



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE MECATRÓNICA

**DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA MECÁNICA PARA UNA MÁQUINA
AUTOMÁTICA DE CORTE CON PLASMA PARA LA EMPRESA
COMORMI S.A**

Trabajo de titulación previo a la obtención
del título de Ingeniero en Mecatrónica

**AUTORES: MATEO NICOLÁS AVILÉS ECHEVERRÍA
LUIS IGNACIO CHAVEZ ARAUJO**

TUTOR: ING. CHRISTIAN MAURICIO COBOS MALDONADO, PH.D.

Cuenca – Ecuador

2023

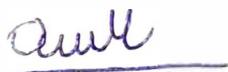
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Mateo Nicolás Avilés Echeverría con documento de identificación N° 0105929087 y Luis Ignacio Chavez Araujo con documento de identificación N° 0106345283; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 24 de julio del año 2023

Atentamente,



Mateo Nicolás Avilés Echeverría
0105929087



Luis Ignacio Chavez Araujo
0106345283

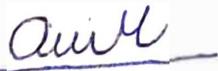
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Mateo Nicolás Avilés Echeverría con documento de identificación N° 0105929087 y Luis Ignacio Chavez Araujo con documento de identificación N° 0106345283, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: "DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA MECÁNICA PARA UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA DE CORTE CON PLASMA PARA LA EMPRESA COMORMI S.A. ", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 24 de julio del año 2023

Atentamente,



Mateo Nicolas Aviles Echeverria
0105929087



Luis Ignacio Chavez Araujo
0106345283

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Christian Mauricio Cobos Maldonado con documento de identificación N° 0104015938, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA MECÁNICA PARA UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA DE CORTE CON PLASMA PARA LA EMPRESA COMORMI S.A, realizado por Mateo Nicolás Avilés Echeverría con documento de identificación N° 0105929087 y Luis Ignacio Chavez Araujo con documento de identificación N° 0106345283, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 24 de julio del año 2023

Atentamente,



Ing. Christian Mauricio Cobos Maldonado, Ph.D.

Dedicatoria

Mateo Nicolás

Quiero dedicar este proyecto a mis padres y a mis hermanos, quienes siempre fueron mi guía y que me han ayudado a cumplir todo lo que me he propuesto, sin nunca dejarme solo.

Dedico también a Dios, quien siempre me ha ayudado con salud y sabiduría.

A mis amigos y familia, gracias por formar parte de este proceso y por brindarme su apoyo.

Luis Ignacio

Quiero dedicar este proyecto de titulación a mis padres Mery y Benito, que han sido un pilar fundamental, mi guía en todo este proceso que siempre alentaron este sueño y nunca dejaron de confiar en su hijo.

También se lo dedico a mi hermana Abigail que siempre ha estado en todo lo que he necesitado y con sus palabras me ha dado el aliento de seguir adelante en todo momento de igual forma a mi hermana Gissela y mi cuñado Paul que siempre me han alentado a seguir adelante y cumplir con esta meta.

A mis amigos y amigas, que me han acompañado en este proceso gracias por su compañía, consejo y apoyo, en especial a mi gran amigo Ronald que siempre ha estado para brindarme su ayuda.

Agradecimientos

Mateo Nicolás

Agradezco a Dios por haberme brindado salud y así haber podido llegar a esta meta tan esperada y valiosa.

Agradezco también a mis padres, por siempre apoyarme cuando más lo necesito, a mis hermanos por su ayuda a seguir adelante y nunca rendirme.

Agradezco a mi Tutor, Ing. Christian Cobos, quien nos brindó ayuda en todo este proceso y con paciencia logramos concluir con nuestro proyecto. También agradezco al Ing. Julio Loja que, también nos ayudó a concluir con el anteproyecto, y al Ing. Luis Lopez, que siempre estuvo dispuesto a resolver cualquier duda y proporcionándonos sugerencias.

Luis Ignacio

Agradezco a Dios por haberme brindado salud para poder realizar este proyecto de titulación. A mis padres que siempre estuvieron para mí que con su cariño y comprensión me dieron la fuerza para completar este proyecto.

