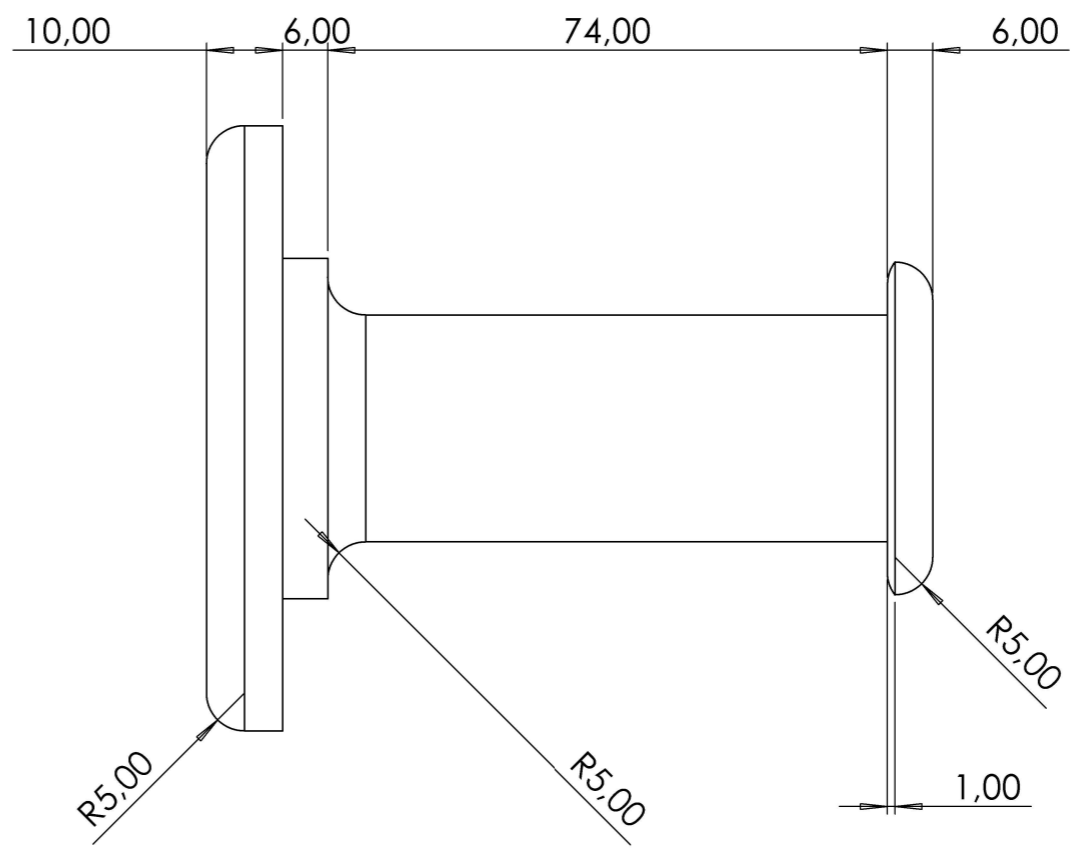


* Todos los redondeos no acotados, son de 3mm

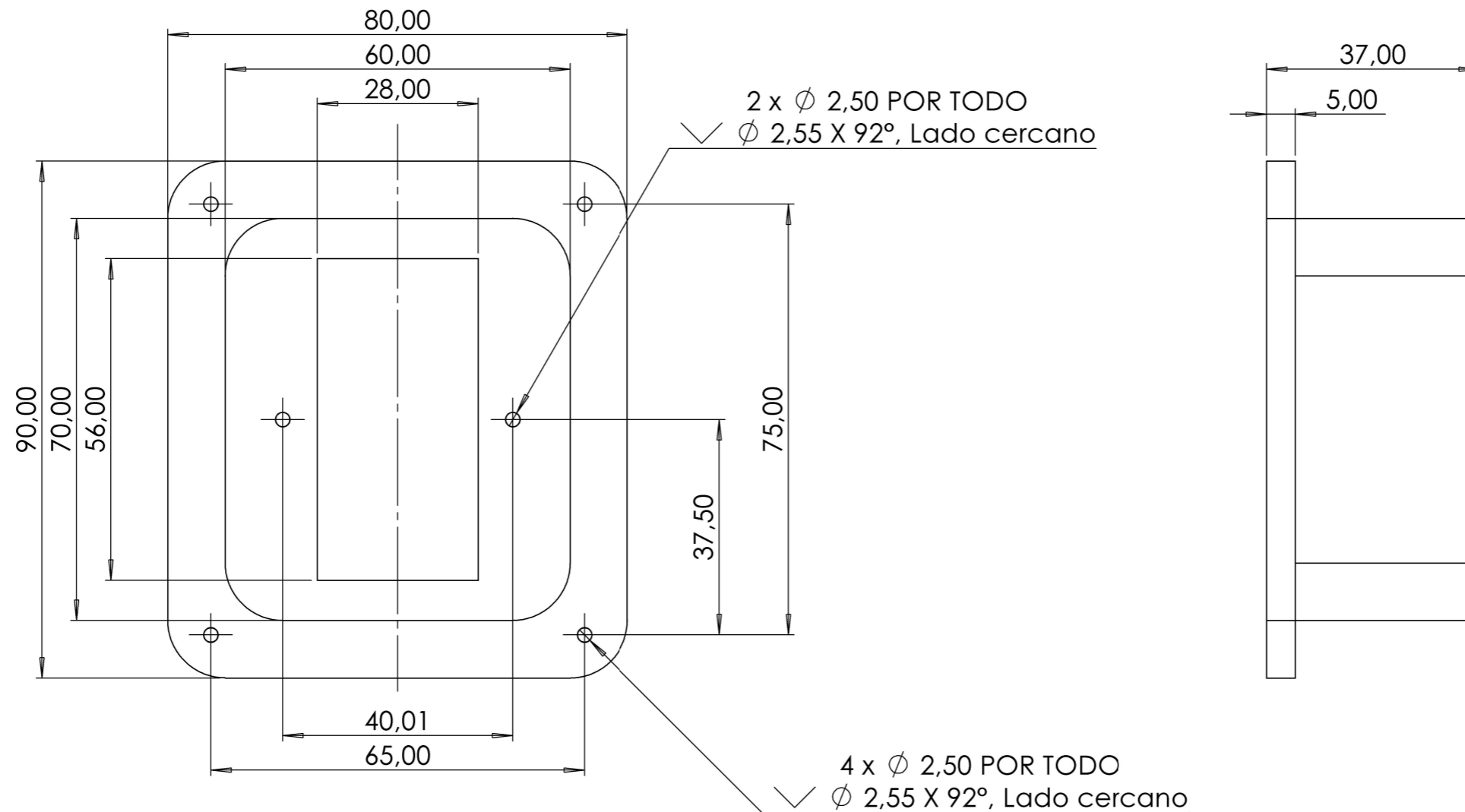
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/-0.1mm LINEAL: +/-0.1mm ANGULAR: +/- 0.5°			ACABADO: 200µm		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS, ASI COMO MATERIAL DE SOPORTE		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN A																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIBUJ.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>APROB.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>FABR.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> </tbody> </table>				NOMBRE	FIRMA	FECHA	DIBUJ.	D. Monge		23/5/24	VERIF.	D. Monge		23/5/24	APROB.	D. Monge		23/5/24	FABR.	D. Monge		23/5/24	MATERIAL: PLA MAX			TÍTULO: Rear Z Axis Support				
	NOMBRE	FIRMA	FECHA																											
DIBUJ.	D. Monge		23/5/24																											
VERIF.	D. Monge		23/5/24																											
APROB.	D. Monge		23/5/24																											
FABR.	D. Monge		23/5/24																											
			Cotas: mm			Designación Reacondicionamiento Cube Pro			A3																					
							ESCALA: 2:1		HOJA 20 DE 28																					



