

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

DISEÑO DE MEJORAS
PARA
IMPRESORA CREALITY ENDER 3 PRO

Trabajo de Titulación para optar al título de
Técnico Universitario en Proyecto y Diseño
Mecánico

Alumno:
Iván Reyes Sánchez

Profesor Guía:
Sr. Álvaro Céspedes Escobar

RESUMEN

KEYWORDS: IMPRESORA 3D, FILAMENTO, PLA, ABS, EXTRUSOR, RECEPTOR, TENSOR, RETRACCIÓN, HOTEN.

En el siguiente trabajo, se darán a conocer las debilidades de la máquina de impresión 3D Creality Ender 3 Pro y se buscarán, mediante procesos aprendidos en la carrera, las mejoras respectivas que se puedan llevar a cabo con la misma máquina, utilizando filamento plástico.

En el Capítulo Uno, se establecerán los diversos objetivos del proyecto: objetivo general y objetivos específicos, se analizarán todos los antecedentes para el estudio y la colaboración de un diseño factible, se proporcionará una metodología específica para el trabajo, así también como especificaciones técnicas a considerar para el diseño y la ubicación de las piezas a reproducir, todo guiado con la normativa correspondiente.

En el Capítulo Dos, se darán a conocer las etapas de ingeniería básica e ingeniería de costos, la primera etapa, tal como indica su nombre, tendrá como objetivo definir conceptualmente el diseño y los parámetros del proyecto, definiendo el flujo de trabajo de manera general, así también, los diversos elementos de los cuales se compone, Posteriormente, en la ingeniería básica, se elaborarán los cálculos generales y se detallarán los procesos. Para finalizar, se seleccionarán los indicadores de consumo necesarios para el proyecto, con lo cual se podrán definir los costos del proyecto.

ÍNDICE

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES Y DOCUMENTACIÓN.	3
1. ANTECEDENTES GENERALES Y DOCUMENTACIÓN.	5
1.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO.	5
1.1.1 Objetivo general.	5
1.1.2 Objetivos específicos.	5
1.2 DIAGNÓSTICO Y METODOLOGÍA.	6
1.2.1 Antecedentes generales.	6
1.2.2 Tipos de tecnologías de impresoras 3D.	6
1.2.2.1 Impresión por inyección.	6
1.2.2.2 Modelado por deposición fundida.	7
1.2.2.3 Fotopolimerización por luz ultravioleta.	7
1.2.2.4 Foto polimerización por absorción de fotones.	8
1.2.2.5 Estereolitografía.	8
1.2.3 Tipos de materiales empleados.	9
1.2.3.1 Ácido Poliláctico (PLA).	9
1.2.3.2 Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS).	10
1.2.3.3 El Acrilonitrilo Estireno Acrilato (ASA).	10
1.2.3.4 Poliestireno de Alto Impacto (HIPS).	11
1.2.3.5 Tereftalato de Polietileno (PET).	11
1.2.3.6 Poliéster Glicolizado (PETG).	11
1.2.3.7 Elastómero Termoplástico (TPE).	11
1.2.3.8 Polímeros de Alto Rendimiento (PEEK, PEKK, ULTEM).	11
1.2.3.9 Nailon.	12
1.2.3.10 Resinas.	12
1.2.4 Requisitos para efectuar trabajos de calidad.	13
1.2.5 Programas o softwares de impresión.	13
1.2.5.1 TinkerCAD.	13
1.2.5.2 Fusión 360.	14
1.2.5.3 Sketchup.	14
1.2.5.4 Blender.	14
1.2.5.5 Inventor.	14
1.2.6 Antecedentes específicos.	15
1.2.7 Situación base del proyecto.	15
1.2.8 Metodología de diseño.	16
1.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.	17
1.3.1 Ficha técnica impresora.	17
1.3.2 Ubicación de piezas.	17
1.3.3 Croquis de piezas.	20
1.3.4 Especificaciones para el proyecto.	21

1.3.5 Medidas generales. 22

1.4 REGLAMENTO Y NORMATIVA 24

CAPÍTULO 2. INGENIERÍA BÁSICA, DE DETALLE Y COSTO.....23

2. INGENIENERÍA DE DESARROLLO Y COSTOS 27

2.1. INGENIERÍA CONCEPTUAL. 27

2.1.1 Descripción del proceso.....27

2.1.2 Diagrama de Bloques.....27

2.1.3 Descripción de componentes.....28

2.2 INGENIENERÍA BÁSICA 31

2.2.1 Diseño de componentes en Fusión 360.....31

2.3 INGENIERÍA DE DETALLE 35

2.3.1 Tamaño de piezas y sus ajustes 35

2.3.2 Parámetros en Ultimaker Cura 40

2.4 COSTO Y PRESUPUESTOS.....44

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES 50

BIBLIOGRAFÍA 51

ANEXOS 53

.....62

.....64

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1-1 Modelado por deposición fundida	7
Figura 1-2 Fotopolimerización por luz ultravioleta	8
Figura 1-3 Impresora 3D mediante estereolitografía	8
Figura 1-4 Filamento (PLA).....	10
Figura 1-5 Polímeros de alto rendimiento (PEEK).....	12
Figura 1-6 Interfaz de TinkerCAD	14
Figura 1-7 Interfaz de programa Inventor de Autodesk.....	15
Figura 1-8 Diagrama espina de pescado	16
Figura 1-9 Ubicaciones generales.....	17
Figura 1-10 Ubicación Soporte de husillo de eje Z.	18
Figura 1-11 Ubicación de Caja de extrusor.....	18
Figura 1-12 Ubicación de tensor de correa de eje X.....	19
Figura 1-13 Ubicación de receptor de filamento plástico	19
Figura. 1-14 Soporte de husillo del eje Z.	20
Figura 1-15 Caja de Extrusor.	20
Figura 1-16 Tensor de correa eje X.	21
Figura 1-17 Receptor de filamento plástico.	21
Figura 1-18 Medidas soporte de husillo del eje Z.	22
Figura 1-19 Medidas caja de Extrusor	23
Figura 1-20 Medidas de tensor de correa en eje X.	23
Figura 1-21 Medidas de receptor de filamento plástico.....	24
Figura 2-1 Diagrama de bloques del proceso.....	28
Figura 2-2 Receptor de Filamento.	28
Figura 2-3 Extrusor.....	29
Figura 2-4 Motor y husillo.	29
Figura 2-5 Cama.	30
Figura 2-6 Tensor de Correa	30
Figura 2-7 Soporte Husillo en Fusión 360.	31
Figura 2-8 Soporte de carrete en Fusión 360.	32
Figura 2-9 Receptor de filamento en Fusión 360.	32
Figura 2-10 Receptor de filamento, abertura para motor en Fusión 360.	33
Figura 2-11 Palanca en Fusión 360.....	33
Figura 2-12 Tensor de correa x en Fusión 360.....	34
Figura 2-13 Porta rodamiento tensor en Fusión 360.....	34
Figura 2-14 Caja Extrusora en Fusión 360.....	35
Figura 2-15 Calidad, parámetros Cura.	40

Figura 2-16 Perímetro, parámetros Cura. 41

Figura 2-17 Velocidad, parámetros Cura.....41

Figura 2-18 Adherencia, parámetros Cura.....42

Figura 2-19 Material, parámetros Cura. 43

Figura 2-20 Soporte, parámetros Cura. 43

Figura 2-21 Consumo de filamento de tensor de correa en Cura.....44

Figura 2-22 Consumo de filamento piezas menores conjunto 1, Cura.....45

Figura 2-23 Consumo de filamento piezas conjunto 2, Cura.....45

Figura 2-24 Consumo de filamento pieza principal conjunto 3, Cura 46

Figura 2-25 Consumo de filamento piezas menores conjunto 3, Cura.....46

Figura 2-26 Consumo de filamento Caja extrusora, Cura 47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Tipos de tecnologías de impresión 3D.....9

Tabla 2-1 Cálculo consumo de filamento 48

Tabla 2-2 Consumo eléctrico y costos de diseño 49

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

A. SIGLAS

ASTM	: American Standard for Testing and Materials
ISO	: Organización Internacional de Normalización
ASIPLA	: Asociación Gremial de Industriales del Plástico
HDPE	: Polietileno de Alta Densidad
PE	: Polietileno
PLA	: Ácido Poliláctico
NCh	: Norma Chilena
FDM	: Modelado por Deposición Fundida

B. SIMBOLOGÍA

%	: Porcentaje
Cm	: Centímetros
Mm	: Milímetros
kWh	: kilowatt por hora
kW	: kilowatt
m ²	: Metro cuadrado
m ³	: Metro cubico
°C	: Grados Celsius
m/s	: Metros por segundo
\$	: Peso chileno

INTRODUCCIÓN

En este proyecto, se entregarán antecedentes de la impresora 3D con respecto a su uso y los requisitos básicos para el desarrollo de piezas plásticas. Para lograr esto, primero se entregarán las investigaciones de los tipos de tecnologías de impresión 3D y en este ámbito se describirán las características que la identifican. Se dotará de los tipos de programas que se usan para llevar a cabo la modelación y diseño de las piezas que se desean concretar, las piezas tendrán un uso específico con respecto a la impresora Ender 3 Pro de Creality, las funciones de las piezas se verán reflejadas a lo largo de la investigación, pero se anticipa que tienden a mejorar la calidad del trabajo de la impresora.

Este planteamiento ya ha sido considerado antes incluso por los mismos fabricantes de las impresoras, pues son pocos los años que estas tecnologías llevan en el mercado y la industria busca mejorar y satisfacer ciertas necesidades que aún se demuestran a base de prototipos y diseños básicos, por lo que se actuará en base a la información recopilada en la nube y se propondrán variantes en el diseño para lograr mayor comodidad a la hora de instalarlos o usarlos.

Una vez expuestas las piezas que se desean mejorar, se diseñarán y se evaluará el espacio o medidas que abarcan para posteriormente modelarlas y obtener cálculos de la capacidad. Si están aprobadas, se procederá a fabricarlas y emplearlas en la máquina esperando resultados con una mayor calidad de impresión.

Para lograr un producto base con buenas terminaciones y en serie, se requieren adelantos o mejoras específicas ajustados a la máquina Ender 3 pro de Creality que se ha hecho de renombre por sus innovaciones en estas impresoras buscando un margen económico y de calidad.

Si es posible se corroborará la calidad del trabajo de la impresora luego de verificar la terminación de los productos que se hagan en la máquina después de instalar las mejoras.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES Y DOCUMENTACIÓN.

1. ANTECEDENTES GENERALES Y DOCUMENTACIÓN.

En el primer capítulo, se darán a conocer los antecedentes esenciales para la comprensión de la problemática actual que se pretende intervenir. Con estos antecedentes se buscará encontrar la solución más acertada. Es por esto que se fijarán objetivos, los cuales definirán la línea de trabajo para lograr el propósito requerido, por consiguiente, en este mismo capítulo se implementará una metodología para poder facilitar y estructurar el proceso de diseño de mejoras para la impresora Ender 3 pro, detallando todas las especificaciones para su aplicación y paralelamente cumpliendo todas las normativas vigentes.

1.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO.

Los objetivos del proyecto serán la principal guía, ya que indicarán la progresión del proyecto, por lo tanto, se evaluará al final de este trabajo si se lograron los objetivos propuestos desde el inicio. Para esto, se determinarán el objetivo general y los objetivos específicos.

1.1.1 Objetivo general.

Diseñar partes o piezas en base a la ingeniería de la impresora para lograr mejorar el desempeño según su función. También se busca incorporar piezas, innovando el diseño global de la impresora para lograr una calidad de terminación más fina.

1.1.2 Objetivos específicos.

- Analizar los principales factores que intervienen en la calidad del plástico extruido por la impresora 3D Ender 3 pro de Creality.
- Identificar tecnologías de impresión 3D.
- Determinar los requerimientos básicos para generar piezas 3D de calidad.
- Proyectar las mejoras de acuerdo con la información recopilada.

1.2 DIAGNÓSTICO Y METODOLOGÍA.

Mediante los antecedentes recopilados se podrá realizar un diagnóstico de la situación actual del proyecto recopilando la mayor cantidad de información para la realización de un diseño óptimo. Se aplicará el modelo Espina de Pescado que permitirá especificar las causas de la calidad en la formación piezas.

1.2.1 Antecedentes generales.

La impresora Ender 3 Pro es una máquina utilizada para formar figuras de plástico sobre una base o placa donde actúa calor para adherir el material a la cama. Tiene columnas de acero que permiten la transmisión y movilización del extrusor que permanece sobre el eje x o viga de la impresora, la cual tiene soportes de carriles, permitiendo su desplazamiento en el eje y. gracias a un tornillo sin fin que parte del motor para el desplazamiento en eje z, funciona la camilla que se soporta sobre el carril de la base.

1.2.2 Tipos de tecnologías de impresoras 3D.

Existen varias tecnologías que dependen de la capacidad del material tratado. Las diferencias se dan por sus limitantes. Hubo métodos que, a través del tiempo surtieron efecto y que luego fueron agregando variantes para su uso estandarizado.

Existen métodos que funden o ablandan el material para producir las capas, como es el sinterizado de láser selectivo (SLS) y el modelado por deposición fundida (FDM).

También existen otras que depositan materiales líquidos que son solidificados a través de luz ultravioleta. Todo esto se informará en detalle a continuación:

1.2.2.1 Impresión por inyección.

Este método de impresión 3D tiene un cabezal de impresión que inyecta al mismo tiempo muchas gotas diminutas de fotopolímero, formando una capa que enseguida solidifica, utilizando una luz ultravioleta que se encuentra en el mismo cabezal. Esto se repite sucesivamente capa por capa. Esta tecnología es la única que permite la impresión de piezas a todo color, permitiendo gran calidad en las terminaciones.

1.2.2.2 Modelado por deposición fundida.

Esta tecnología (FDM) es la que se aplica en la máquina Ender 3 Pro. El método de depósito del plástico es a través de una boquilla que saca el plástico recién fundido. Junto con eso actúa la presión que ejerce la máquina sobre el filamento para que este se dirija al extrusor donde se aplica el calor y es fundido. Una de las características es que este sistema es muy usado en trabajos rápidos, dado su bajo coste de mantención. Se diferencia del anterior, porque deposita el plástico en forma de hilo. Un ejemplo de este método se muestra en la siguiente figura (Fig. 1-1).

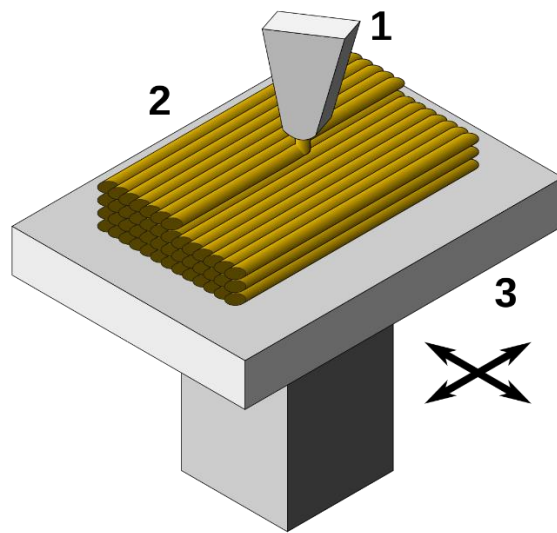


Figura 1-1 Modelado por deposición fundida

Fuente: Plalabs.

1.2.2.3 Fotopolimerización por luz ultravioleta.

Esta tecnología se basa en una reacción de polimerización inducida por luz, es decir, se utiliza un material o fotopolímero que tiene la propiedad de cambiar al ser expuesto a la luz ultravioleta. Como resultado, se visualiza su solidificación, como se muestra en la siguiente figura (Fig.1-2). El proceso se repite hasta que el modelo es construido. Luego comienza el proceso de extracción del polímero líquido restante de la cubeta o recipiente, dejando el modelo sólido que sostiene el cabezal.

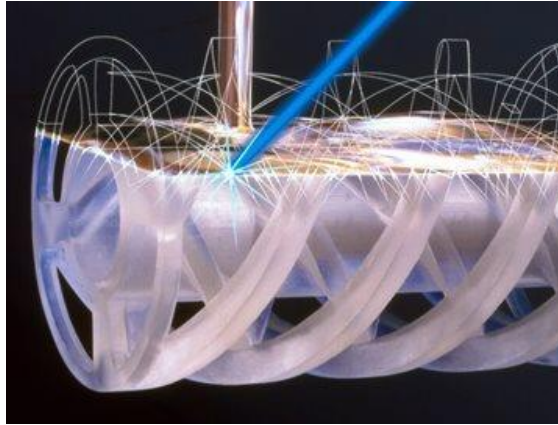


Figura 1-2 Fotopolimerización por luz ultravioleta

Fuente: Curpbell plastics

1.2.2.4 Foto polimerización por absorción de fotones.

El proceso de fotopolimerización por absorción de fotones consigue características finas a través de la micro fabricación 3D. En esta situación se forma la pieza en un bloque de gel con ayuda de un láser. Posteriormente, el material se solidifica en los sitios en donde el láser es aplicado y, el gel restante se desprende quedando la figura solidificada.

1.2.2.5 Estereolitografía.

Esta tecnología SLA también aplica láser ultravioleta, pero en resinas líquidas foto poliméricas que se solidifican. De esta manera, el cabezal va extrayendo el material endurecido y se van creando capas superpuestas de resina sólida, como se aprecia en la figura (Fig.1-3). Sin embargo, es un proceso más químico que mecánico, por lo que es necesario usar una cabina, estar en un sitio ventilado y con los respectivos implementos de seguridad porque la máquina suele emitir vapores que resultan nocivos al inhalarse.



Figura 1-3 Impresora 3D mediante estereolitografía

Fuente: Formlabs

Habiendo contemplado los tipos de tecnologías más eficientes para polímeros podemos constatar que las terminaciones más finas con mejores texturas se logran mediante procesos fotoquímicos. Sin embargo, el costo de mantención y seguridad es alto e implica tiempo. A continuación, se visualiza una tabla a modo de resumen.