Agradezco de igual forma a mi Tutor Ing. Christian Cobos, pues sin su guía no sería posible haber alcanzado un trabajo final de carrera de altísima calidad. Así también mi sincero reconocimiento al Ing. Julio Loja y al Ing. Luis López por su valiosa colaboración en la creación de nuestro anteproyecto.

Este documento fue realizado enteramente en L^AT_EX

Índice

Certificado de responsabilidad y autoría del trabajo de titulación	I
Certificado de cesión de derechos de autor del trabajo de titulación a la Universidad Politécnica Salesiana	II
Certificado de dirección del trabajo de titulación	III
Dedicatoria	IV
Agradecimientos	V
Resumen	XII
Abstract	XIII
1. Introducción	1
2. Problema	1
2.1. Antecedentes	1
2.2. Descripción del problema	2
2.3. Importancia y alcances	2
2.4. Delimitación	2
2.4.1. Espacial o geográfica	3
2.4.2. Temporal	3
2.4.3. Sectorial o institucional	3
2.5. Problema General	4
2.6. Problemas Específicos	4
3. Objetivos	4
3.1. Objetivo General	4
3.2. Objetivos Específicos	4
4. Hipótesis	5
4.1. Hipótesis General	5
4.2. Hipótesis Específicas	5

5. Marco Teórico	5
5.1. Diseño mecánico	5
5.1.1. Fases del diseño mecánico	6
5.2. Consideraciones de diseño	6
5.3. Mesa cartesiana	7
5.4. Equipo por plasma	7
5.5. Corte por plasma mecanizado	8
5.6. Tecnología de corte por plasma	8
5.7. Análisis dinámico y cinemático	9
5.7.1. Análisis dinámico	9
5.7.2. Análisis cinemático	9
5.8. MSC Adams (Análisis de movimientos y esfuerzos)	9
5.9. Maquinaria disponible en el mercado	10
6. Marco metodológico	12
6.1. Establecimiento de los parámetros iniciales para el diseño de una estructura mecánica	12
6.2. Plan de diseño	12
6.3. Selección de materiales	13
6.3.1. Sistemas de transmisión de potencia.	13
6.3.2. Sistemas de guías	14
6.3.3. Actuadores	16
6.3.4. Sistema de control	17
6.4. Diseño de la máquina	19
6.4.1. Diseño de la sujeción para la boquilla	19
6.4.2. Diseño del sistema de guiado vertical	28
6.4.3. Diseño del sistema de transmisión	33
6.4.4. Selección de motores	37
6.4.5. Análisis cinemático en MSC Adams	37
7. Resultados	42
8. Cronograma	44
9. Presupuesto	46
9.1. Talento humano	46

9.2. Recursos materiales 46

10. Conclusiones 47

11. Recomendaciones 47

Referencias 49

ANEXOS 50

Anexo A: Matriz de Consistencia Lógica 50

Lista de Tablas

- 1. Maquinaria disponible en el mercado 10
- 2. Elementos para transmisión de potencia. 14
- 3. Sistemas de guiados más comunes. 15
- 4. Actuadores. 17
- 5. Requerimientos mínimos 43
- 6. Análisis dinámico 44
- 7. Cronograma de actividades. 45
- 8. Recurso de talento humano 46
- 9. Recurso material 46
- 10. Matriz de consistencia 51

Lista de Figuras

1.	Delimitación.	3
2.	diseño mecanico.	6
3.	mesa cartesiana	7
4.	plasma	8
5.	Mesa cartesiana.	12
6.	Controlador MACH-3.	18
7.	Modelo de la mesa.	22
8.	Mesa cartesiana con sus fuerzas.	23
9.	Distribución de las fuerzas en la mesa.	24
10.	Diagrama de fuerza cortante.	25
11.	Diagrama de momento flector.	26
12.	Simulación estructural.	27
13.	Esfuerzo máximo en la estructura.	28
14.	Fuerzas que actúan sobre el eje Z.	29
15.	Desplazamiento en el sistema de guiado sin soportes transversales.	32
16.	Tensión en el sistema de guiado sin soportes transversales.	33
17.	Sistema de transmisión.	34
18.	Desplazamiento en el sistema de guiado con soportes transversales.	36
19.	Tensión en el sistema de guiado con soportes transversales.	36
20.	Diseño en Adams.	38
21.	Velocidad.	39
22.	Aceleración.	40
23.	Fuerza en el primer movimiento.	41
24.	Fuerza en el segundo movimiento.	42