6 x Ø 3,30 POR TODO
 □ Ø 6,00 ▽ 3,00

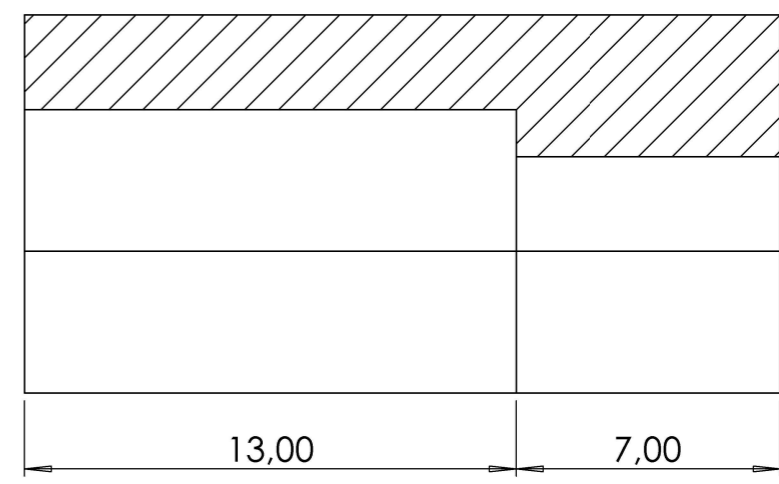
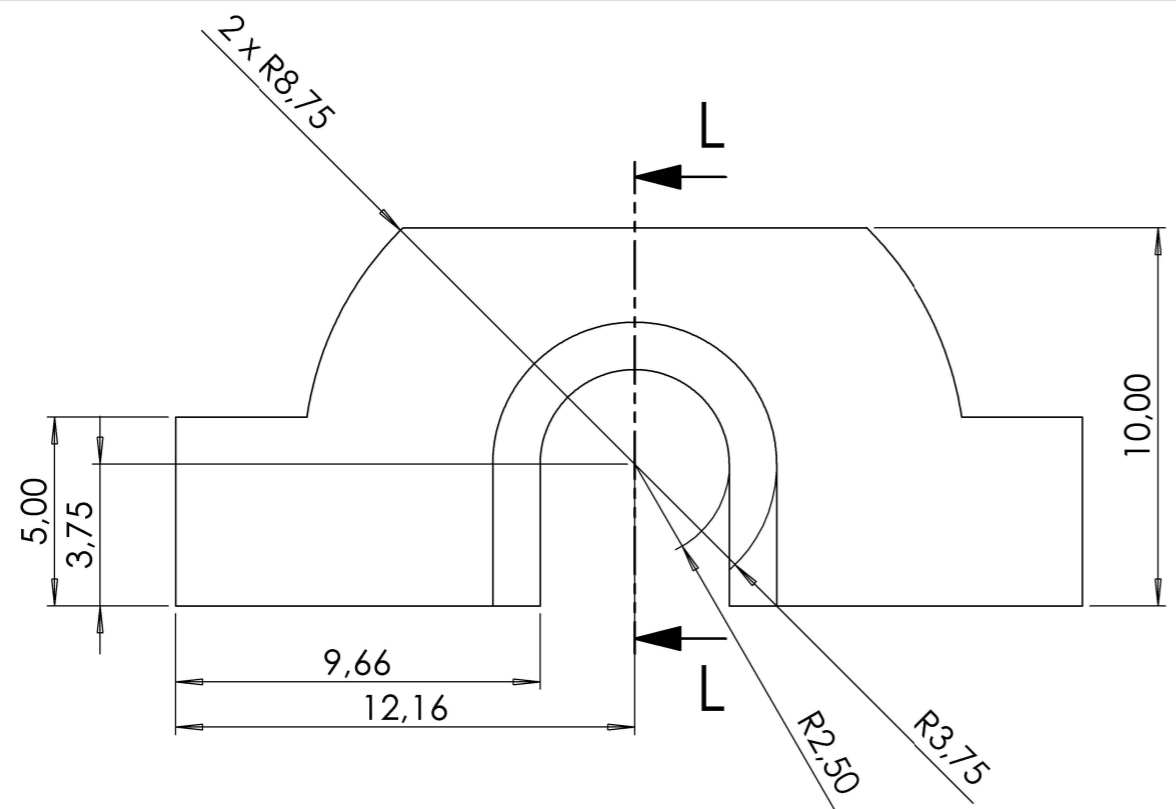