Tipo	Tecnologías	Materiales
Extrusión	Modelado por deposición fundida (FDM)	Termoplásticos, por ejemplo, PLA, ABS, HDPE, poliuretano termoplástico (TPU), metales eutécticos, materiales comestibles.
Hilado	Fabricación por haz de electrones (EBF3)	Casi cualquier aleación.
Granulado	Sinterizado directo de metal por láser (DMLS)	Casi cualquier aleación.
	Fusión por haz de electrones (EBM)	Aleaciones de titanio.
	Sinterizado selectivo por calor (SHS)	Polvo termoplástico.
	Proyección selectiva por láser (SLS)	Termoplástico, polvos metálicos, polvos cerámicos.
	Proyección aglutinante (DSPC)	Yeso
Laminado	Laminado de capas (LOM)	Papel, papel de aluminio, capa de plástico.
Fotoquímico	Estereolitografía (SLA)	Fotopolímeros.
	Fotopolimerización por luz ultravioleta	Fotopolímeros.

Tabla 1-1. Tipos de tecnologías de impresión 3D
Fuente: Wikipedia

1.2.3 Tipos de materiales empleados.

Los filamentos para impresión 3D vienen caracterizados por el diámetro (en milímetros). Se venden generalmente en bobinas por peso (kg). Es importante considerar el grosor o diámetro de los filamentos, pero no deben pasar inadvertidos los materiales líquidos . Los siguientes son los materiales generalmente admitidos en las impresoras mencionadas anteriormente:

1.2.3.1 Ácido Poliláctico (PLA).

También llamado poliácido es un polímero hecho a base de componentes biodegradables. Por esto, los productos extraídos son bioplásticos que se funden y degradan sobre las temperaturas de 60 °C. El material se puede deformar con la combinación de agua y óxido de carbono. Usualmente se presenta en forma de carrete con filamento enrollado, véase en la siguiente figura (Fig. 1-4).

Específicamente sus componentes se obtienen del almidón de maíz o de caña de azúcar. Su uso es efectivo en la impresión 3D con la tecnología antes mencionada modelado por deposición fundida (FDM), véase en la figura (Fig. 1-1).



Figura 1-4 Filamento (PLA)

Fuente: Creality 3D

1.2.3.2 Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS).

Este material es un polímero que nace de la junta y polimerización de acrilonitrilo y estireno con polibutadieno. Usualmente se produce en el formato de carrete y filamento para el su uso directo en la impresión. Para especificar sus componentes, debemos profundizar en la química que se basa en la emulación de estos materiales. Cabe recalcar que sus propiedades principales son fluidez, resistencia al calor y resistencia a los impactos, porque el monómero de estireno otorga al ABS una buena fluidez, el acrilonitrilo proporciona rigidez, resistencia química y al calor, mientras el butadieno vuelve al producto más duro y elástico, incluso a bajas temperaturas.

Por lo general, el acrilonitrilo butadieno estireno se puede usar a temperaturas entre los -20 °C y los +80 °C. El ABS es resistente a ácidos acuosos, álcalis, ácidos clorhídricos y fosfóricos concentrados, alcoholes y aceites animales, vegetales y minerales, pero se ve afectado por los ácidos sulfúrico y nítrico concentrados. El acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) es soluble en ésteres, centonas, cloruro de etileno y acetona¹.

1.2.3.3 El Acrilonitrilo Estireno Acrilato (ASA).

Este material tiene mayor resistencia a los rayos UV que el material mencionado anteriormente (ABS) con el cual comparten propiedades, pero es necesario tomar precauciones a la hora de su utilización por las emisiones de estireno.

¹ Resinex.es. Sitio de ventas de resina [en línea]. <<https://www.resinex.es/tipos-de-polimeros/abs.html>> [consulta 10 de mayo 2021].

1.2.3.4 Poliestireno de Alto Impacto (HIPS).

Es un material fácil de manipular, abarcando ventajas considerables, porque sus propiedades son la resistencia térmica, impermeabilidad, resistencia a químicos inorgánicos y al agua, elevada fuerza de tensión, y todo esto en un material liviano.

Sin embargo, su uso en la impresión 3D se ve directamente comprometido con las estructuras de soporte de ciertas máquinas de impresión.

1.2.3.5 Tereftalato de Polietileno (PET).

Este material es un tipo de plástico usualmente utilizado en envases de bebidas y textiles. Es un polímero que se obtiene por una reacción química denominada policondensación donde se ve afectado el ácido tereftálico y el etilenglicol. Sus propiedades son rigidez y resistencia química, lo cual lo hace un material ideal para fines alimenticios y es reciclable.

1.2.3.6 Poliéster Glicolizado (PETG).

Es un termoplástico que usualmente se ve involucrado en el mercado de fabricación aditiva. Es elaborado con el mismo proceso con que se obtiene el poliéster (PET) solo que en esta ocasión se agrega glicol para que aumente su resistencia comparándose con la calidad del material ABS al disminuir su fragilidad.

1.2.3.7 Elastómero Termoplástico (TPE).

También son denominados "cauchos" termoplásticos. Son una clase de polímeros que se obtienen de la mezcla entre plástico y caucho. Se procesan de manera más simple que la goma, caucho y hule, pero se comporta de manera similar siendo sus principales características la elasticidad y su capacidad de resistencia al calor.

1.2.3.8 Polímeros de Alto Rendimiento (PEEK, PEKK, ULTEM)

Últimamente, gracias a los avances del mercado de impresión 3D, se ha profundizado en las investigaciones de materiales que logran alto rendimiento en la impresión con cualidades mecánicas parecidas a las de los metales.

Estos filamentos tienen resistencia mecánica y térmica muy alta, sin embargo, son mucho más ligeros que los metales, Véase en la siguiente figura (Fig. 1-5).

Sus características los hacen materiales de uso específico en impresoras 3D con una placa calefactora capaz de alcanzar los 350°C para su extrusión además de tener cabina o compuerta cerrada.



Figura 1-5 Polímeros de alto rendimiento (PEEK)

Fuente: VisionMiner

1.2.3.9 Nailon.

Es un material que viene del polímero sintético que se considera perteneciente al grupo de las poliamidas. Los objetos que se crean con nailon se producen generalmente a través de la tecnología SLS o en concentrados granulados, pero también en manera de filamento para ser usado en el modelado por deposición fundida (FDM). Sus cualidades principales son un alto nivel de detalle, buena estabilidad, rigidez, flexibilidad, y resistencia a los golpes, dado a que está constituido por estructuras semicristianas.

1.2.3.10 Resinas.

Este material es sensible a los rayos UV, es decir, es un fotopolímero que viene en estado líquido para ser almacenado en las impresoras 3D que utilizan una fuente de luz como un láser o una pantalla LCD. Este material, al ser expuesto a la luz, se solidifica y como resultado se obtiene un objeto de superficie lisa y alto nivel de detalle.

1.2.4 Requisitos para efectuar trabajos de calidad.

Anteriormente se ha atendido las características técnicas de las tecnologías y materiales que se han introducido en el mercado, por lo que ya se pueden visualizar ciertas ventajas que proyectan las impresoras con métodos como la estereolitografía o polimerización, usando como material la resina. Al lado de una impresora que utiliza la tecnología (FDM) se nota la diferencia en los acabados de superficie. Por esta razón, acá se definirá qué parámetros debemos regular de nuestra impresora Ender 3 PRO para alcanzar o igualar, en cierta medida, la calidad de acabado superficial de una máquina que funciona en base a la fotopolimerización sin pasar por procesos químicos ni involucrar requisitos de mantención muy exigentes. Estos requisitos implicarán hacer mejoras o piezas que se puedan calibrar con regularidad, soportes precisos, extrusores de mayor ventilación para conservar la boquilla o dual drive o extrusor profesional, cambio de receptor de filamento. Estos requisitos tienen sus costos en el mercado para incorporarlos, sin embargo, varias piezas se pueden fabricar en la misma impresora.

1.2.5 Programas o softwares de impresión.

Los programas más usados en este ámbito para modelar tienen bases en Autodesk y las características son variadas por lo que se describirán brevemente.

1.2.5.1 TinkerCAD.

Este programa tiene una colección online con herramientas de Autodesk para crear modelos 3D. Se basa en la geometría sólida constructiva (CSG), que permite a los usuarios crear modelos complejos mediante la combinación de objetos más simples. Como resultado, este software de modelado 3D es fácil de usar.²

Una de sus características más atractivas es que se puede modelar junto con componentes del sistema electrónico y, por lo tanto, se puede verificar luz y movimiento en el mismo software, véase en la siguiente figura (Fig. 1-6)

² 3Dnatives.com. Sitio de guías para impresión 3D [en línea]. <<https://www.3dnatives.com/es/tinkercad-software-200420202/>> [consulta 10 de mayo 2021].

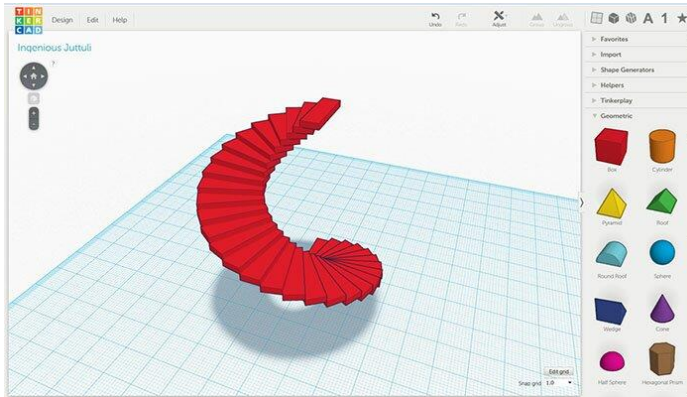


Figura 1-6 Interfaz de Tinkercad

Fuente: 3Dnatives

1.2.5.2 Fusión 360.

Es un software tipo CAD, CAM que logra diseñar productos para garantizar su ajuste, estética, forma y función. Entre sus características potenciales están la reducción de impacto de los cambios de diseño y la viabilidad de manufactura con herramientas de simulación y de diseño generativo.

1.2.5.3 Sketchup.

Es un programa de diseño gráfico y modelado en tres dimensiones (3D) basado en caras. Es utilizado para el modelado de entornos de planificación urbana, arquitectura, ingeniería civil, diseño industrial, diseño escénico, GIS, videojuegos o películas.³

1.2.5.4 Blender.

Es un programa informático multiplataforma, dedicado especialmente al modelado, iluminación, renderizado, la animación y creación de gráficos tridimensionales, también de composición digital utilizando la técnica procesal de nodos, edición de vídeo, escultura (incluye topología dinámica) y pintura digital.⁴

1.2.5.5 Inventor.

Autodesk Inventor es un programa de diseño mecánico, permite integrar AutoCAD y los datos 3D en un solo modelo digital. Véase en la siguiente figura (Fig. 1-7)

³ CNMODELADO3D.COM. Sitio de Guías hecho con wixsite [en línea].

<<https://cnmodelado3d.wixsite.com/cnmodelado/portafoliosketchup>> [consulta 10 de mayo 2021].

⁴ Wikipedia.org. Enciclopedia virtual [en línea]. <<https://es.wikipedia.org/wiki/Blender>> [consulta 10 de mayo 2021].

Las funciones esenciales del software Autodesk Inventor incluyen: diseño mecánico 3D, con *layouts*, trazos, perfiles, diseño de piezas plásticas, diseño de piezas de lámina para chapas, diseño de ensambles. Comunicación de diseños, manejo de datos, visualización 3D, documentación y enlace a manufactura. Las herramientas de productividad CAD, integración e interoperabilidad DWG están incluidas.⁵

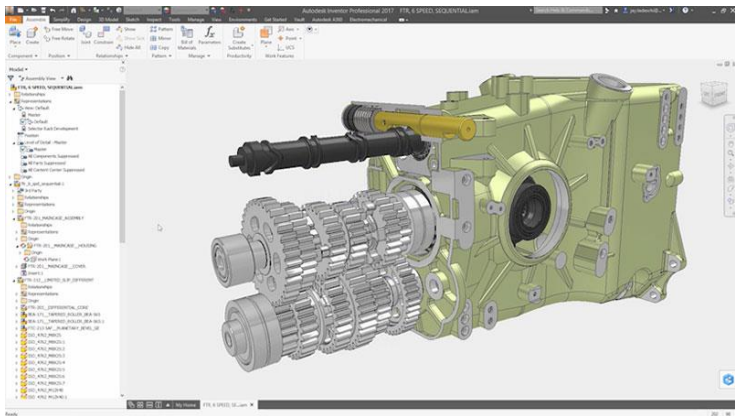


Figura 1-7 Interfaz de programa Inventor de Autodesk

Fuente: ASIDEK

1.2.6 Antecedentes específicos.

La impresora Ender 3 Pro tiene la concentración de las fuerzas alrededor de las correas y el extrusor, lo cual la convierte en el área de trabajo directa.

- Adaptador del tensor del eje x
- Extrusor con ventilador de capa.
- Soporte de tornillo sinfín.
- Receptor de filamento

1.2.7 Situación base del proyecto.

Las piezas deben ser diseñadas en inventor o fusión 360. Es el formato de archivos STL admisible para la impresora Ender 3 pro de Creality, sin embargo, bajo los parámetros establecidos se conoce la calidad del material PLA lo que genera limitantes como es el caso del receptor de filamento porque se debe involucrar una gran carga porque tiene relación directa con el motor de paso de la máquina. También es el caso del ventilador de capa donde no se puede acercar el material al hoten demasiado porque se comienza a derretir. Para generar los diseños de estas piezas se debe considerar, tanto el espacio como las cargas.

⁵ 3Dcadportal.com. Revista electrónica de investigación CAD CAM CAE [en línea].
<<https://www.3dcadportal.com/autodesk-inventor.html>> [consulta 10 de mayo 2021].

1.2.8 Metodología de diseño.

Para comenzar, se han elegido las piezas que deben ser removidas o rediseñadas, dándoles cambios técnicos, de material PLA, y con las especificaciones para optimizar el diseño de la pieza. Por esta razón se considera que la metodología a utilizar consiste en determinar y revisar las partes que deben mejorar, obteniendo como resultado los problemas a solucionar, una vez analizado se puede comenzar a diseñar las modificaciones.

Este proceso se debe logrado en un período determinado, y para ello se establecen los siguientes pasos:

Se tomarán los factores que afectan directamente en el proceso de impresión 3D utilizando diagramas causa- efecto, en este caso el diagrama espina de pescado creado por Kaoru Ishikawa es adecuado, porque se enfoca en el entorno, la máquina, el material y el usuario.

Una vez visualizados los factores se determinarán las situaciones que afectan o implican un problema, para este caso el problema es la calidad en el acabado superficial, según esto se ha determinado que existen componentes que no cumplen su función de manera efectiva.

Por último, se analizarán los componentes seleccionados y se establecerán modificaciones que logren potenciar la función de estos componentes respetando la ingeniería de la máquina. Véase en la siguiente figura. (Fig. 1-8)

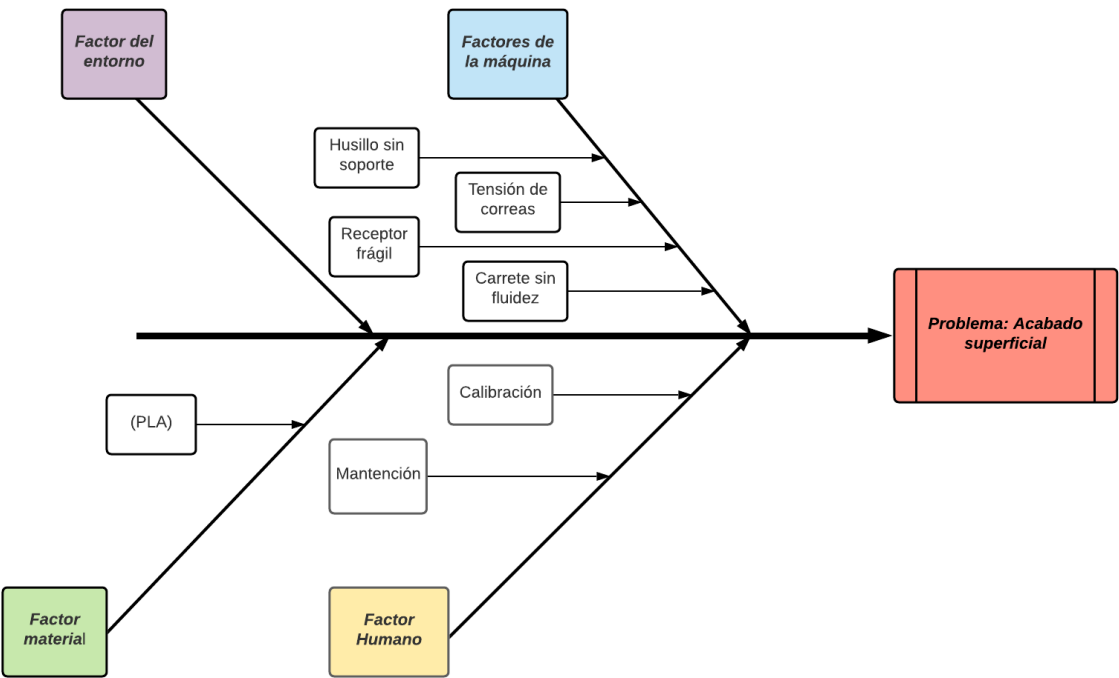


Figura 1-8 Diagrama espina de pescado
Fuente: Elaboración propia

1.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

En esta sección, se darán a conocer las especificaciones técnicas para el diseño de las mejoras. Se detallarán sus componentes, las características y su funcionamiento dentro del sistema, sus ubicaciones respectivas y como se ven involucradas para demostrar lo que afecta el flujo. Al finalizar esta sección, se podrán establecer todas las características y alcances que tendrá el proyecto.

1.3.1 Ficha técnica impresora.

- Tecnología: FDM
- Volumen de impresión: 220 x 220 x 250mm
- Diámetro de cabezal: 0,4 mm
- Tipo de filamento: PLA, ABS, TPU de 1,75mm
- Máxima velocidad de impresión: 200 mm/s
- Máxima resolución de capa: 0,2
- Cama Caliente de impresión
- Conectividad: USB, Tarjeta SD
- Pantalla LCD

1.3.2 Ubicación de piezas.

Para llevar a cabo el proyecto debemos planificar las zonas a trabajar e identificar las bases para el diseño, las cuales podemos encontrar en la siguiente figura (Fig. 1-9), la cual se especificará a medida que avancemos en el capítulo.