Resumen

El presente trabajo aborda el diseño de una estructura mecánica para una máquina automática de corte con plasma, una tecnología ampliamente utilizada en la industria para cortar materiales metálicos con alta precisión y eficiencia. El objetivo principal es desarrollar una estructura que garantice la precisión y seguridad necesaria para el proceso de corte.

En la primera fase, se lleva a cabo la determinación de los parámetros iniciales para el diseño, la selección de materiales y las especificaciones técnicas requeridas. Posteriormente, se analizan diferentes conceptos de diseño y se selecciona el más adecuado, teniendo en cuenta aspectos como la resistencia mecánica, la rigidez y la facilidad de fabricación.

El proceso de diseño se basa en el uso de software de modelado y simulación, lo que permite realizar análisis de elementos finitos para evaluar la resistencia estructural y la distribución de esfuerzos en diferentes situaciones operativas. Además, se consideran criterios ergonómicos y de accesibilidad para facilitar el mantenimiento y la operación segura de la máquina.

Palabras clave: Plasma, Presición, Seguridad, Parámetros iniciales, Análisis, Resistencia estructural.

Abstract

This work addresses the design of a mechanical structure for an automatic plasma cutting machine, a technology widely used in the industry for cutting metallic materials with high precision and efficiency. The main objective is to develop a structure that ensures the necessary precision, and safety for the cutting process.

In the first phase, the determination of initial parameters for the design, material selection, and required technical specifications is carried out. Subsequently, different design concepts are analyzed, and the most suitable one is selected, taking into account aspects such as mechanical strength, rigidity, and ease of fabrication.

The design process relies on the use of modeling and simulation software, enabling finite element analysis to evaluate the structural strength and stress distribution in different operating situations. Moreover, ergonomic and accessibility criteria are considered to facilitate machine maintenance and safe operation.

Keywords: Plasma, Precision, Safety, Initial Parameters, Analysis, Structural Strength.

1. Introducción

El corte con plasma ha revolucionado la industria al proporcionar una solución eficiente y precisa para el procesamiento de materiales metálicos. La creciente demanda de alta calidad en los productos manufacturados ha impulsado el desarrollo de máquinas automáticas de corte con plasma, que se han convertido en herramientas indispensables en numerosos sectores industriales.

El objetivo fundamental de este trabajo es el diseño de una estructura mecánica para una máquina automática de corte con plasma, cuyo propósito es garantizar la precisión y seguridad necesaria para llevar a cabo un corte efectivo y eficiente en la industria.

En la primera fase, se procede a determinar los parámetros iniciales para el diseño, lo que implica una selección de materiales y las especificaciones técnicas requeridas para asegurar un funcionamiento óptimo de la máquina.

Posteriormente, se realiza un análisis de diversos conceptos de diseño, considerando aspectos fundamentales como la resistencia mecánica, la rigidez y la facilidad de fabricación. Se seleccionó el diseño más adecuado para alcanzar un rendimiento óptimo en la operación de corte con plasma.

El proceso de diseño se apoyará en el uso de software de modelado y simulación, permitiendo llevar a cabo análisis de elementos finitos para evaluar la resistencia estructural y distribución de esfuerzos en distintas situaciones operativas. Se tomó en cuenta la accesibilidad con el fin de facilitar el mantenimiento y garantizar la operación segura de la máquina en el entorno industrial.

El resultado fue una estructura mecánica robusta y confiable, capaz de ofrecer un corte con plasma de alta precisión y eficiencia.

2. Problema

2.1. Antecedentes

La empresa COMORMI S.A fue fundada en 1999, realiza trabajos en mecánica industrial como estructuras o construcciones. Comúnmente se trabaja con materiales de acero inoxidable y ASTM A36.