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/-0.1mm LINEAL: +/-0.1mm ANGULAR: +/- 0.5°			ACABADO: 200µm	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS, ASI COMO MATERIAL DE SOPORTE	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN A
DIBUJ. D. Monge			MATERIAL: PLA MAX		TÍTULO: Rear Z Axis Support	
VERIF. D. Monge			Cotas: mm		Designación Reacondicionamiento Cube Pro A3	
APROB. D. Monge			ESCALA: 1:1		HOJA 21 DE 28	
FABR. D. Monge						

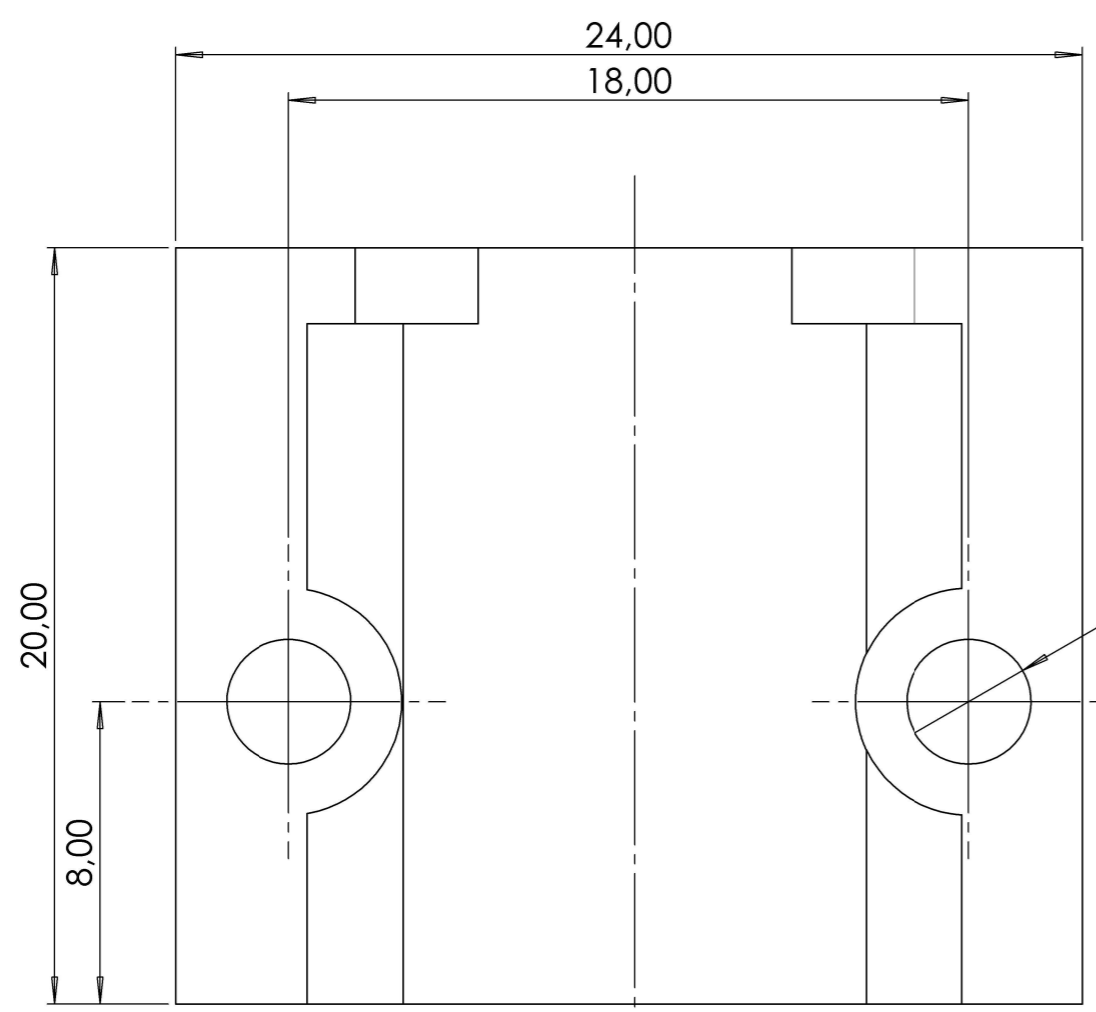


* Todos los redondeos no acotados, son de 10mm

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/-0.1mm LINEAL: +/-0.1mm ANGULAR: +/- 0.5°			ACABADO: 200µm	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS, ASI COMO MATERIAL DE SOPORTE	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN A
DIBUJ. D. Monge			MATERIAL: PLA MAX		TÍTULO: Rear Z Axis Support	
VERIF. D. Monge			Cotas: mm		Designación Reacondicionamiento Cube Pro A3	
APROB. D. Monge			ESCALA: 1:1		HOJA 22 DE 28	
FABR. D. Monge						