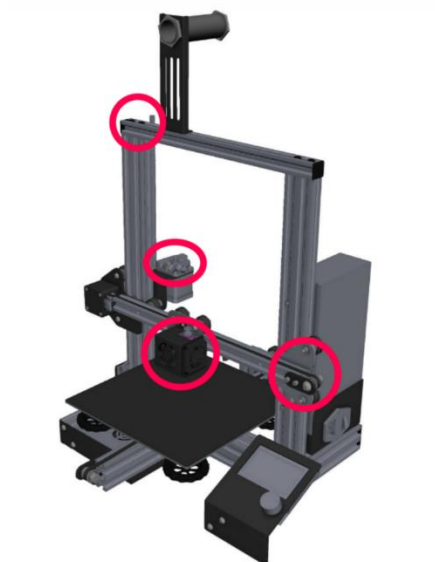


Figura 1-9 Ubicaciones generales.

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura podemos visualizar que falta una pieza que sujete el husillo o eje sin fin que viene del motor que acciona el mecanismo del eje Z (Fig.1-10).

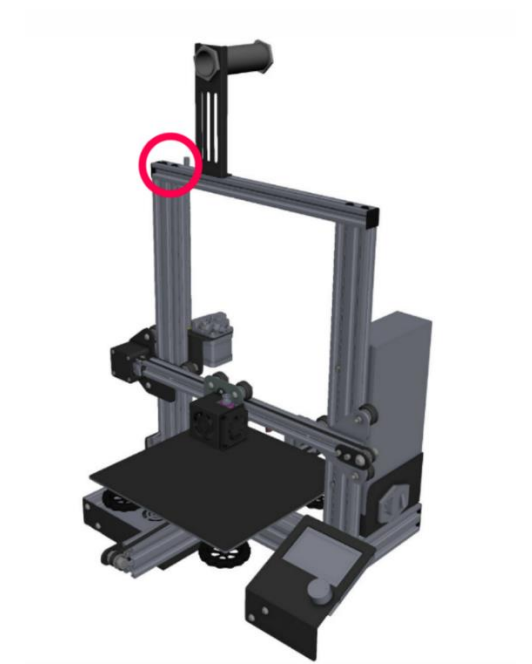


Figura 1-10 Ubicación Soporte de husillo de eje Z.

Fuente: elaboración propia

En la próxima figura se concentra la atención sobre el extrusor que tiene ciertas desventajas con respecto a la ventilación. Para trabajarlo, se preparará un diseño capaz de contener todo el mecanismo con dos ventiladores. (Fig.1-11)

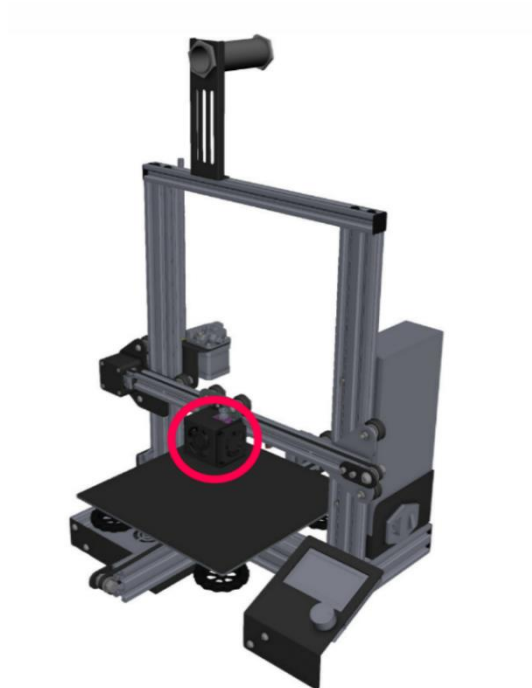


Figura 1-11 Ubicación de Caja de extrusor.

Fuente: Elaboración propia

La pieza que se presenta en la siguiente figura (Fig.1-12) es un tensor de correa que no se puede corregir una vez fijo, lo cual incapacita la posibilidad de tensar bien la correa. La idea es lograr un diseño que se pueda calibrar estando fijo al eje X.

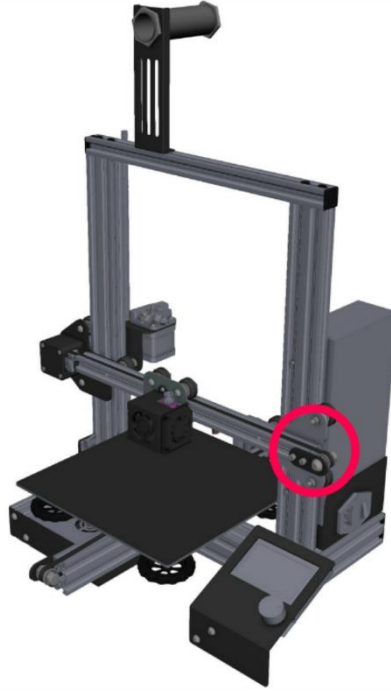


Figura 1-12 Ubicación de tensor de correa de eje X.

Fuente: Elaboración propia

En esta figura (Fig.1-13), nos enfocamos en el receptor de filamento que viene incorporado en la máquina, pero la calidad y material no son lo esperado y es necesario reforzarlo con una pinza más larga para facilitar la entrada del filamento.

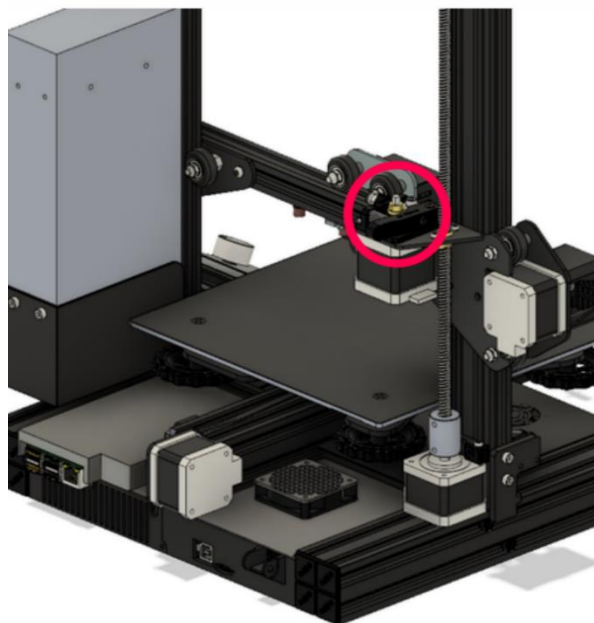


Figura 1-13 Ubicación de receptor de filamento plástico

Fuente: Elaboración propia

1.3.3 Croquis de piezas.

En este ítem se presentarán los croquis de las piezas que se deberán incorporar en las ubicaciones antes vistas. Respectivamente, los diseños se verán expuestos a modificaciones pues solo se ve involucrado el factor estético sin cálculos de resistencia.

Comenzando con la siguiente figura, pieza diseñada para sujetar el husillo o eje sin fin saliente del motor perteneciente al eje Z. (Fig.1-14)

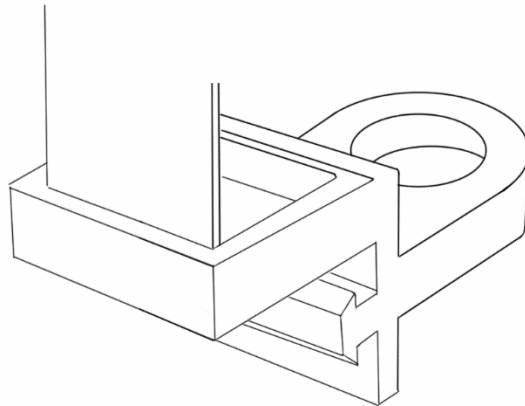


Figura 1-14 Soporte de husillo del eje Z.

Fuente: Elaboración propia

En este punto tenemos el croquis que representa la caja de extrusión que se pretende cambiar, véase en la siguiente figura (Fig.1-15). En la siguiente figura se encuentra la representación del tensor de correa del eje X. (Fig.1-16)

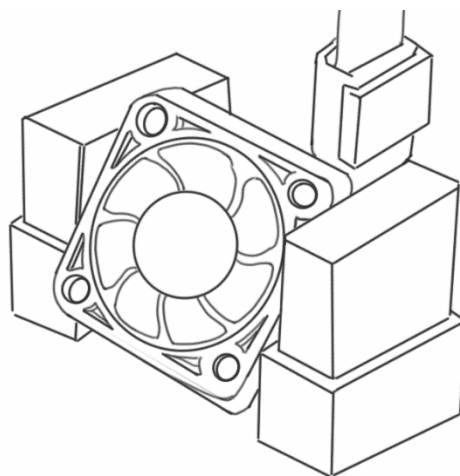


Figura 1-15 Caja de Extrusor.

Fuente: Elaboración propia

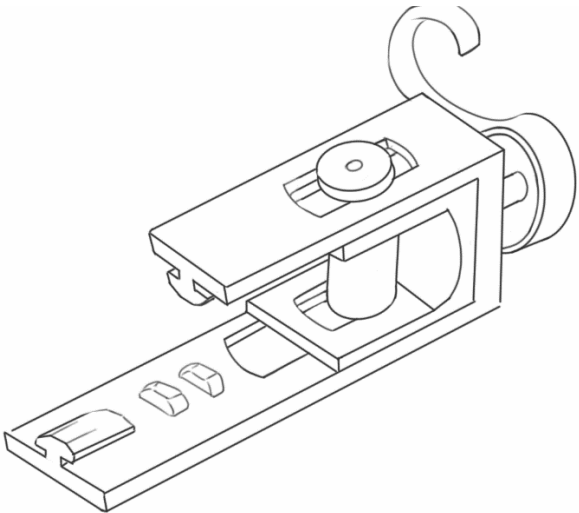


Figura 1-16 Tensor de correa eje X.
Fuente: Elaboración propia

En esta ocasión se visualiza la pieza receptora del filamento plástico a la cual se le debe modificar la pinza y el material. (Fig.1-17)

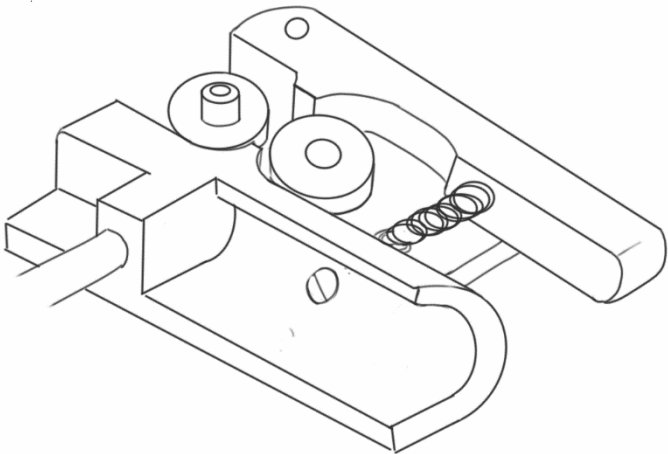


Figura 1-17 Receptor de filamento plástico.
Fuente: Elaboración propia

1.3.4 Especificaciones para el proyecto.

Se ha dispuesto de espacios reducidos y con especificaciones que obligan amoldarse a la base por lo cual es comprensible la contextura y material de la pieza, se tomaran en cuenta los ensambles del mercado que adoptan las restricciones pertenecientes a la impresora pero se acotaran detalles como la forma y modelado para una mayor capacidad y comodidad al manipular, se ha estudiado y tomado medidas estimando un molde con el concepto de ensamblaje que denotara el diseño para su inserción en el proyecto.

1.3.5 Medidas generales.

Ahora que se han mencionado las bases del proyecto, los sectores que enfocar y los diseños bocetados se tomara en cuenta las medidas que se deben brindar según el diseño que establece la máquina Ender 3 pro.

Comenzando con las medidas generales de la pieza que sujetará al husillo del mecanismo del eje Z véase en la siguiente figura (Fig.1-18), también se logra conocer las medidas de la siguiente figura que representa la pieza que rodea el extrusor donde se calienta el filamento plástico. (Fig.1-19)

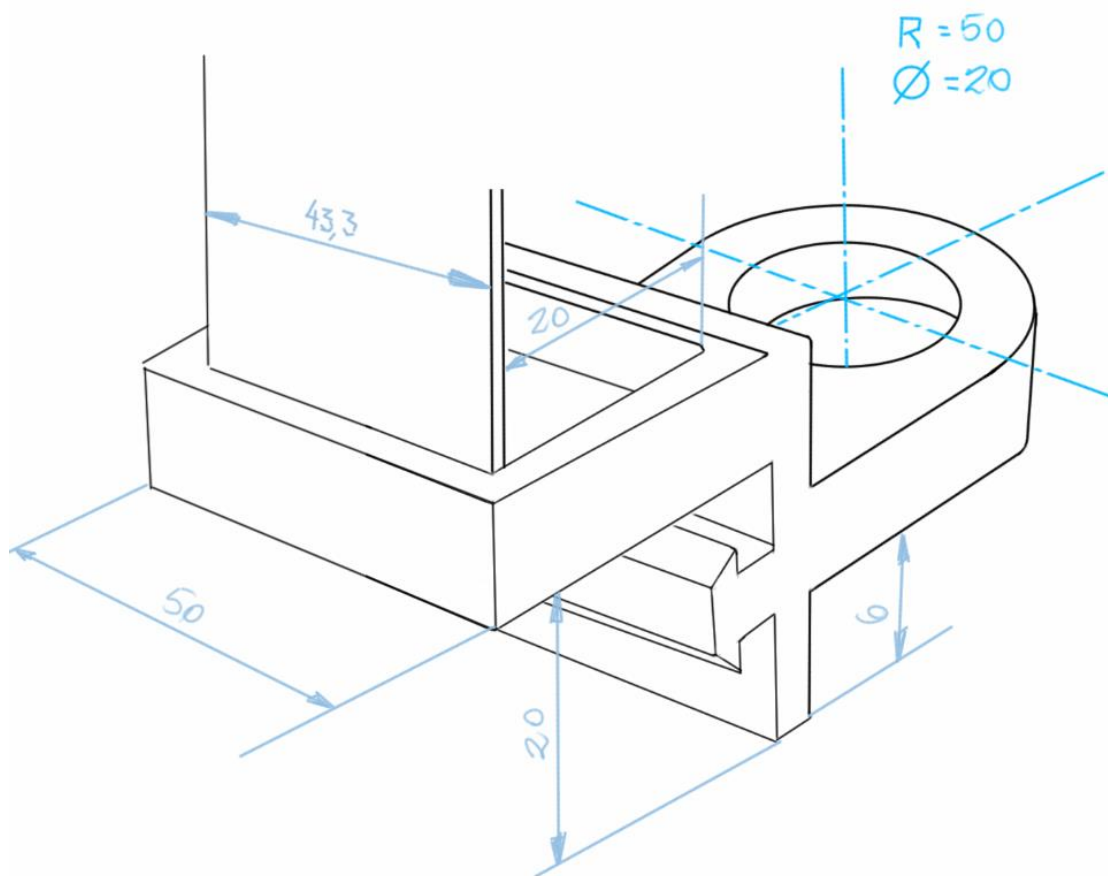


Figura 1-18 Medidas soporte de husillo del eje Z.

Fuente: Elaboración propia

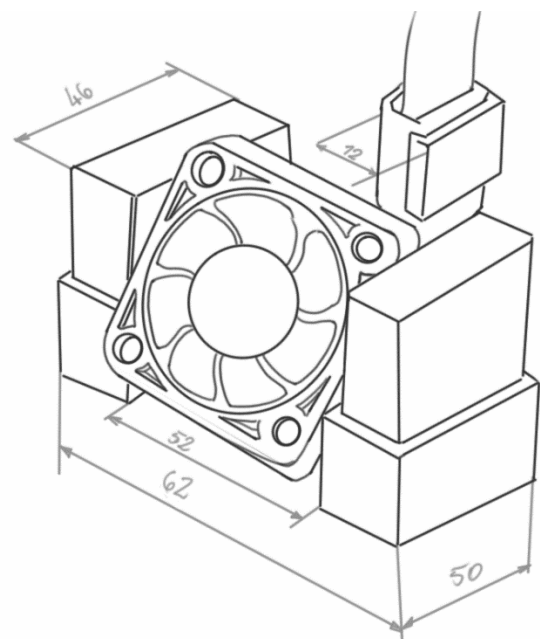


Figura 1-19 Medidas caja de Extrusor

Fuente: Elaboración propia

Es necesario recordar que las medidas son adecuadas por las bases de diseño que presenta la impresora Ender 3 pro ya sean alturas, medidas entre perforaciones de soporte y otras restricciones que obligan a moldear de una manera, avanzando se encuentra las medidas generales para el tensor del eje X, véase en la siguiente figura (Fig.1-20) y la siguiente imagen contiene las medidas generales del receptor del filamento plástico (Fig.1-21)

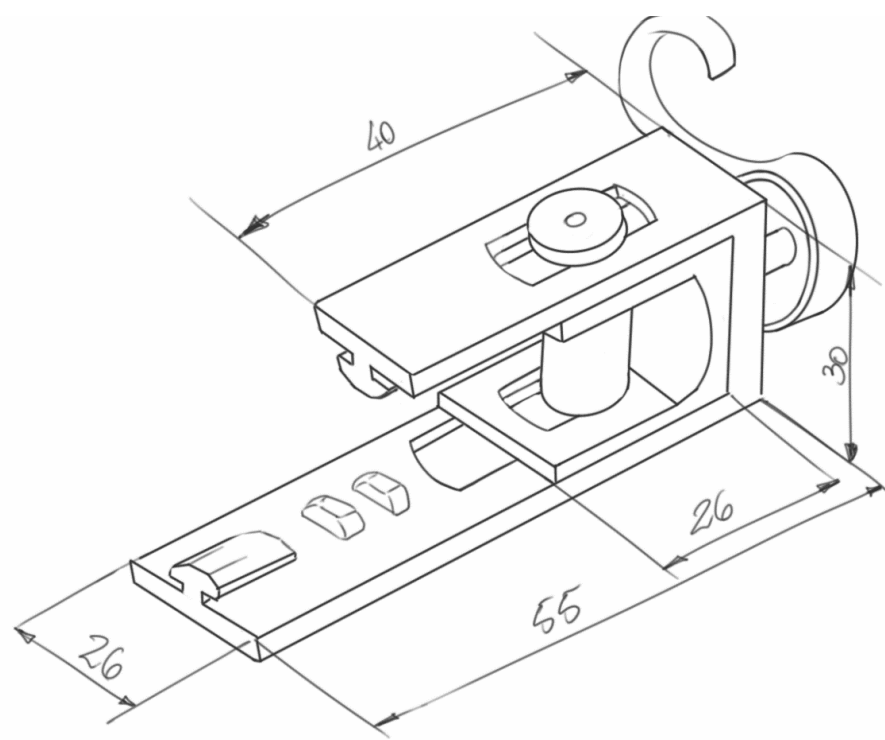


Figura 1-20 Medidas de tensor de correa en eje X.