Se realizan cortes por plasma, desde 4mm hasta 12mm de espesor en acero inoxidable y hasta 25mm de espesor en ASTM A36. Por mes se realizan alrededor de 50 cortes y frecuentemente son de forma circular, cuadrada y triangular.

Actualmente los cortes se efectúan manualmente con una máquina hypertherm powermax 600, que realiza cortes de hasta 30mm de espesor en ASTM A36 y hasta 16mm de espesor en acero inoxidable (“Powermax 600 Machine”, 2022)

En el mercado actual existen máquinas automatizadas para corte por plasma, donde el tamaño de la mesa más pequeña va desde 1,2m x 1,2m hasta 2m x 3m. Sus precios pueden oscilar entre 4500USD y 12000USD, respectivamente (*Máquinas de Corte por Plasma* - KNUTH, 2022)

2.2. Descripción del problema

En la empresa COMORMI S.A los cortes de forma manual están en función de la destreza del operario, lo que puede generar dos inconvenientes como: mala calidad superficial y tiempos relativamente altos para el corte. Estos inconvenientes, a su vez, pueden generar pérdidas económicas, por retrasos en la producción o por devolución de los cortes al no tener la calidad deseada por el cliente.

Si bien es cierto, en el mercado existen máquinas de corte automatizadas, de acuerdo a una previa investigación, se pudo observar que no existe una máquina que se adapte al tamaño requerido que es de 60cm x 80cm para la producción local.

2.3. Importancia y alcances

Como alcance general se pretende diseñar y construir una máquina automática de corte por plasma que cumpla con las especificaciones de la empresa COMORMI S.A.

2.4. Delimitación

El problema de estudio se delimitará en las siguientes dimensiones:

2.4.1. Espacial o geográfica

Figura 1

Ubicación de la empresa COMORMI S.A.



Nota: Ubicación de la empresa COMORMI S.A, donde se realizará la adquisición de los datos.
Fuente de la imagen: Autores.

El lugar donde se realizará la adquisición de datos para diseñar una estructura mecánica para una máquina automática de corte por plasma en la empresa COMORMI S.A, está ubicada en la Av. González Suárez 4-126 y Octavio Díaz, Ciudad de Cuenca.

2.4.2. Temporal

El tiempo para la realización de este trabajo será de 4 meses, una vez se haya aprobado el ante proyecto del trabajo de titulación.

2.4.3. Sectorial o institucional

El trabajo en cuestión se desarrollará para el sector central de la Ciudad, y se realizará en y para la Empresa COMORMI S.A.

2.5. Problema General

- ¿Se podrá diseñar una estructura mecánica para una máquina automática de corte con plasma para la empresa COMORMI S.A.?

2.6. Problemas Específicos

- ¿Se podrá determinar los requerimientos mínimos para el diseño de una estructura mecánica para una máquina automática de corte con plasma para la empresa COMORMI S.A.?
- ¿Es posible proponer el diseño de una estructura mecánica para una máquina automática de corte con plasma para la empresa COMORMI S.A.?
- ¿Es posible proponer el análisis cinemático y dinámico para el diseño de una estructura mecánica una máquina automática de corte con plasma para la empresa COMORMI S.A.?
- ¿Es factible simular los esfuerzos para el diseño de una estructura mecánica una máquina automática de corte con plasma para la empresa COMORMI S.A.?

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

- Diseñar una estructura mecánica para una máquina automática de corte con plasma para la empresa COMORMI S.A.

3.2. Objetivos Específicos

- Determinar los requerimientos mínimos para el diseño de una estructura mecánica para una máquina automática de corte con plasma para la empresa COMORMI S.A.
- Proponer el diseño de una estructura mecánica para una máquina automática de corte con plasma para la empresa COMORMI S.A.
- Proponer el análisis cinemático y dinámico para el diseño de una estructura mecánica para una máquina automática de corte con plasma para la empresa COMORMI S.A.