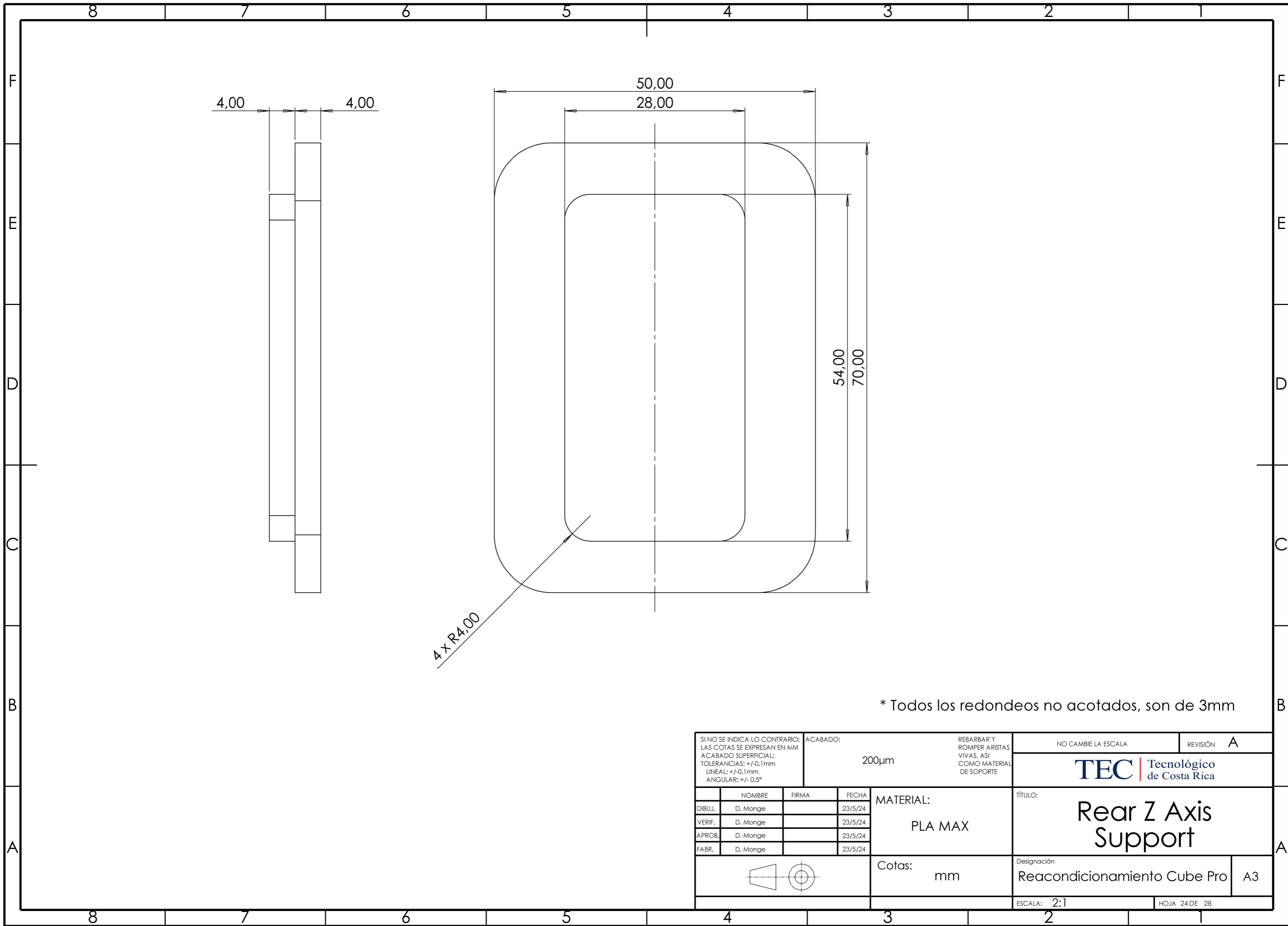


SECCIÓN L-L



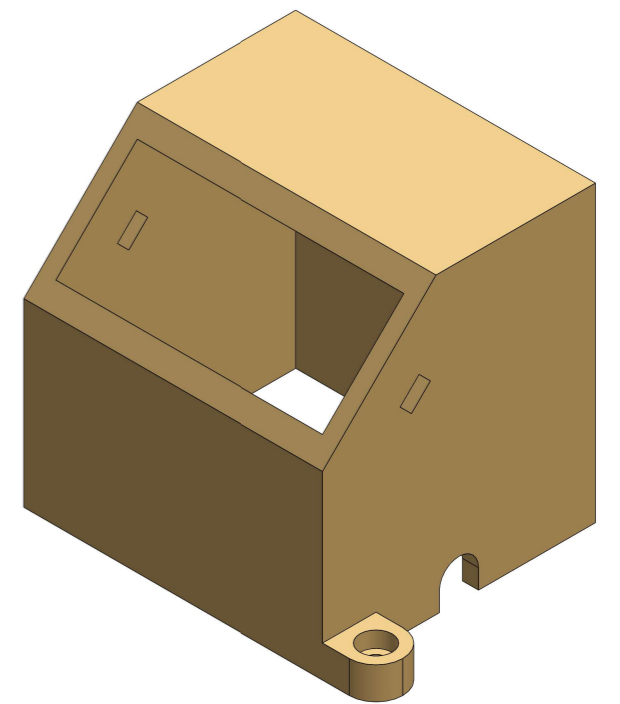
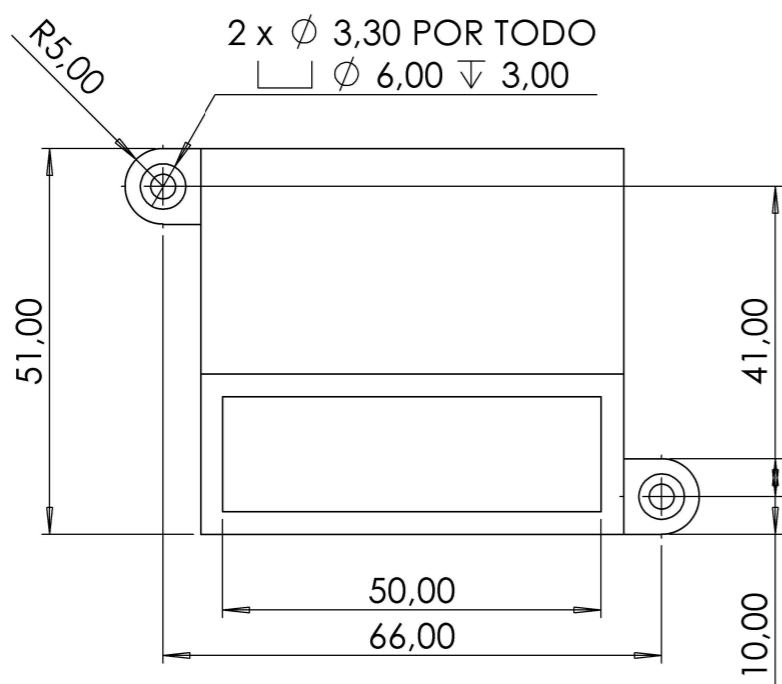
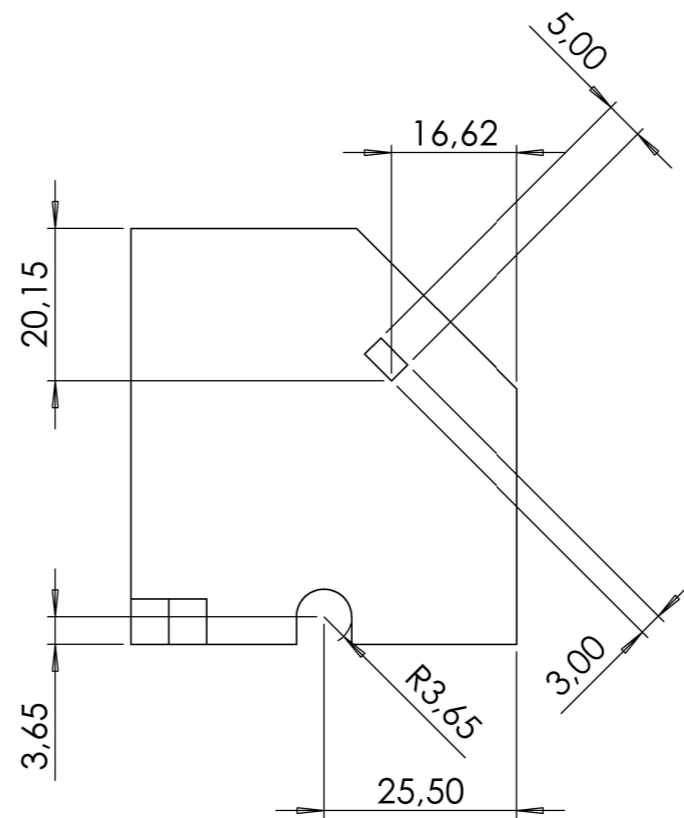
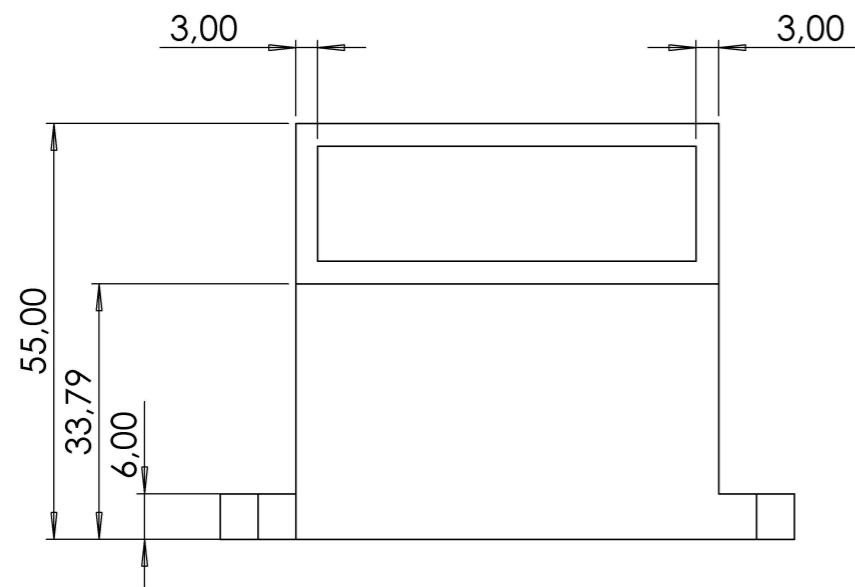
2 x \varnothing 3,30 ∇ 100,00
 \square \varnothing 6,00 ∇ 5,00

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/-0.1mm LINEAL: +/-0.1mm ANGULAR: +/- 0.5°			ACABADO: 200 μ m	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS, ASI COMO MATERIAL DE SOPORTE	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN A
DIBUJ. D. Monge			MATERIAL: PLA MAX		TÍTULO: Rear Z Axis Support	
VERIF. D. Monge			Cotas: mm		Designación Reacondicionamiento Cube Pro A3	
APROB. D. Monge			ESCALA: 5:1		HOJA 23 DE 28	
FABR. D. Monge						