Fuente: Elaboración propia

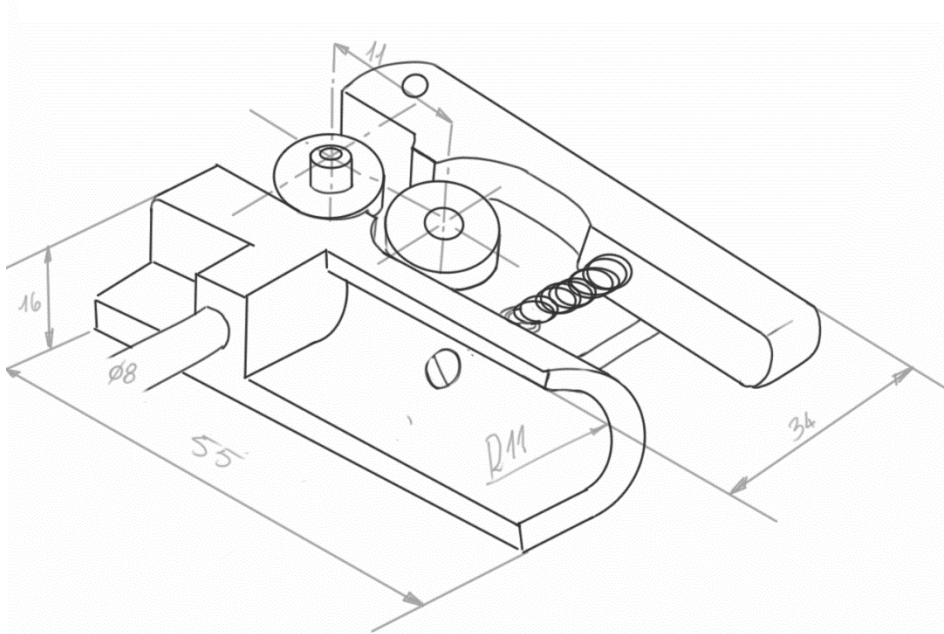


Figura 1-21 Medidas de receptor de filamento plástico.

Fuente: Elaboración propia

1.4 **REGLAMENTO Y NORMATIVA.**

En esta sección, se expondrán las normativas que regirán este proyecto. Para esto, se considerará la Norma Chilena Oficial (Nch). Y las normas ISO para ensayos que calculan la resistencia del plástico.

NCh13.Of1993 ISO 5457 Formatos y elementos gráficos de las hojas de dibujo.

NCh14.Of1993 ISO 7200: 1984: Homologación de la norma internacional ISO 7200; 1984, Technical drawings – titles blocks.

NCh16.Of1993 ISO 5457 Dibujos técnicos - Dimensionamiento – Principios generales, definiciones, métodos de ejecución e indicaciones especiales.

NCh 17. Of 1967 ISO 6433 Dibujos técnicos – Disposición de las vistas.

NCh 18. Of 1967 ISO 7573 Dibujos técnicos – Cortes y secciones.

ISO 11357 Ensayo que obtiene datos de temperatura de Fusión del PLA.

ISO 527 Ensayo de esfuerzo a la tracción, módulo de elasticidad.

CAPÍTULO 2. INGENIERÍA BÁSICA, DE DETALLE Y COSTO

2. INGENIENERÍA DE DESARROLLO Y COSTOS

En este capítulo, se elaborarán la ingeniería conceptual e ingeniería básica, las cuales entregarán los lineamientos de forma conceptual y de detalle para el desarrollo del proyecto. Este capítulo tiene como objetivo definir el diseño del proyecto, así como los componentes, estableciendo los costos del proyecto con la finalidad de definir si es factible o no.

2.1. INGENIERÍA CONCEPTUAL.

La ingeniería conceptual es la etapa donde se establecen los parámetros conceptuales del proyecto, otorgando los lineamientos generales a seguir. En esta primera etapa, se observará el flujo del proceso del proyecto, definiendo parámetros generales de distribución y materiales a utilizar. Así mismo, se definirán los requerimientos básicos del proyecto.

2.1.1 Descripción del proceso.

El proceso comienza con la entrada del filamento, ya sea de calidad PLA o ABS en el receptor del filamento, véase (Fig. 1-5), que por medio de una pieza con forma de pinzas admite por el ducto con potencia, ingresando al extrusor que tiene la propiedad de precalentar el material y expulsarlo por la boquilla, véase (Fig. 1-1). Cabe destacar que este proceso también requiere de un precalentamiento de cama o superficie que sostiene la pieza extruida. Una vez preparados, se elige el archivo procesado previamente en cura y se deja funcionando para la impresión. Cuando acaba, se puede extraer la pieza.

2.1.2 Diagrama de Bloques.

El diagrama de bloques es una representación gráfica simplificada de un proceso, este se realiza mediante símbolos y flechas para definir un proceso. En este caso, se desarrollará un diagrama de bloques para entender la secuencia de funcionamiento de las principales etapas del proceso de impresión 3D en la máquina Creality Ender 3 Pro.

La siguiente figura (Fig.2-1) muestra el flujo del proceso, el cual comienza por la evaluación de las condiciones de calibración. Posterior a eso, se evalúan las condiciones de temperatura en la cama y extrusor. Si no es necesario el calibrado, se extrae el archivo, ya sea directamente desde el software cura o desde una Micro SD que, al seleccionar, comienza la máquina a crear la pieza.

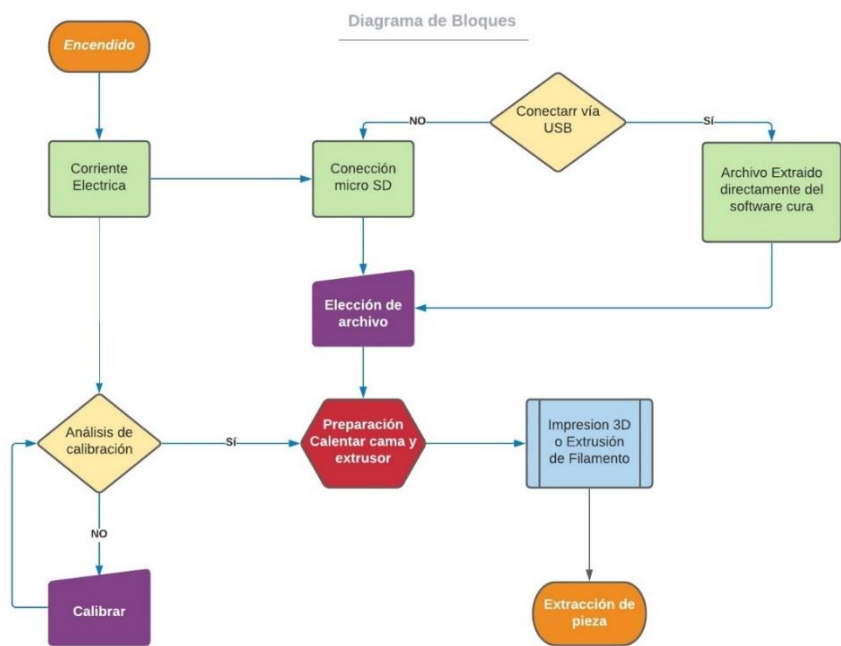


Figura 2-1 Diagrama de bloques del proceso.
Fuente: Elaboración propia

2.1.3 Descripción de componentes.

Para profundizar en la materia se desea especificar las funciones de las piezas y relacionarlo al desempeño para evaluar posteriormente si este es efectivo o mejorable y se comenzará con la pieza:

- Receptor de filamento: Su función principal es permitir la admisión de filamento, el cual es introducido, abriendo la pinza que es parte del diseño de esta pieza. Está compuesta de dos rodillos con la particularidad de ser abrasivos para sustraer con fuerza el filamento del carrete, de esta manera es como llega por un tubo hasta el extrusor. Ver en la siguiente figura (Fig. 2-2).



Figura 2-2 Receptor de Filamento.
Fuente: Creality 3D

- Hoten: Esta pieza se encarga de mantener en temperatura alta el filamento que va ingresando a medida de la producción, el plástico es extruido gracias al calor aplicado y la presión que ejerce el receptor del filamento. (Fig. 2-3)



Figura 2-3 Hoten.

Fuente: Creality 3D

- Motor y Husillo: Estas partes han sido consideradas juntas porque básicamente una sale de otra y es sencillo al pensar que todo motor tiene un eje que gira concéntricamente. En este caso, tenemos un motor paso a paso con un eje que se conecta con el hilo sin fin o husillo, el cual, al ser accionado, origina el deslizamiento en el plano Y del extrusor. (Fig. 2-4)



Figura 2-4 Motor y husillo.

Fuente: Creality 3D

- Cama: Es una placa con 4 rodamientos con ejes perpendiculares a la superficie, es una pieza fundamental para la producción, y su deslizamiento se debe a los rodamientos que se anclan en una columna. Esta placa lleva una plantilla abrasiva e imantada para que al terminar el proceso se pueda despegar fácilmente, también se ve involucrado en la calibración a través de perillas. (Fig.2-5)



Figura 2-5 Cama.

Fuente: Creality3D.

- Tensor de correa: La impresora porta dos tensores que, una vez instalados, no se pueden tensar o manipular. Su función es mantener estirada dentro de la resistencia posible a la correa y darles movilidad, gracias a los motores paso a paso y los rodamientos en la extremidad. (Fig. 2-6)



Figura 2-6 Tensor de Correa.

Fuente: Elaboración propia.

2.2 INGENIENERÍA BÁSICA

La ingeniería básica es una profundización de la ingeniería conceptual. En esta etapa se toman los requerimientos y lineamientos que se definieron en la etapa anterior, esto con el fin de perfeccionar y detallar lo antes diseñado. En esta etapa se definirán aspectos como la ubicación y selección de los equipos, elaboración de planos y modelado 3D preliminares en base a los diagramas de flujo y cálculos preliminares.

Para el diseño de las mejoras básicas se basará en la ingeniería conceptual antes desarrollada, la cual generó los parámetros iniciales como ubicación, descripción de componentes, condiciones y flujo de trabajo.

2.2.1 Diseño de componentes en Fusión 360

Para desarrollar las piezas, fue necesario utilizar Fusión 360°, ya que es un programa de Autodesk que ha desarrollado una interfaz especialmente para diseñar piezas que posteriormente se impriman en 3D. Gracias a esto, se ha logrado hacer diseños en tiempo récord con gran calidad y precisión de ajustes que más adelante veremos en detalle. Por ahora, se presentarán los diseños desde el software.

El soporte de husillo (Fig.2-7) es una pieza con un diseño funcional para dos objetivos, el primero y más importante es sujetar el husillo mediante un rodamiento incorporado a la pieza con diámetro interior de 8mm.

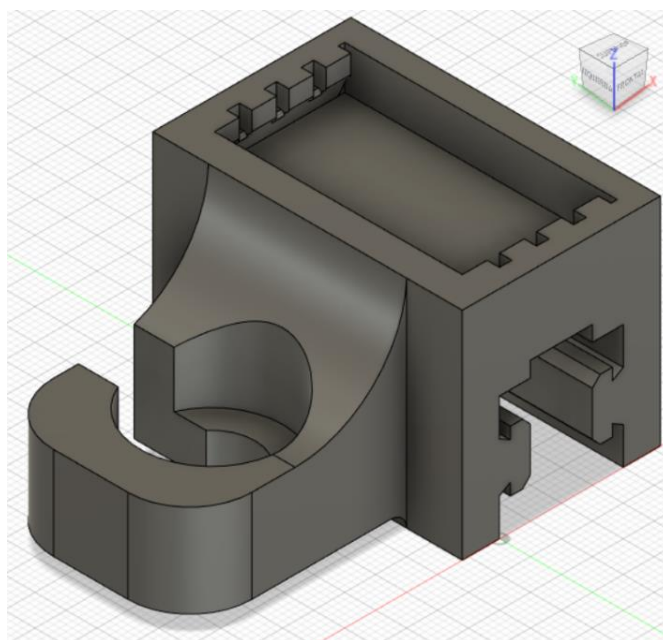


Figura 2-7 Soporte Husillo en Fusión 360.

Fuente: Elaboración propia.

El segundo objetivo apunta a corregir la trayectoria del filamento por medio de una perforación que sale del costado del soporte de husillo en la siguiente pieza (Fig. 2-8)

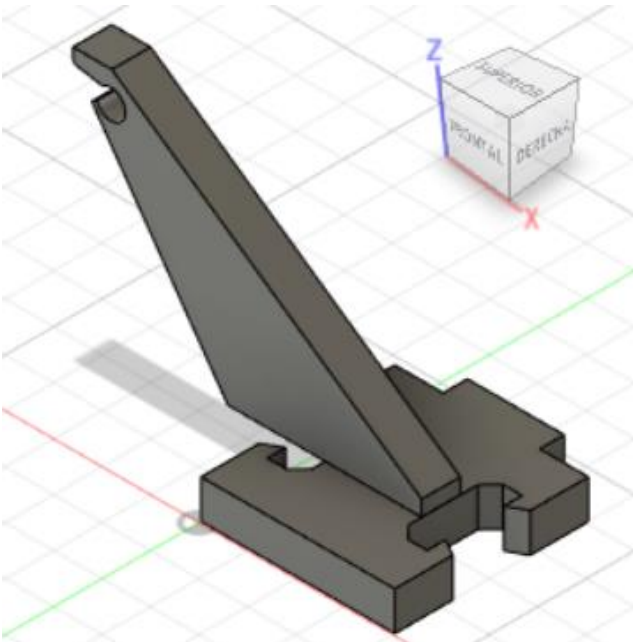


Figura 2-8 Soporte de carrete en Fusión 360.
Fuente: Elaboración propia.

Esta pieza permite el acople del motor paso a paso que suministra la energía extrusora del filamento dado a la posición en que se encuentra. Véase (Fig. 2-9)

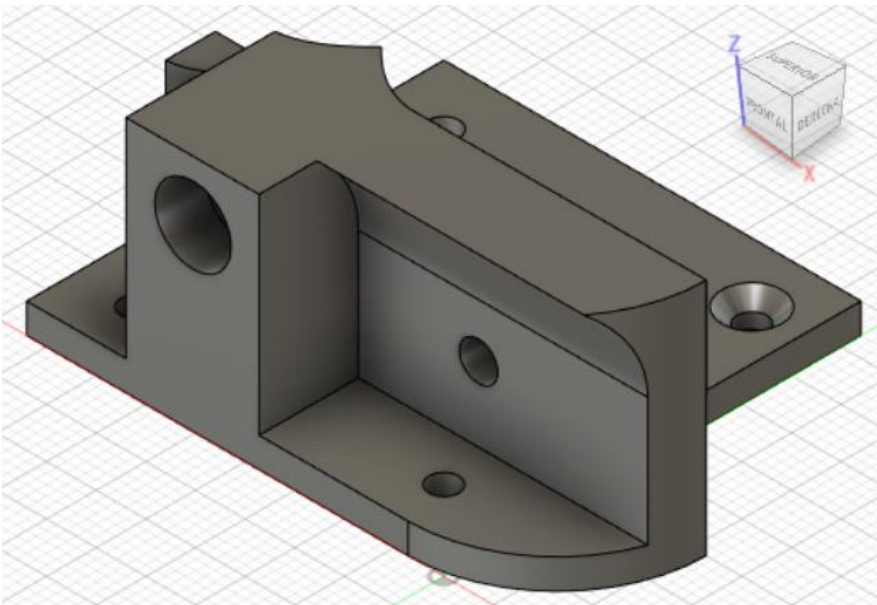


Figura 2-9 Receptor de filamento en Fusión 360.
Fuente: Elaboración propia.

En el receptor de Filamento se ha contemplado que el eje pasa justo al medio de la pieza. Por lo tanto, se diseña una perforación con el diámetro respectivo (Fig. 2-10), además se calcula altura para sincronizar engranajes que actúan en la extrusión.

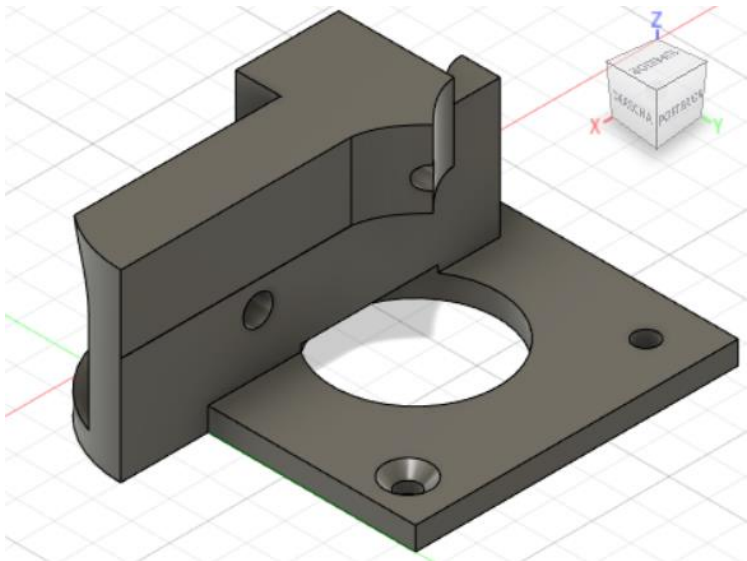


Figura 2-10 Receptor de filamento, abertura para motor en Fusión 360.

Fuente: Elaboración propia.

Debido a la complejidad del sistema, se debe expandir el diseño, puesto que para juntar los dos engranes que facilitan la entrada del filamento, se necesita una palanca que pueda ocasionar tensión sobre el eje del motor. Para lograr ese objetivo, se ha diseñado la siguiente pieza. (Fig. 2-11)

En la palanca también se ha calculado la altura de entrada del filamento para que calce con las marcas de los engranes.

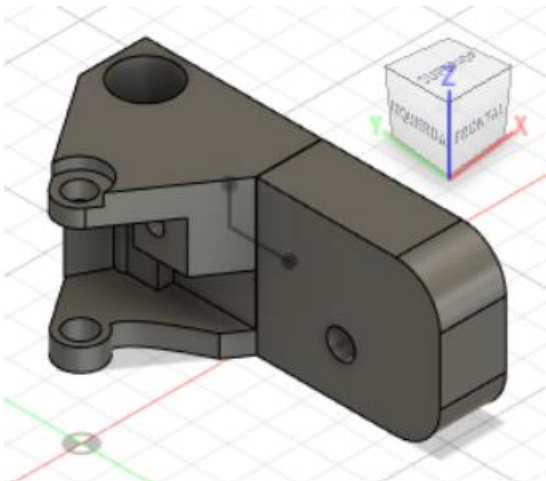


Figura 2-11 Palanca en Fusión 360.

Fuente: Elaboración propia.

Para lograr tensar la correa de manera efectiva y con opciones de tiempo de mantención más rápida, se ha dispuesto de un diseño que consiste en dos carriles uno lateral y uno de planta en el Tensor de correa x. (Fig. 2-12)

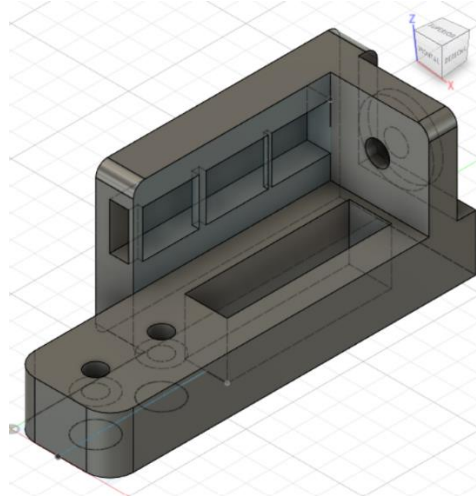


Figura 2-12 Tensor de correa x en Fusión 360.

Fuente: Elaboración propia.

Sobre el carril de planta se implementará un resorte con la capacidad de soportar la fuerza de tensión, cabe destacar que se han dispuesto perforaciones para que pasen los pernos que fijan la pieza a la estructura.

El resorte influirá en la zona de apoyo que también sirve de carril en la pieza llamada Porta rodamiento tensor (Fig. 2-13). Esta pieza contiene el rodamiento sostenido con un perno Allen facilitando su instalación y permitiendo lograr el objetivo más importante, la tensión de la correa del eje X.

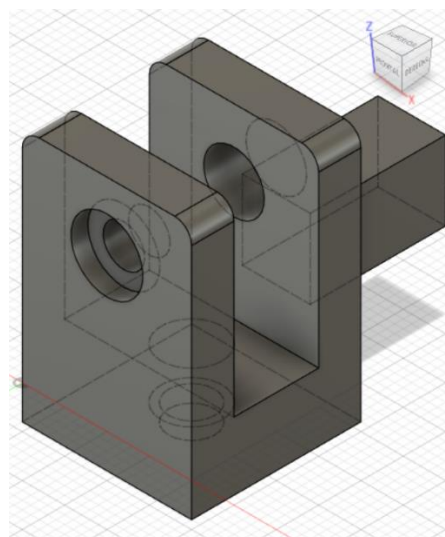


Figura 2-13 Porta rodamiento tensor en Fusión 360.

Fuente: Elaboración propia.

La caja extrusora se ha diseñado con el propósito de dirigir el ventilador directamente al hoten, manipulando el ángulo de inclinación del ventilador. También se estima el ventilador de capa el cual dirige aire hacia la boquilla del extrusor. Se han dispuesto perforaciones que calcen con los de la estructura, garantizando su instalación. (Fig. 2-14)

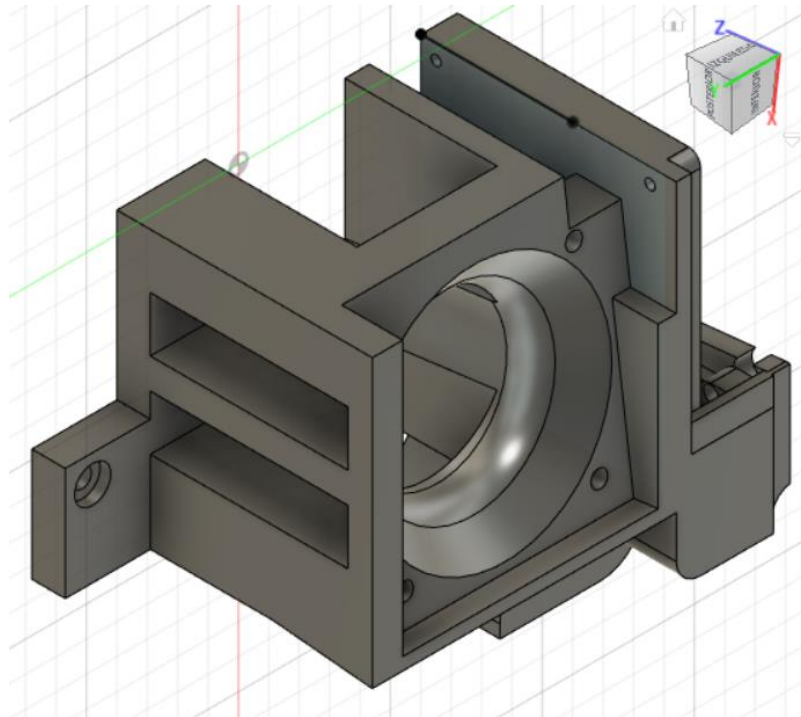


Figura 2-14 Caja Extrusora en Fusión 360.

Fuente: Elaboración propia

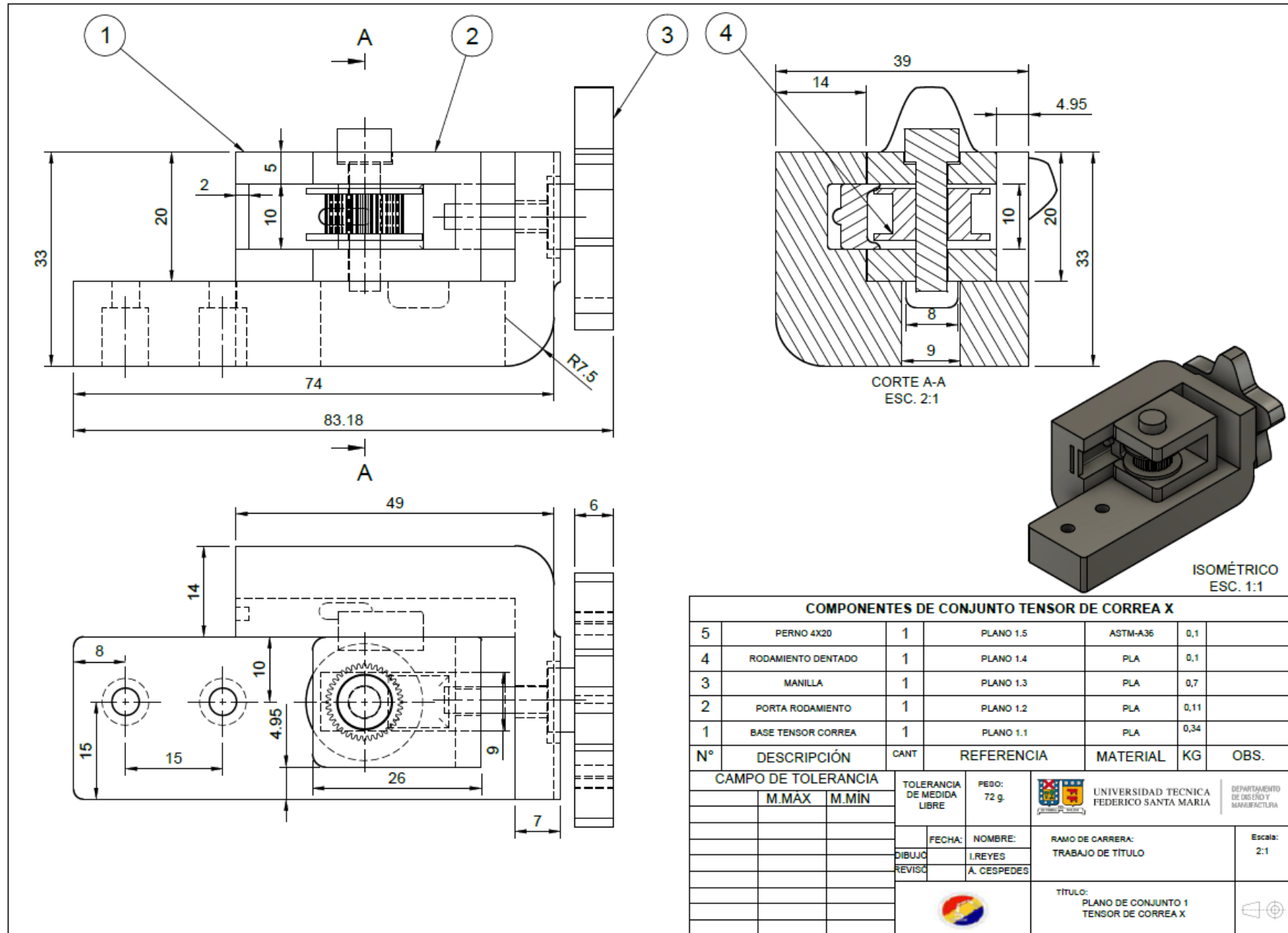
2.3 INGENIERÍA DE DETALLE

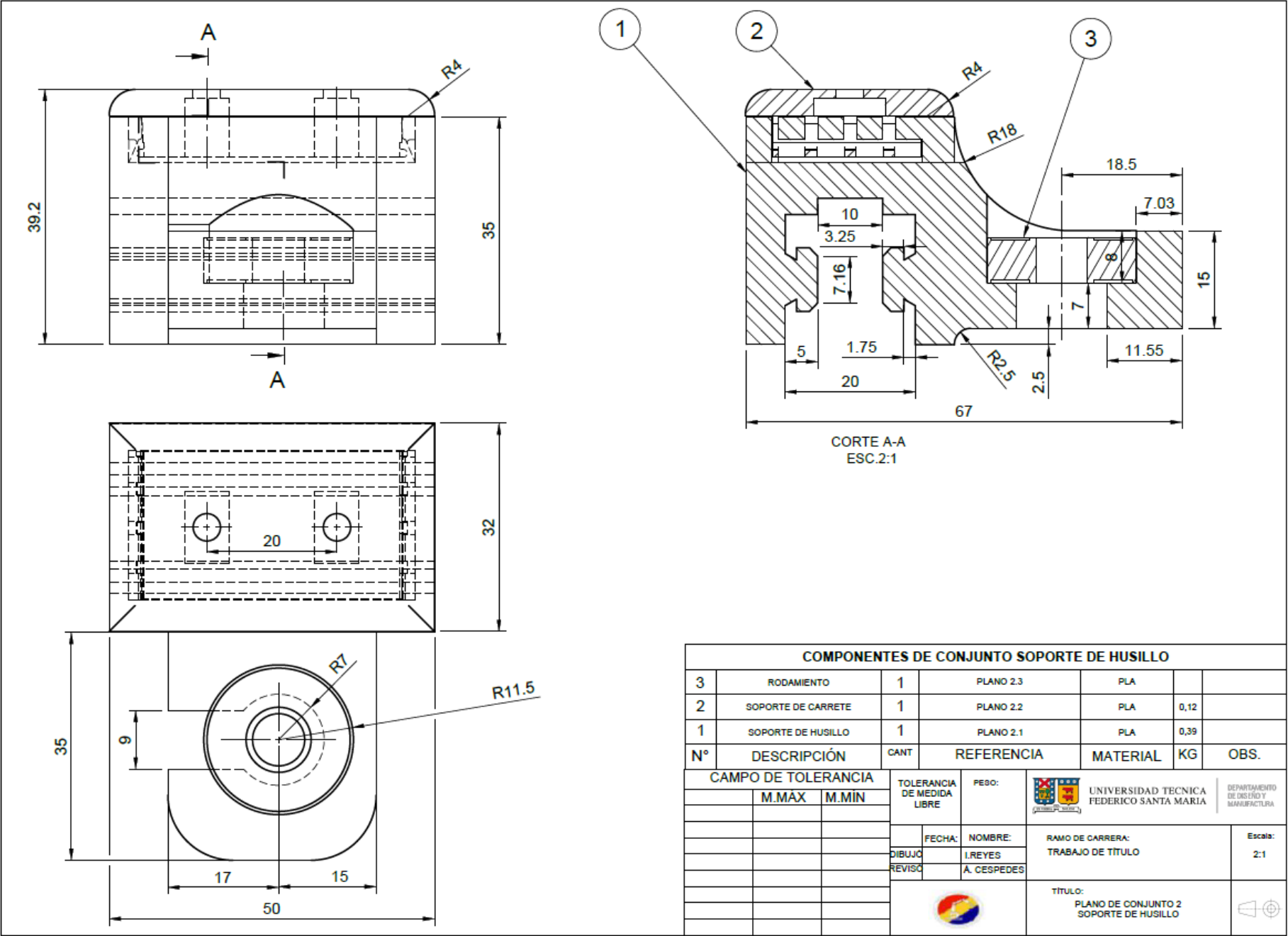
En este capítulo se presentarán los planos de fabricación de las piezas destinadas a influir en la inercia de la impresora 3D y los costos de fabricación, tomando como indicadores el consumo de energía, consumo de filamento, horas trabajadas. Datos que se verán justificados mediante reportes de planificación del programa Ultimaker Cura.

2.3.1 Tamaño de piezas y sus ajustes

A continuación, se presentarán los planos de conjunto efectuados en Fusión 360° con las medidas generales, los demás planos de fabricación se presentarán en el capítulo de **ANEXOS**.

- Plano de conjunto 1 Tensor de correa x
- Plano de conjunto 2 Soporte de Husillo.
- Plano de conjunto 3 Receptor de filamento.





2.3.2 Parámetros en Ultimaker Cura

Para llevar a cabo las piezas 3D se necesita un programa mediador entre el software que lo modela y la máquina que lo interpreta, de esto se encarga el programa llamado Cura que facilita parámetros que al manipular se restringirán factores influyentes en la fabricación, aparte de exportar un archivo en código G que es como se le llama al archivo que procesa la impresora. Esto es indispensable para modificar, ya sea la temperatura o flujo y velocidad de desplazamiento. Recordemos que existen materiales con distintas propiedades, por ejemplo, el ABS antes mencionado (Fig. 1-4) se trabaja con una temperatura por sobre los 240°C mientras que el material PLA tiene una temperatura de inyección a los 200°C. Lo mejor es que estos parámetros se pueden modificar y acá se presentarán los que se utilizaron para este proyecto, arrojando datos de consumo que se especificarán.

- Calidad:

En este parámetro se visualizan las alturas de capa general e inicial que usualmente se utilizan en 0.2mm, mientras que los anchos de líneas se utilizan en 0.4mm como se visualiza en la siguiente figura (Fig. 2-15).

Calidad			
Altura de capa		0.2	mm
Altura de capa inicial		0.2	mm
Ancho de línea		0.4	mm
Ancho de línea de pared		0.4	mm
Ancho de línea de la pared exterior		0.4	mm
Ancho de línea de pared(es) interna(s)		0.4	mm
Ancho de línea superior/inferior		0.4	mm
Ancho de línea de relleno		0.4	mm
Ancho de línea de soporte		0.4	mm
Ancho de línea de interfaz de soporte		0.4	mm
Ancho de línea del techo de soporte		0.4	mm
Ancho de línea del suelo de soporte		0.5	mm
Ancho de línea de la capa inicial		100.0	%

Figura 2-15 Calidad, parámetros Cura.

Fuente: Elaboración propia.

- Perímetro:

A continuación (Fig. 2-16) se encuentran los factores que influyen en las paredes de la pieza, utilizándose valores de grosor de pared entre 0.8 y 1.2 generalmente, esto influye en la medida final alterando en nuestro caso puntualmente en 0.8mm.

 **Perímetro** 

Grosor de la pared		1.2	mm
Recuento de líneas de pared	 	5	
Distancia de pasada de la pared exterior		0.05	mm
Capas de la superficie superior del forro		2	
Grosor superior/inferior		0.8	mm
Grosor superior		0.8	mm

Figura 2-16 Perímetro, parámetros Cura.
Fuente: Elaboración propia

- Velocidad:

En este sector (Fig. 2-17) se manipulan las velocidades de impresión, los parámetros más importantes son los que regulan la velocidad de la impresión en la capa inicial, puesto que tiene relación directa con la adherencia de la capa, también se debe tomar en cuenta la velocidad de pared, ya que con esta se regula la calidad superficial de la pieza.

 **Velocidad** 

Velocidad de impresión		50.0	mm/s
Velocidad de relleno		50.0	mm/s
Velocidad de pared		45.0	mm/s
Velocidad de pared exterior		45.0	mm/s
Velocidad de pared interior		50.0	mm/s
Velocidad de la superficie superior del forro		25.0	mm/s
Velocidad superior/inferior		25.0	mm/s
Velocidad de soporte		45.0	mm/s
Velocidad de relleno del soporte		45.0	mm/s
Velocidad de interfaz del soporte	 	45.0	mm/s
Velocidad de desplazamiento		150.0	mm/s
Velocidad de capa inicial		20.0	mm/s

Figura 2-17 Velocidad, parámetros Cura.
Fuente: Elaboración propia.

- Adherencia de capa:

Este parámetro (Fig. 2-18) habilita una base o una capa inicial de soporte antes de pasar a la impresión de la pieza. Esto sirve para que la pieza no se mueva mientras se comete el proceso de fabricación. Hay tres tipos de base, en nuestro caso se utilizó la base estilo balsa que propone una capa inicial con mayor grosor que la base de estilo falda, esto no quiere decir que sea necesario. La base estilo falda es precisa, sin embargo, las dimensiones de las piezas de este proyecto requieren de una capa inicial que abarque mayor rango y grosor.