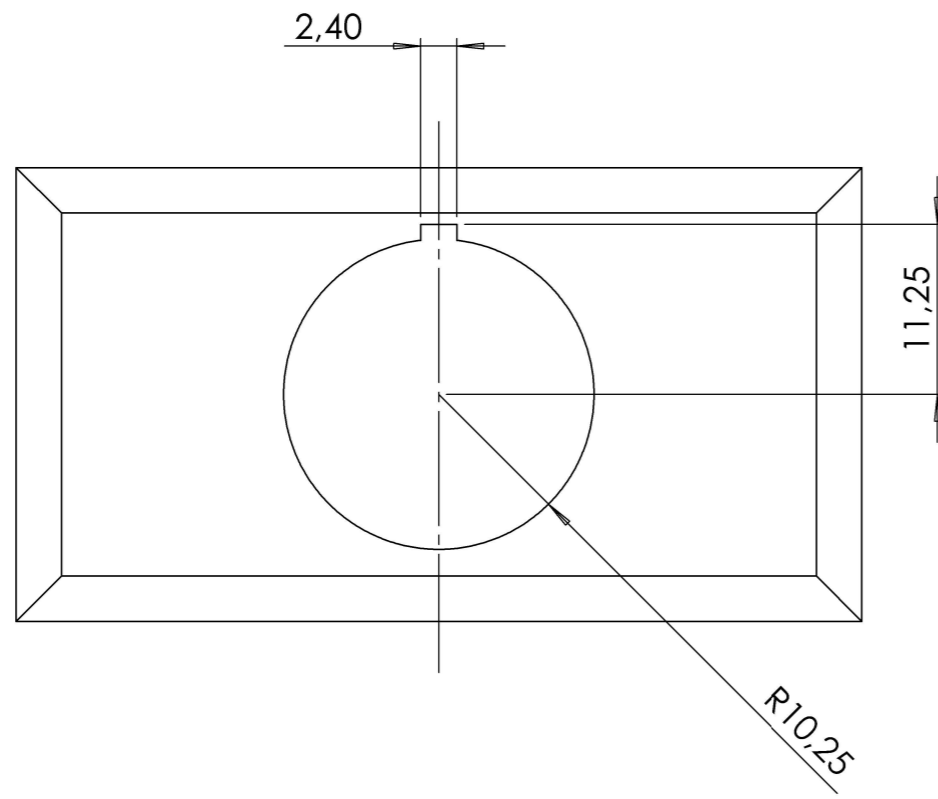
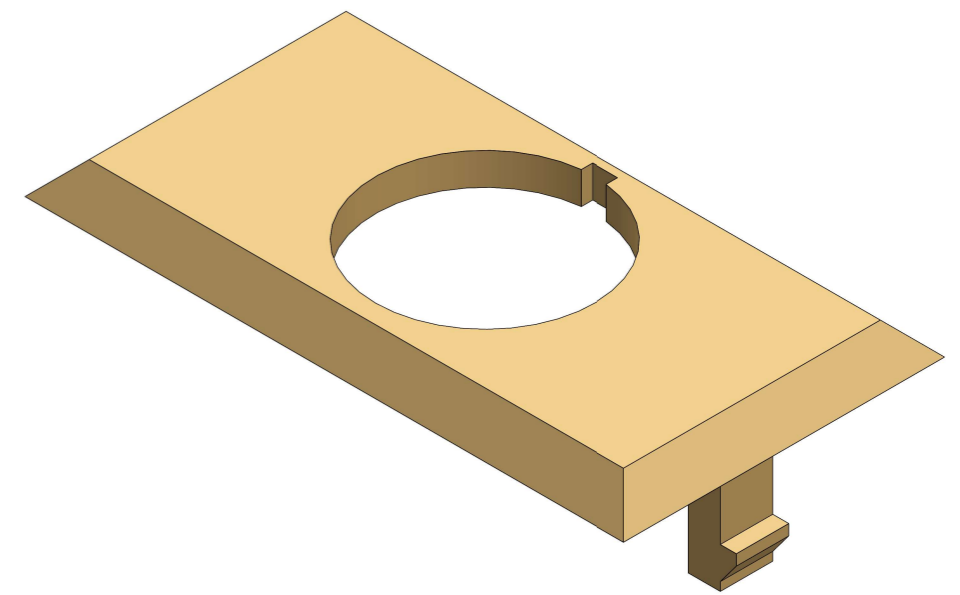
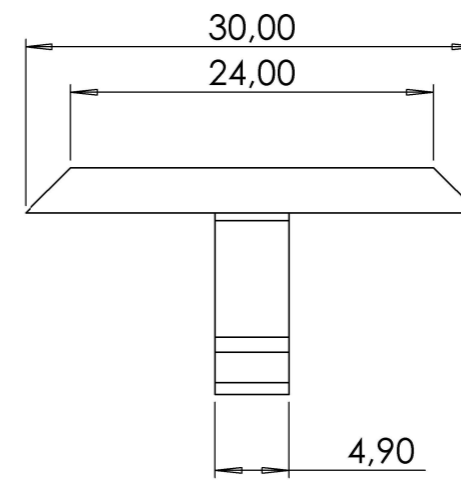
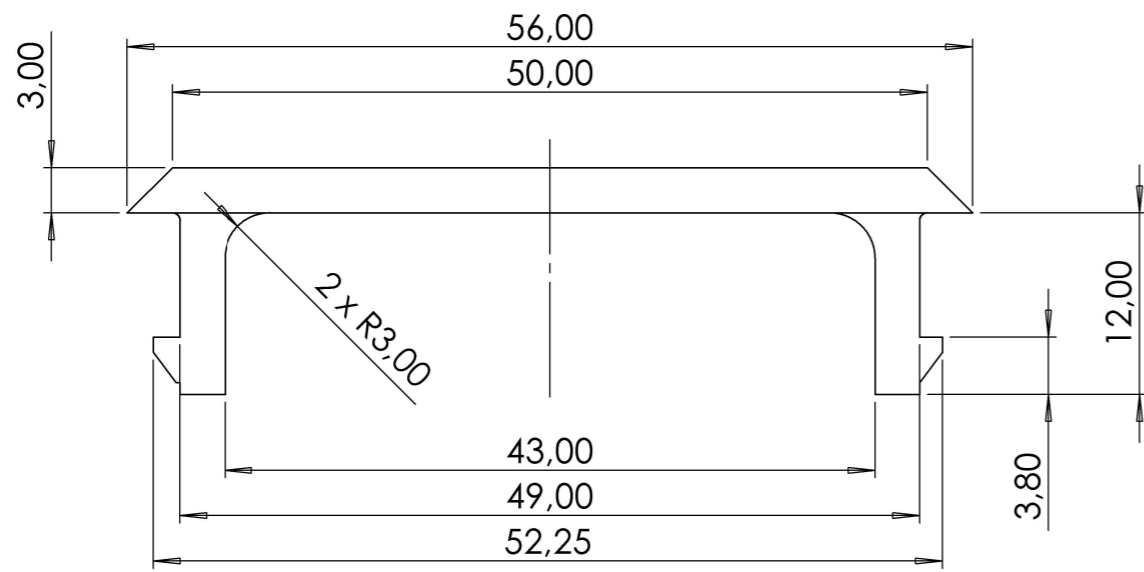


* Todos los redondeos no acotados, son de 3mm

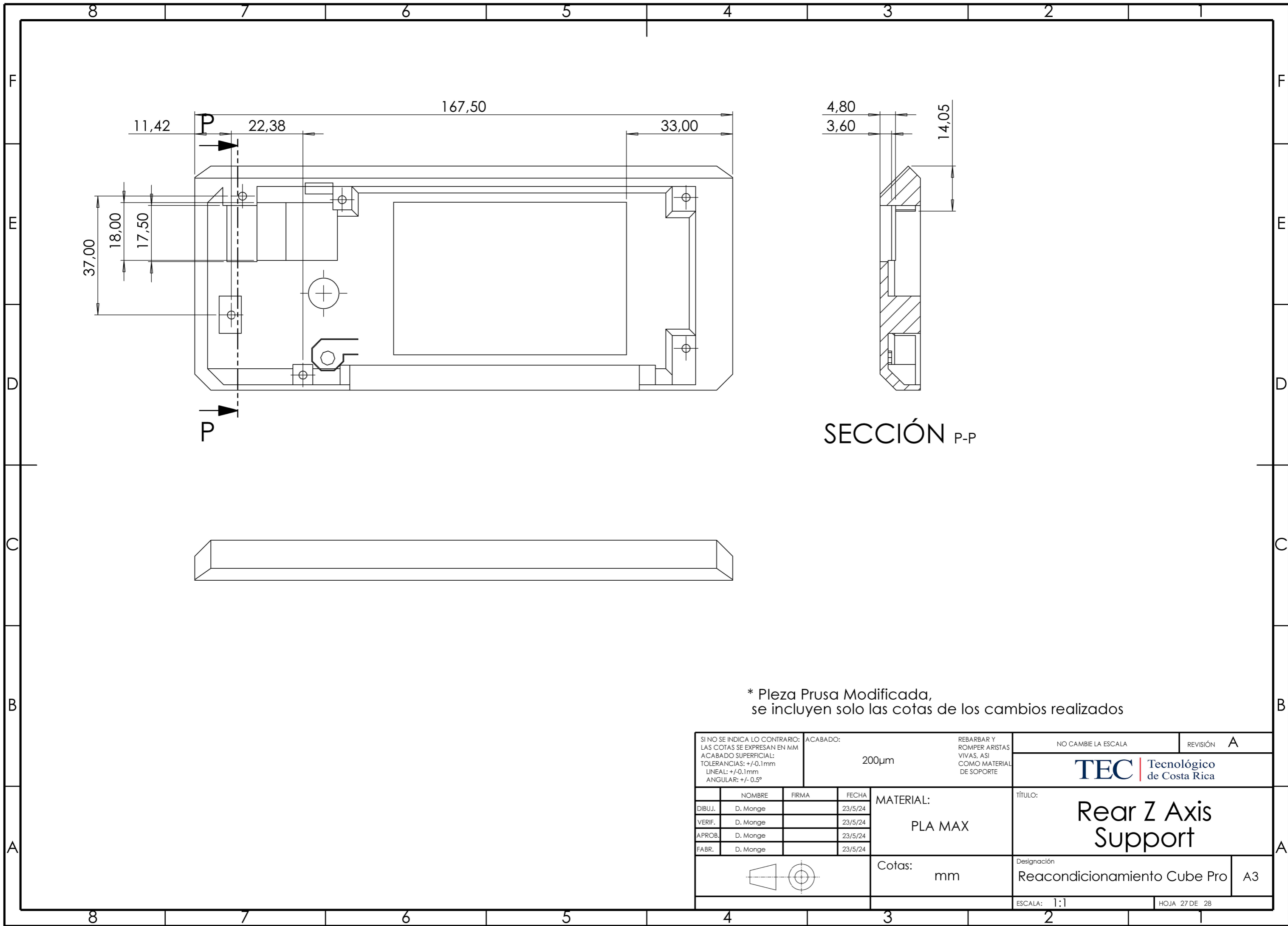
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/-0.1mm LINEAL: +/-0.1mm ANGULAR: +/- 0.5°			ACABADO: 200µm	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS, ASI COMO MATERIAL DE SOPORTE	NO CAMBIE LA ESCALA REVISIÓN A																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIBUJ.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>APROB.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>FABR.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> </tbody> </table>				NOMBRE	FIRMA	FECHA	DIBUJ.	D. Monge		23/5/24	VERIF.	D. Monge		23/5/24	APROB.	D. Monge		23/5/24	FABR.	D. Monge		23/5/24	MATERIAL: PLA MAX	TÍTULO: Rear Z Axis Support	
	NOMBRE	FIRMA	FECHA																						
DIBUJ.	D. Monge		23/5/24																						
VERIF.	D. Monge		23/5/24																						
APROB.	D. Monge		23/5/24																						
FABR.	D. Monge		23/5/24																						
			Cotas: mm	Designación Reacondicionamiento Cube Pro A3																					
			ESCALA: 2:1	HOJA 24 DE 28																					



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/-0.1mm LINEAL: +/-0.1mm ANGULAR: +/- 0.5°			ACABADO: 200 μ m	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS, ASI COMO MATERIAL DE SOPORTE	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN A																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIBUJ.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>APROB.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>FABR.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> </tbody> </table>				NOMBRE	FIRMA	FECHA	DIBUJ.	D. Monge		23/5/24	VERIF.	D. Monge		23/5/24	APROB.	D. Monge		23/5/24	FABR.	D. Monge		23/5/24	MATERIAL: PLA MAX	TÍTULO: Rear Z Axis Support		
	NOMBRE	FIRMA	FECHA																							
DIBUJ.	D. Monge		23/5/24																							
VERIF.	D. Monge		23/5/24																							
APROB.	D. Monge		23/5/24																							
FABR.	D. Monge		23/5/24																							
			Cotas: mm	Designación Reacondicionamiento Cube Pro A3																						
			ESCALA: 1:1	HOJA 25 DE 28																						