Adherencia de la placa de impresión			
Tipo adherencia de la placa de impresión			Balsa
Margen adicional de la balsa			15 mm
Suavizado de la balsa			5 mm
Cámara de aire de la balsa			0.3 mm
Capas superiores de la balsa			2
Grosor de las capas superiores de la balsa			0.2 mm
Ancho de las líneas superiores de la balsa			0.4 mm
Espaciado superior de la balsa			0.4 mm
Grosor intermedio de la balsa			0.3 mm
Ancho de la línea intermedia de la balsa			0.8 mm
Espaciado intermedio de la balsa			1.0 mm
Grosor de la base de la balsa			0.24 mm
Ancho de la línea base de la balsa			0.8 mm
Espacio de la línea base de la balsa			1.6 mm
Velocidad de impresión de la balsa			25.0 mm/s

Figura 2-18 Adherencia, parámetros Cura.

Fuente: Elaboración propia.

- Material:

En el apartado del material se visualizan mayormente parámetros de temperatura y flujo, estos afectan la cantidad de filamento que hecha el extrusor al ser activado por el motor y su temperatura regulada en el hoten y la placa de impresión. (Fig. 2-19)

Material

Temperatura de impresión

205

°C

Temperatura de impresión de la capa inicial

205

°C

Temperatura de impresión inicial

205

°C

Temperatura de impresión final

205

°C

Temperatura de la placa de impresión

60

°C

Figura 2-19 Material, parámetros Cura.

Fuente: Elaboración propia.

- Soporte

En esta sección (Fig. 2-20) se establece primero si se genera soporte, luego se abren las demás casillas permitiendo regular las preferencias por ejemplo el patrón que tendrá el material. Es necesario hacer soportes cuando el ángulo de inclinación de la figura es mayor a 45°.

Soporte

Generar soporte

✓

Estructura de soporte

Normal

Colocación del soporte

Tocando la placa de...

Ángulo de voladizo del soporte

45

°

Patrón del soporte

Zigzag

Recuento de líneas de pared del soporte

1

Conectar zigzags del soporte

✓

Densidad del soporte

20

%

Distancia de línea del soporte

2.0

mm

Distancia de línea del ...orte de la capa inicial

2.0

mm

Distancia en Z del soporte

0.2

mm

Figura 2-20 Soporte, parámetros Cura.

Fuente: Elaboración propia

2.4 COSTO Y PRESUPUESTOS

En este punto se entregarán datos sobre el consumo y gastos del proyecto, para luego desarrollar un presupuesto que estime todos los gastos, incluidas las horas de trabajo en el diseño.

Anteriormente se presentaron los parámetros utilizados en el software Cura para introducir esta materia, puesto que gracias a este software se obtiene detalladamente el consumo en gramos y tiempo que demora la máquina en fabricar la pieza.

A continuación, se presentarán los resultados de consumo que arroja el software a la hora de exportar el archivo en código G.

A partir de la siguiente imagen se muestra la elaboración del código G por parte del software Cura y el consumo de filamento por parte del Conjunto 1, Tensor de correa x, comenzando por la pieza que representa la base del tensor, esta utilizó 28 g. de filamento lo que representa 9.54 metros en la figura. (Fig.2-21)

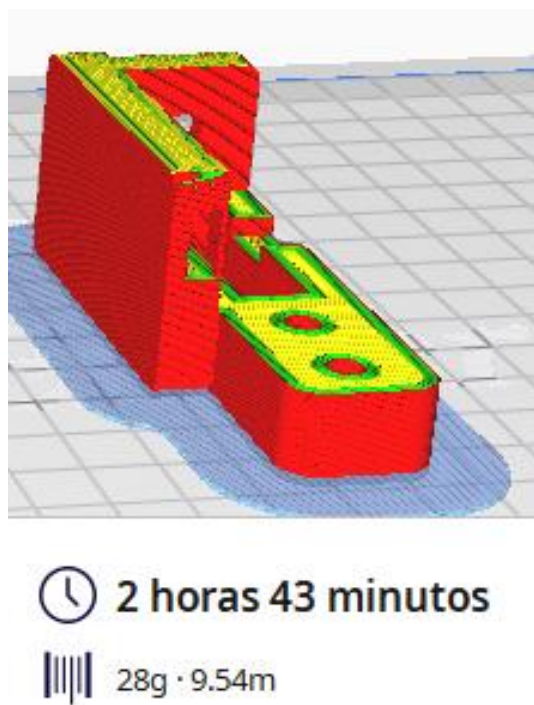


Figura 2-21 Consumo de filamento de tensor de correa en Cura

Fuente: Elaboración propia

A continuación, los datos de consumo por parte de la manilla y del rodamiento dentado, también se encuentra la porta rodamiento sumando 10g lo que representa 3.30 metros en la figura. (Fig.2-22)

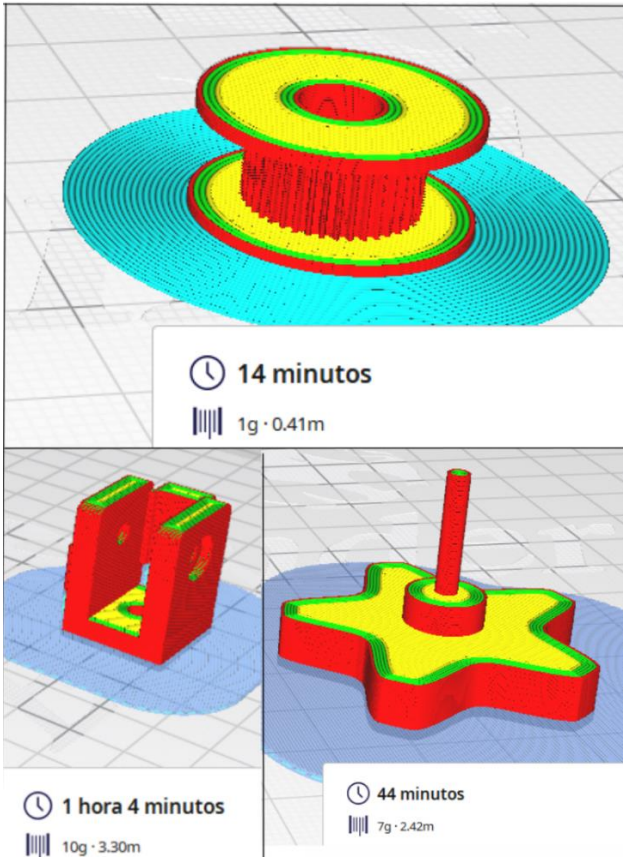


Figura 2-22 Consumo de filamento piezas menores conjunto 1, Cura

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se visualizan las piezas del conjunto 2, soporte de husillo aportando un consumo de 32g lo que representa 10.74 metros. Junto a esta, se encuentra la base de carrete con un consumo de 6g lo que representa 2.01 metros en la figura. (Fig.2-23)

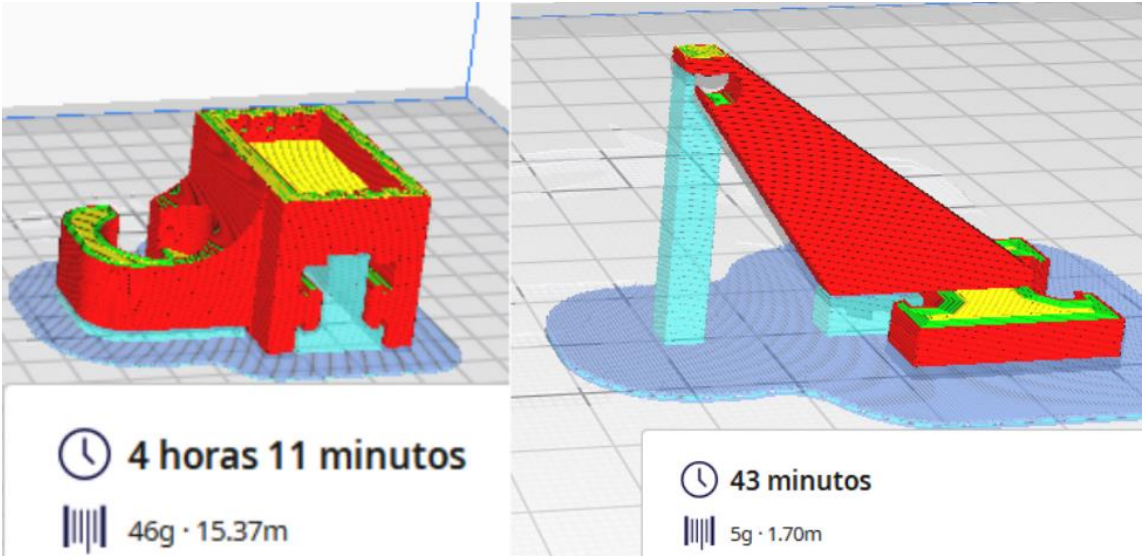


Figura 2-23 Consumo de filamento piezas conjunto 2, Cura

Fuente: Elaboración propia

A continuación, encontramos los datos de consumo por parte de la pieza principal del conjunto 3, receptor de filamento que suma 16g lo que representa 5.45 metros en la figura. (Fig.2-24)

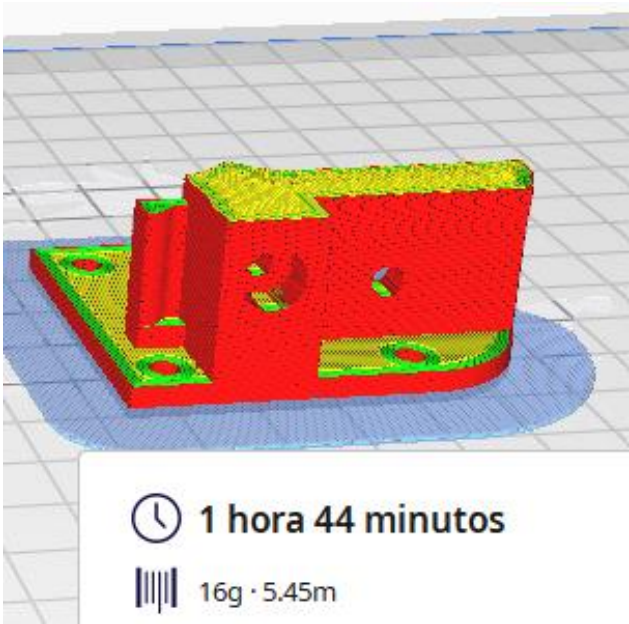


Figura 2-24 Consumo de filamento pieza principal conjunto 3, Cura
Fuente: Elaboración propia

A continuación, encontramos los datos de consumo por parte una pieza del conjunto 3, Palanca que suma 14g lo que representa 4.65 metros en la figura. (Fig. 2-25) Al costado derecho se encuentra la parte superior de la palanca la cual se añade al ensamblar como una sola pieza todo esto es necesario, porque, se debe cuidar el acabado superficial de la pieza en las paredes interiores.

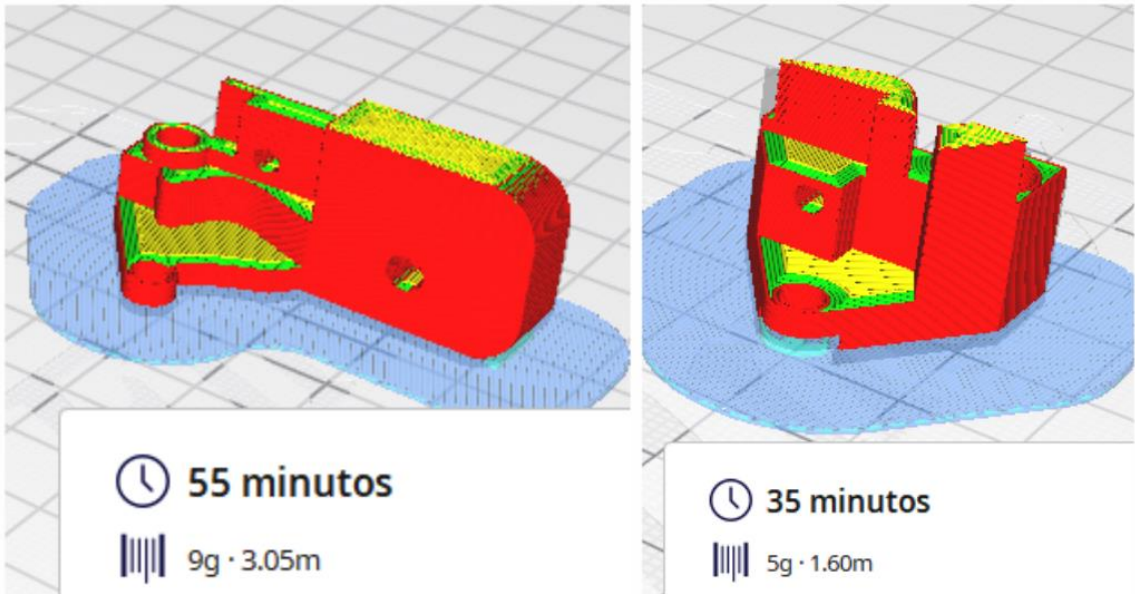


Figura 2-25 Consumo de filamento piezas menores conjunto 3, Cura
Fuente: Elaboración propia

A continuación, encontramos los datos de consumo por parte de la caja extrusora con 66g. lo que representa 22.05 metros en la figura. (Fig. 2-26) Este consumo se debe mayormente por el soporte cuya utilidad después de la fabricación es nula.



Figura 2-26 Consumo de filamento Caja extrusora, Cura

Fuente: Elaboración propia

Para desarrollar los cálculos de costo de consumo de filamento se establecerán los siguientes indicadores:

- Cantidad de filamento utilizado en gramos. (g)
- Cantidad de filamento utilizado en metros. (m)
- Porcentaje de filamento con relación al total en metros que trae el carrete. (%)
- Se debe considerar que la relación entre metro y peso es de 335m/kg, es decir, 10 gramos de filamento equivalen a 3,35 metros esto en el caso puntual de bobinas o carretes de 1kg que es el considerado para este proyecto, además su precio varía entre los \$15000 y \$20000.
- Con estos indicadores se tomará la cantidad en metros registrada y se multiplicará por 100. A este resultado se le divide en 335, para establecer el porcentaje, y posteriormente el precio unitario y total del filamento utilizado. Cabe destacar que los datos resultantes se sumarán a los gastos generales, como consumo eléctrico y gastos de diseño.

Cálculo de consumo de filamento				20000
Pieza	Cant.(g)	Cant.(m)	Cant. de carrete (%)	Costo (\$)
Tensor correa x	28	9,54	2,8	560
Porta Rodamiento	10	3,3	1	200
Rodamiento dentado	1	0,41	0,1	20
Manilla	7	2,42	0,7	140
Total conjunto 1	46	15,67	4,6	920
Soporte Husillo	46	15,37	4,6	920
Guía de filamento	5	1,7	0,5	100
Soporte carrete	12	2,01	1,2	240
Total conjunto 2	63	19,08	6,3	1260
Receptor de filamento	16	5,45	1,6	320
Palanca	14	4,65	1,4	280
Engranaje	1	0,24	0,1	20
Caja Extrusora	66	22,05	6,6	1320
Total conjunto 3	97	32,39	9,7	1940

Tabla 2-1 Cálculo consumo de filamento

Fuente: Elaboración propia Formato Excel

Para determinar los gastos generales se establecerán los siguientes indicadores:

- Consumo eléctrico de impresora por hora: 0,5-0,75 (KW)/h
- Horas de trabajo impresora (h)(min)
- Tiempo de preparación y tiempo de postproducción del diseño. (h)(min)
- Para el punto mencionado anteriormente se considerará que el valor por hora trabajada en diseño es de \$2000. Este estándar deriva del cálculo que estima un salario de \$350000 al mes que consta de 22 días y cada día se trabaja 8hrs. De esta manera se ha determinado el valor por hora de diseño.
- La fórmula para determinar el costo eléctrico aproximado por hora será la siguiente: Hora de impresión x \$174,6 x 0,75

Consumo eléctrico	Precio (\$)		
TRAMO 0-50 KW/H	78,79		
TRAMO 50-75 KW/H	174,57		
TRAMO sobre 75 KW/H	290,9		
Pieza	T. impresión	T.preparacion	T.post-producción
Tensor correa	2h 42min	5h	2h
Porta rodamiento	0h 14min	2h	0h 30 min
Rodamiento dentado	0h 1min	2h	1h
Manilla	0h 44min	1h	1h
Total horas conjunto 1	3h 41min	10h	4h 30min
Soporte Husillo	4h 11 min	5h	1h
Soporte Carrete	0h 35 min	2h	0h 30 min
Total horas conjunto 2	4h 46min	7h	1h 30min
Receptor Filamento	1h 44min	4h	1h
Palanca	1h 30min	3h	1h
Engranaje	0h 20 min	1h	0h 20 min
Caja extrusora	7h 7min	4h	2h
Total horas conjunto 3	10h 41min	9h	4h 20 min
Total conjuntos 1,2,3y4=	19h 8min	26h	10h 20min
Relación Precio/H.H =	2000	36,2	72400
Valor consumo electrico =	0,75	19,8	2592,36

Tabla 2-2 Consumo eléctrico y costos de diseño

Fuente: Elaboración propia formato Excel.

Para determinar el presupuesto del proyecto se tomarán las cifras resultantes desarrolladas en las tablas anteriores partiendo por mencionar que el costo de filamento lleva un total de \$4100. A este se le añaden los valores del consumo eléctrico y los gastos de diseño cuyos totales son \$2600 y \$72400 respectivamente. Todas estas cifras sumadas nos entregan un presupuesto de \$79100.

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

El proyecto se basa en la necesidad de mejorar la impresora 3D Ender 3 pro de Creality, pues la calidad inicial que trae esta máquina con respecto a la terminación de la superficie de las piezas es mala. Gracias a este proyecto se pueden rescatar las funciones principales de los accesorios de la impresora que influyen directamente con la calidad superficial. Sin embargo, se debe admitir que es necesario recurrir a materiales externos de la impresora, ya sean pernos, tuercas, ejes y resortes que no tienen la misma resistencia y precisión que el PLA extruido.

Cabe destacar que ciertas características de calidad se pueden parametrizar con el software Ultimaker Cura, pero no logra satisfacer a cabalidad la necesidad del proyecto. Sin embargo, están al alcance y sirven para darle adherencia y un soporte preciso a la pieza que al tener contacto dejan una capa de alta rugosidad en las piezas lo que malogra su calidad.