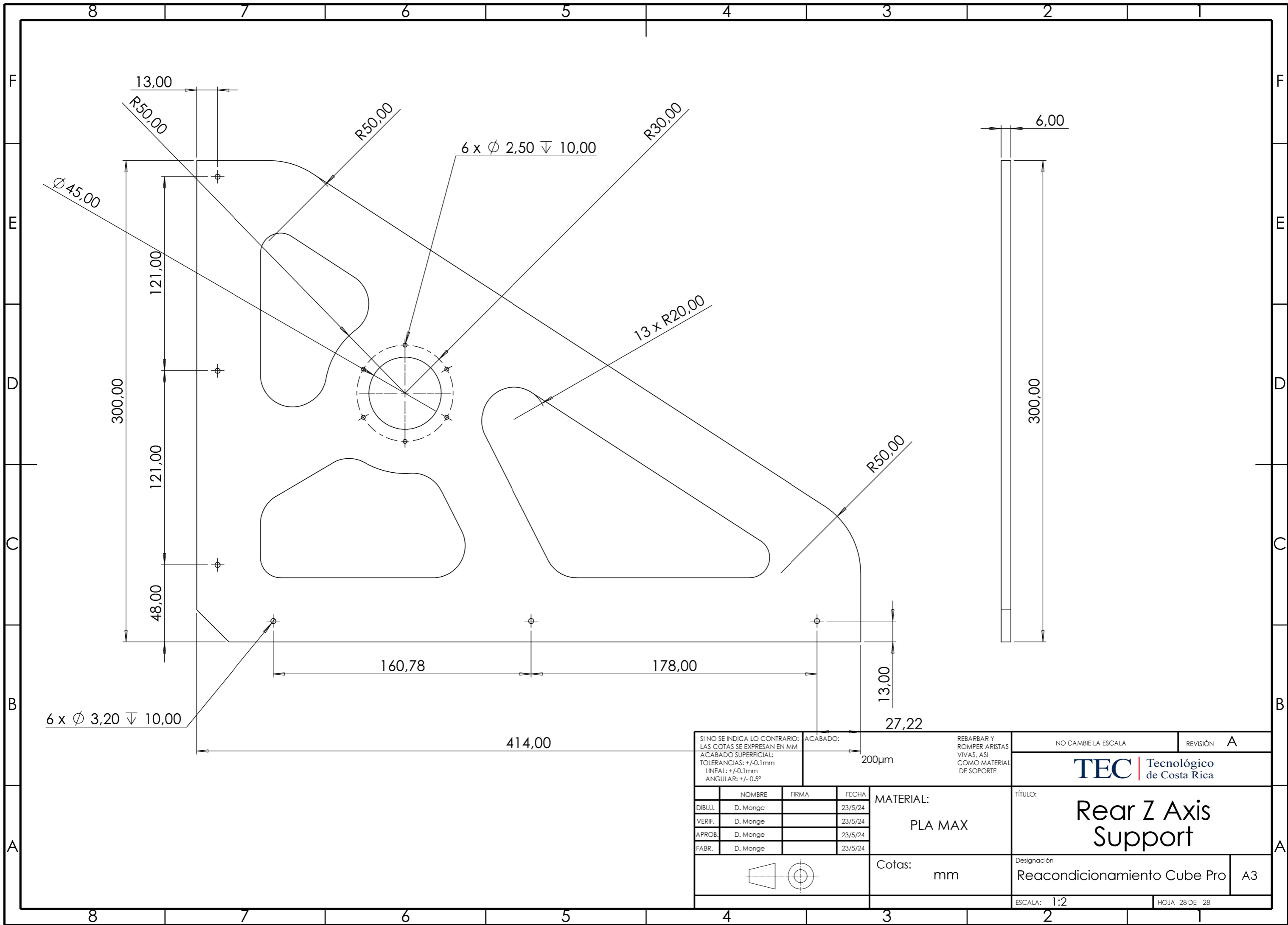
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/-0.1mm LINEAL: +/-0.1mm ANGULAR: +/- 0.5°			ACABADO: 200µm	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS, ASI COMO MATERIAL DE SOPORTE	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN A
DIBUJ. D. Monge			MATERIAL: PLA MAX		TÍTULO: Rear Z Axis Support	
VERIF. D. Monge			Cotas: mm		Designación Reacondicionamiento Cube Pro A3	
APROB. D. Monge			ESCALA: 2:1		HOJA 26 DE 28	
FABR. D. Monge						



SECCIÓN P-P

* Pleza Prusa Modificada,
se incluyen solo las cotas de los cambios realizados

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +/-0.1mm LINEAL: +/-0.1mm ANGULAR: +/- 0.5°			ACABADO: 200µm	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS, ASI COMO MATERIAL DE SOPORTE	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN A																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIBUJ.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>APROB.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> <tr> <td>FABR.</td> <td>D. Monge</td> <td></td> <td>23/5/24</td> </tr> </tbody> </table>				NOMBRE	FIRMA	FECHA	DIBUJ.	D. Monge		23/5/24	VERIF.	D. Monge		23/5/24	APROB.	D. Monge		23/5/24	FABR.	D. Monge		23/5/24	MATERIAL: PLA MAX	TÍTULO: Rear Z Axis Support	
	NOMBRE	FIRMA	FECHA																						
DIBUJ.	D. Monge		23/5/24																						
VERIF.	D. Monge		23/5/24																						
APROB.	D. Monge		23/5/24																						
FABR.	D. Monge		23/5/24																						
			Cotas: mm	Designación Reacondicionamiento Cube Pro	A3																				
				ESCALA: 1:1	HOJA 27 DE 28																				



6 x ϕ 3,20 ∇ 10,00

6 x ϕ 2,50 ∇ 10,00

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS: +/-0.1mm
 LINEAL: +/-0.1mm
 ANGULAR: +/- 0.5°

ACABADO:
 200 μ m

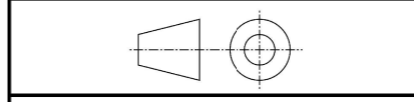
REBARBAR Y
 ROMPER ARISTAS
 VIVAS, ASI
 COMO MATERIAL
 DE SOPORTE

NO CAMBIE LA ESCALA REVISIÓN A

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	D. Monge		23/5/24
VERIF.	D. Monge		23/5/24
APROB.	D. Monge		23/5/24
FABR.	D. Monge		23/5/24

MATERIAL:
 PLA MAX

TÍTULO:
Rear Z Axis Support



Cotas:
 mm

Designación
 Reacondicionamiento Cube Pro A3

ESCALA: 1:2 HOJA 28 DE 28