Se mejoró la tensión continua de la correa que implica directamente en el movimiento de la boquilla. Si está suelta la correa probablemente se retrasarán los movimientos de la boquilla sumando que se encuentra en el proceso del tejido del relleno con un patrón que rompe la inercia, fácilmente se obtendrán resultados terribles.

Se logró centrar el husillo en la extremidad que estaba sin soporte, se logró concentrar mejor la ventilación del hoten y la mejora del receptor de filamento es efectiva solo si se cambian los piñones que sustraen el filamento que se encuentran conectados con el motor de paso correspondiente.

Los diseños presentados en este proyecto han sido fabricados y ajustados pasando por varias versiones desde la creación del croquis. Estas transformaciones dan a lugar una mayor resistencia del material puesto que se reforzaron las paredes de mayor tensión y se ajustaron las medidas de diámetros interiores con un ajuste de 0,8 en todas las superficies de contacto.

Como usuario de impresora 3D se recomienda la mantención de la máquina en el sector del hoten puesto que normalmente quedan residuos de PLA luego de cada impresión, también se recomienda cubrir el filamento si se encuentra en zonas húmedas puesto que afecta en gran medida a la fluidez del material.

BIBLIOGRAFÍA

CREALITY.COM. Sitio de impresoras Creality. Piso 18, Edificio de jinxiu [en línea]. <<https://www.creality.com/es/goods-detail/ender-3-pro-3d-printer>> [consulta 10 de junio, 2021]

TODOENPOLIMEROS.COM. Biblioteca virtual. 7 de mayo, 2018 [en línea] <<https://todoenpolimeros.com/2018/05/07/fotopolimerizacion/>> [consulta 10 de mayo, 2021]

FORMLABS.COM. Sitio de impresoras 3D [en línea] <<https://formlabs.com/latam/3d-printers/form-3/>> [consulta 15 de mayo, 2021]

WIKIPEDIA.ORG. Enciclopedia y biblioteca virtual [en línea] <https://es.wikipedia.org/wiki/Impresi%C3%B3n_3D> [consulta 5 de mayo, 2021]

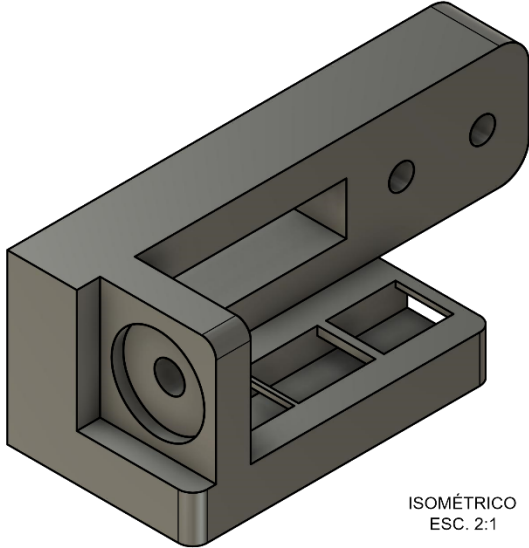
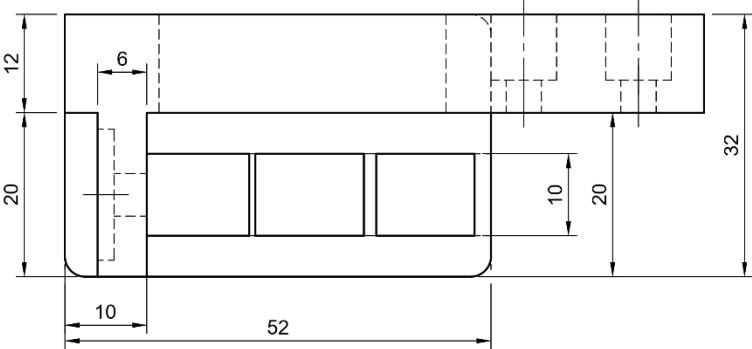
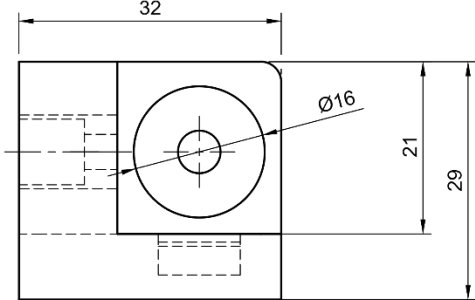
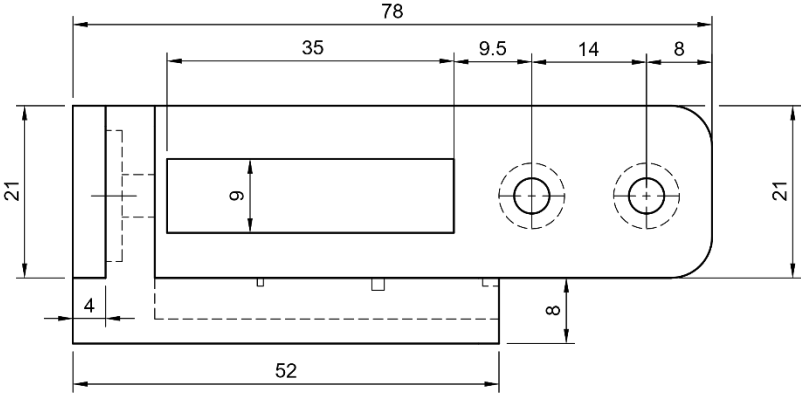
VISIONMINER.COM. Sitio de servicios 3D. 9 de marzo 2021 [en línea] <<https://visionminer.com/pages/peek-pei-paek-ultem-what-does-it-all-mean>> [consulta 7 de mayo, 2021]

3DNATIVES.COM. Sitio de guías para impresión 3D. Francia 1 de noviembre, 2013 [en línea] <<https://www.3dnatives.com/materiaux-impression-3d-abs-pla-polyamides-alumide/#>> [consulta 27 de mayo, 2021]

ASIDEK.ES. Portal de soluciones autodesk. 31 de octubre 2019 [en línea] <<https://www.asidek.es/autodesk-inventor-pone-la-colaboracion-en-el-centro-del-proceso-de-diseno/>> [consulta 20 de mayo, 2021]

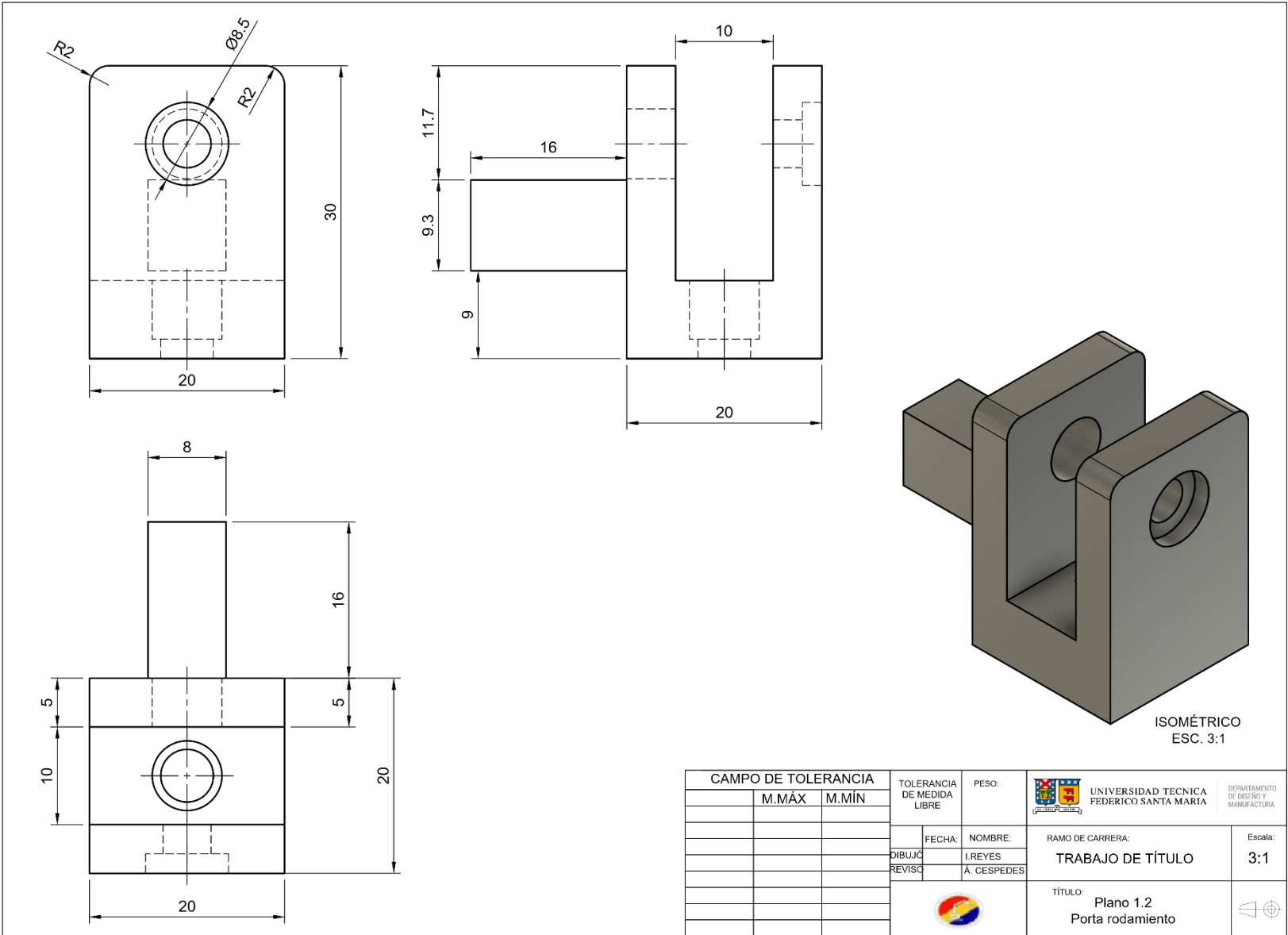
3DCADPORTAL.COM. Revista electrónica de investigación CAD CAM CAE. 9 de abril, 2020. Editor Sergio Álvarez [en línea] <<https://www.3dcadportal.com/autodesk-inventor-una-buena-alternativa-para-diseno.html>> [consulta 20 de mayo, 2021]

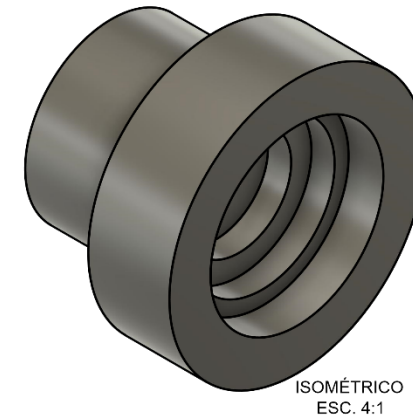
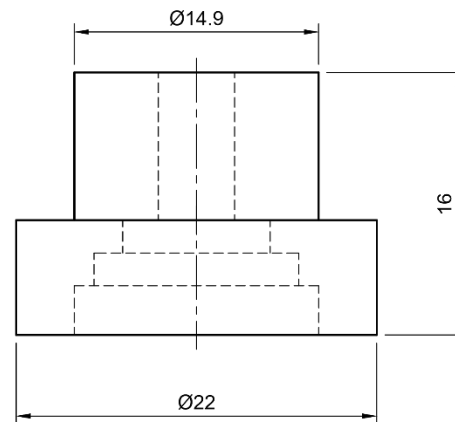
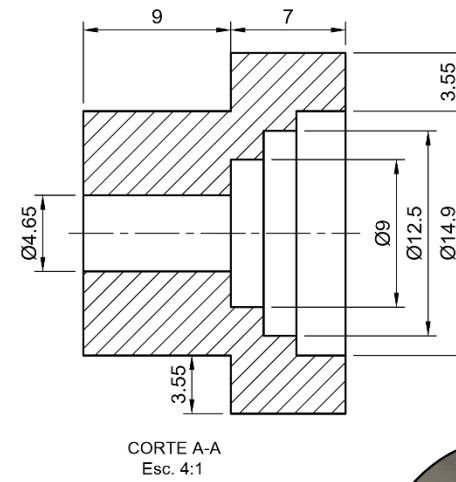
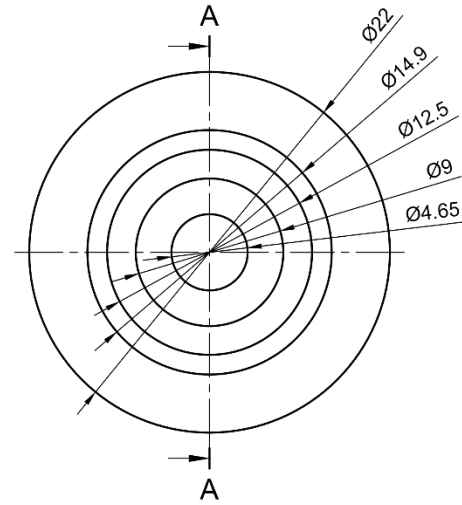
ANEXOS



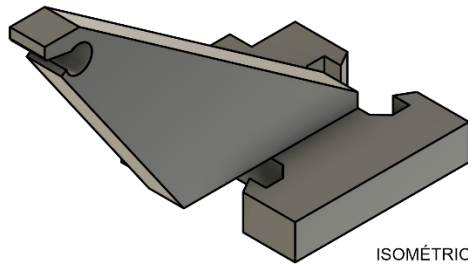
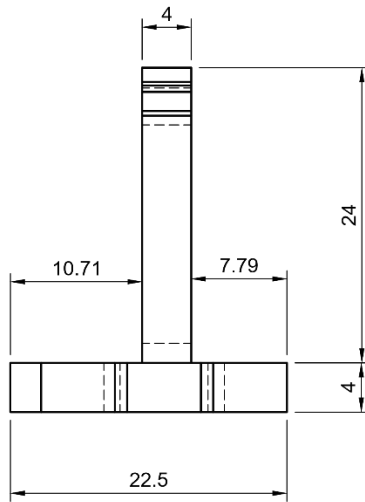
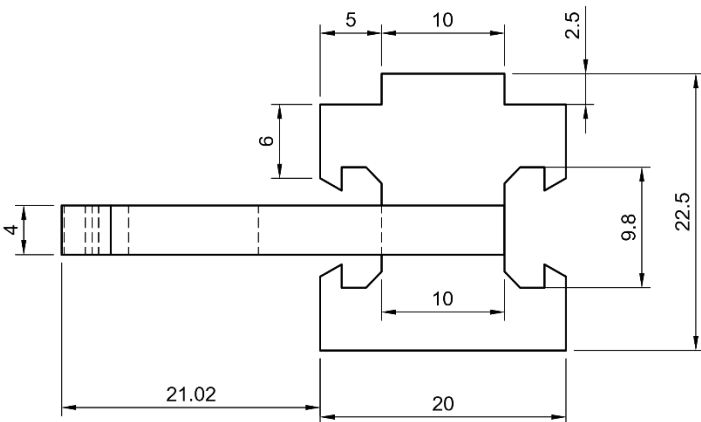
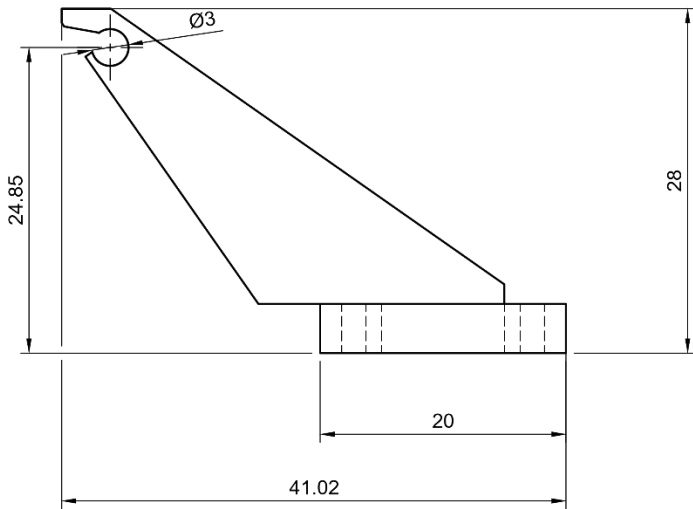
ISOMÉTRICO
ESC. 2:1

CAMPO DE TOLERANCIA			TOLERANCIA DE MEDIDA LIBRE	PESO:	 UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA	DEPARTAMENTO DE DISEÑO Y MANUFACTURA
	M.MÁX.	M.MÍN.				
			DIBUJO REVISOR	FECHA: I.REYES A. CESPEDES	RAMO DE CARRERA: TRABAJO DE TÍTULO	Escala: 2:1
					TÍTULO: Plano 1.1 Base tensor	



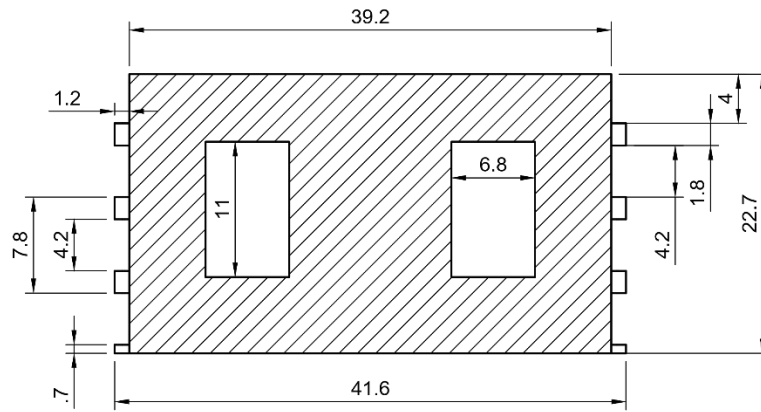
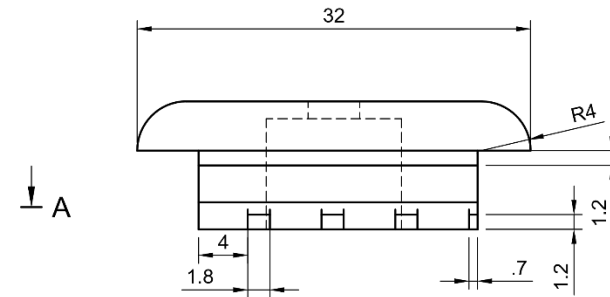
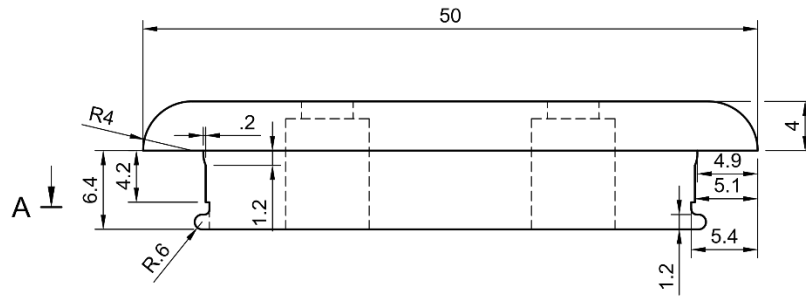


CAMPO DE TOLERANCIA			TOLERANCIA DE MEDIDA LIBRE	PESO:	 UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA	DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y MANUFACTURA
	M.MÁX	M.MÍN				
			FECHA:	NOMBRE:	RAMO DE CARRERA:	Escalera: 4:1
			DIBUJO	I. REYES	TRABAJO DE TÍTULO	
			REVISOR	A. CESPEDES		
					TÍTULO: Plano 1.4 Base Manilla	

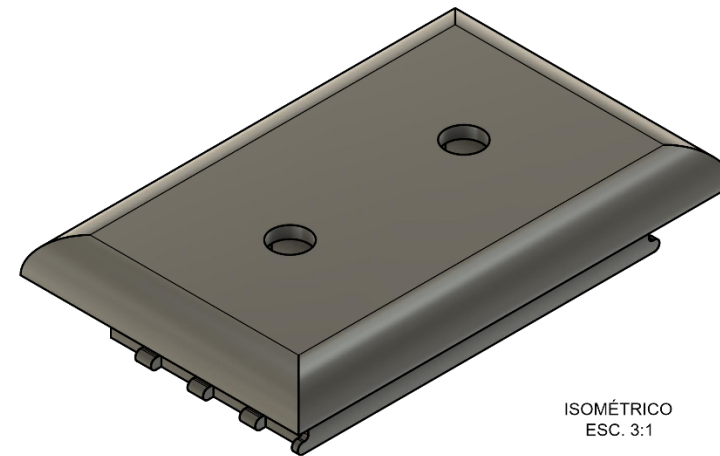


ISOMÉTRICO
ESC. 3:1

CAMPO DE TOLERANCIA			TOLERANCIA DE MEDIDA LIBRE	PESO:		UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA	DEPARTAMENTO DE DISEÑO Y MANUFACTURA
	M.MÁX	M.MIN					
			FECHA:	NOMBRE:	RAMO DE CARRERA:		Escala:
			DIBUJO:	I. REYES	TRABAJO DE TÍTULO		3:1
			REVISOR:	A. CESPEDES			
					TÍTULO: Plano 2.2		
					Guía de filamento		

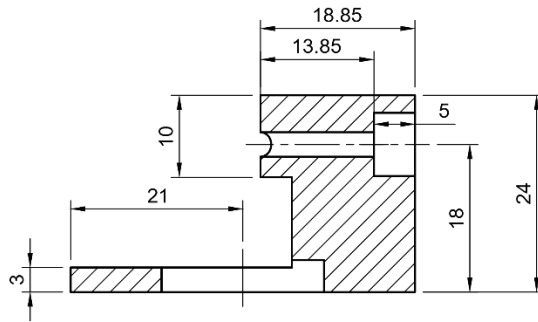
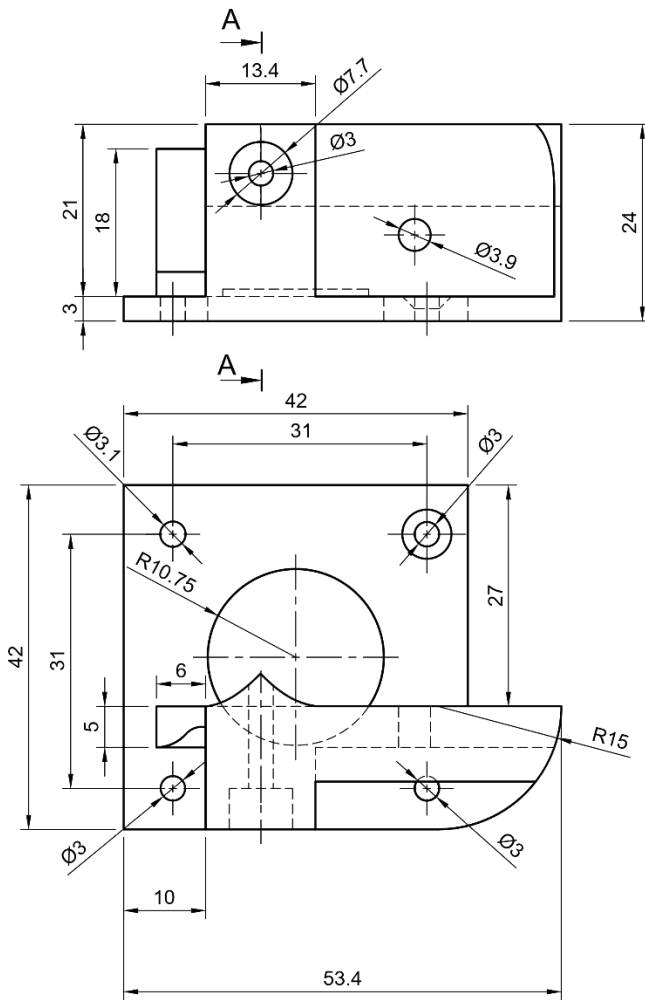


CORTE A-A
ESC. 3:1

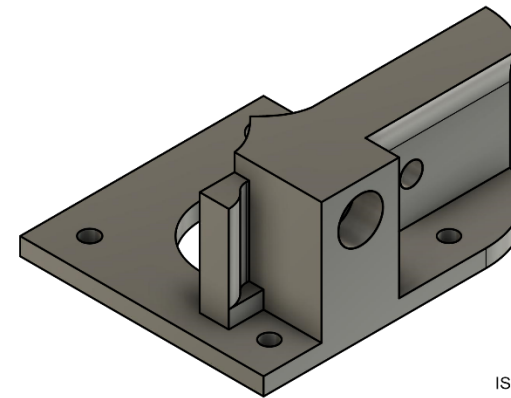


ISOMÉTRICO
ESC. 3:1

CAMPO DE TOLERANCIA			TOLERANCIA DE MEDIDA LIBRE	PESO: 12 g.	 UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA	DEPARTAMENTO DE DISEÑO Y MANUFACTURA
	M.MÁX	M.MÍN				
			FECHA:	NOMBRE:	RAMO DE CARRERA: TRABAJO DE TÍTULO	Escala: 3:1
			DIBUJO	I. REYES		
			REVISOR	A. CESPEDOS		
					TÍTULO: PLANO 2.3 TAPETA DE SOPORTE HUSILLO	

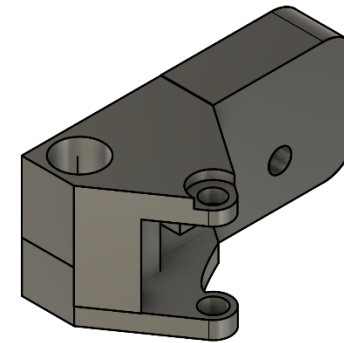
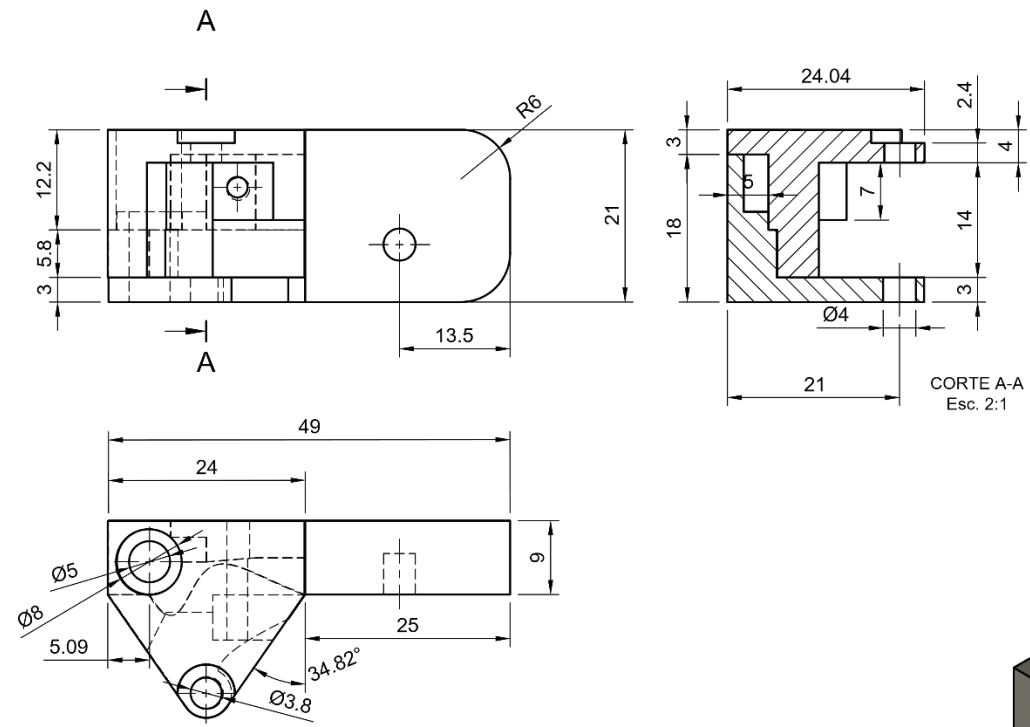


CORTE A-A
Esc. 2:1



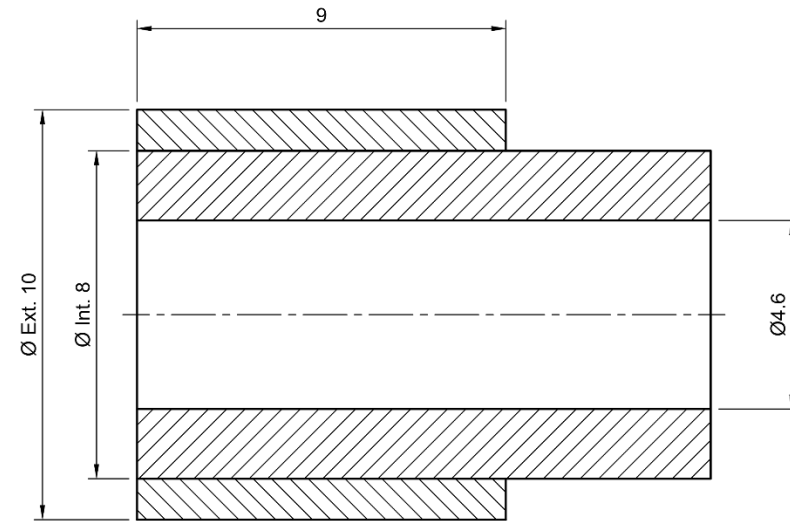
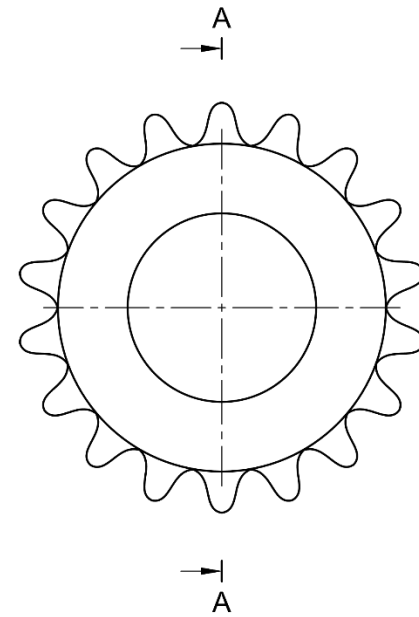
ISOMÉTRICO
ESC. 2:1

CAMPO DE TOLERANCIA			TOLERANCIA DE MEDIDA LIBRE	PESO:	 UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA	DEPARTAMENTO DE DISEÑO Y MANUFACTURA
	M.MAX	M.MIN				
			FECHA:	NOMBRE:	RAMO DE CARRERA:	Escala:
			DIBUJO	I. REYES	TRABAJO DE TÍTULO	
			REVISO	A. CESPEDES		
				TÍTULO:	Plano 3.1 Base receptor	

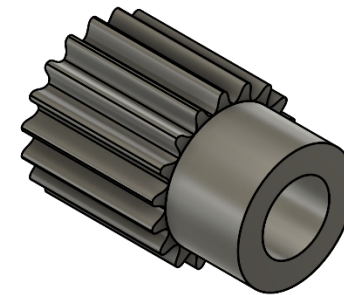


ISOMÉTRICO
ESC. 2:1

CAMPO DE TOLERANCIA			TOLERANCIA DE MEDIDA LIBRE	PESO:	 UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA DEPARTAMENTO DE DISEÑO Y MANUFACTURA	Escala:
	M.MAX	M.MIN				
			FECHA:	NOMBRE:	RAMO DE CARRERA:	2:1
			DIBUJO	I. REYES	TRABAJO DE TÍTULO	
			REVISO	A. CESPEDES		
				TÍTULO:	Plano 3.2 Palanca	

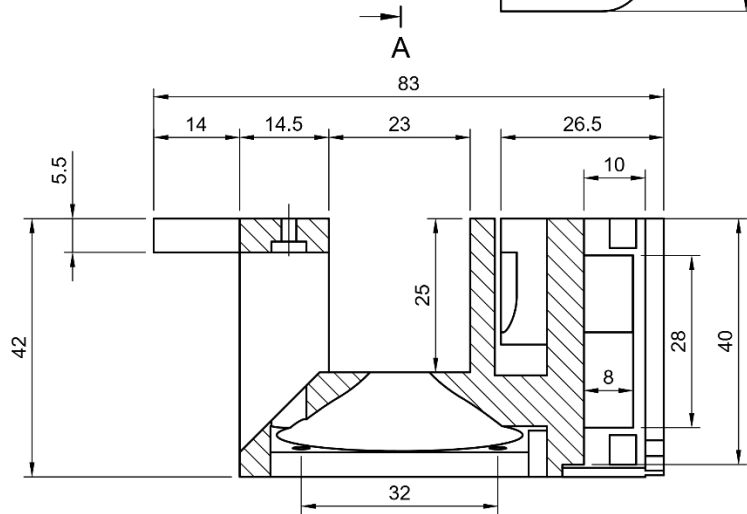
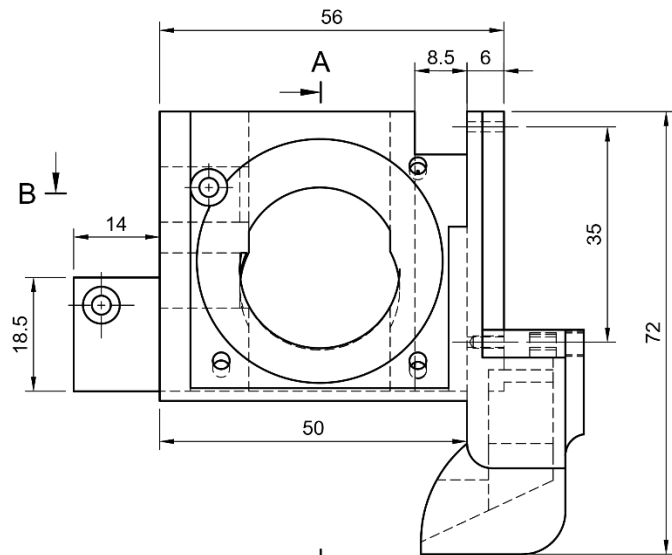


CORTE A-A
Esc. 10:1

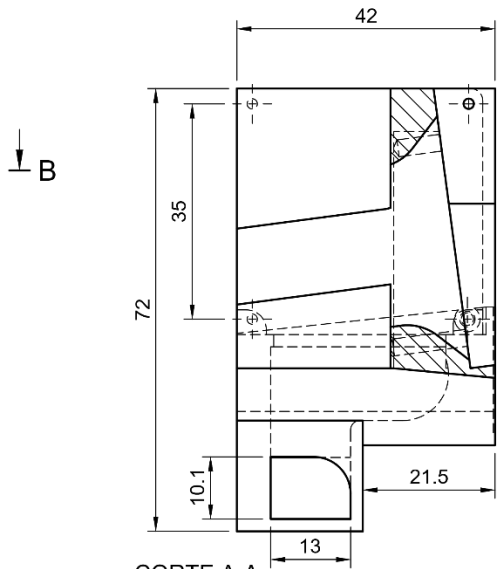


ISOMÉTRICO
ESC. 5:1

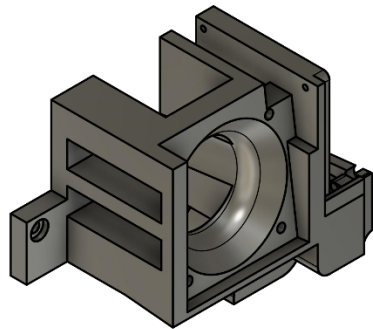
CAMPO DE TOLERANCIA			TOLERANCIA DE MEDIDA LIBRE	PESO:	 UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA DEPARTAMENTO DE DISEÑO Y MANUFACTURA	Escala:
	M.MAX	M.MIN				
			FECHA:	NOMBRE:	RAMO DE CARRERA:	TRABAJO DE TÍTULO
			DIBUJO	I. REYES		
			REVISOR	A. CESPEDES		
					TÍTULO:	Plano 3.3 Engrane
						



CORTE B-B
ESCALA 1.5:1



CORTE A-A
ESCALA 1.5:1



ISOMÉTRICO
ESC. 1:1

CAMPO DE TOLERANCIA			TOLERANCIA DE MEDIDA LIBRE	PESO:	 UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA DEPARTAMENTO DE DISEÑO Y MANUFACTURA	Escala:
	M. MÁX	M. MÍN				
			FECHA:	NOMBRE:	RAMO DE CARRERA:	2:1
			DIBUJO	I. REYES	TRABAJO DE TÍTULO	
			REVISO	A. CESPEDES		
						
			TÍTULO: PLANO 4.1 CAJA EXTRUSORA			