- Simular los esfuerzos para el diseño de una estructura mecánica para una máquina automática de corte con plasma para la empresa COMORMI S.A.

4. Hipótesis

4.1. Hipótesis General

- Se diseñará la estructura mecánica para una máquina automática de corte con plasma para la empresa COMORMI S.A.

4.2. Hipótesis Específicas

- Se determinarán los requerimientos mínimos para el diseño de una estructura mecánica para una máquina automática de corte con plasma para la empresa COMORMI S.A.
- Se propondrá el diseño de una estructura mecánica para una máquina automática de corte con plasma para la empresa COMORMI S.A.
- Se propondrá el análisis cinemático y dinámico para el diseño de una estructura mecánica para una máquina automática de corte con plasma para la empresa COMORMI S.A.
- Se simularán los esfuerzos del diseño de una estructura mecánica para una máquina automática de corte con plasma para la empresa COMORMI S.A.

5. Marco Teórico

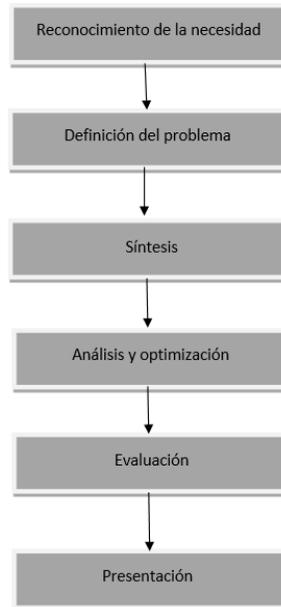
5.1. Diseño mecánico

El diseño mecánico va más allá de la aplicación de la ciencia y las matemáticas, requiriendo habilidades adicionales. Este proceso implica una secuencia de pasos iterativos, desde la generación y revisión de ideas hasta el diseño y la fabricación. Se puede contar con fuentes de información y herramientas de diseño, como el diseño asistido por ordenador (CAD), el análisis por elementos finitos (FEA), el uso de solucionadores matemáticos, la impresión 3D, entre otras (Escanaverino, 1997).

5.1.1. Fases del diseño mecánico

Figura 2

Fases del diseño mecánico .



Nota: En esta figura se evidencia las fases del proceso de diseño con sus múltiples retroalimentaciones. Según (Budynas, 2008).

5.2. Consideraciones de diseño

Durante la etapa de diseño, surgirán múltiples variables clave que influirán en el resultado final, denominadas como consideraciones de diseño. Es importante mantener estas consideraciones en un número manejable, ya que, en ocasiones, pueden entrar en conflicto, dificultando su cumplimiento si llegan a ser numerosas.

Entre estas consideraciones de diseño se incluyen aspectos como la seguridad, la facilidad de mantenimiento, el peso y el costo. Es crucial que estas consideraciones sean coherentes con las leyes, el clima y las normas sociales del lugar donde se utilizará la solución diseñada, ya que esto será clave para el éxito del proyecto (Deutschman, Michels, y Wilson, 1987).

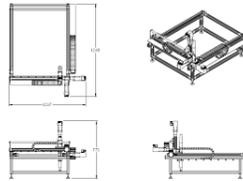
5.3. Mesa cartesiana

Es una herramienta manual adicional utilizada para perforar y fresar con alta precisión. Puede ser fijada a la mesa de un taladro de columna, soporte de taladro o una fresadora de cabezal.

Consiste en una plataforma con una mordaza para sujetar las piezas que se deseen trabajar, junto con dos partes móviles controladas por manivelas que permiten el desplazamiento en todas las direcciones y coordenadas de la pieza colocada en ella. Su funcionamiento es altamente preciso, ya que las manivelas están graduadas hasta décimas de milímetro. Esta herramienta se emplea en bricolaje y construcción, y se debe usar la protección adecuada para evitar daños (ARANGO y ZULUAGA, 2012).

Figura 3

MESA CARTESIANA .



Nota: Se puede observar una imagen general del diseño electrónico , de acuerdo (ARANGO y ZULUAGA, 2012).

5.4. Equipo por plasma

Los equipos de plasma tienen como función principal eliminar material utilizando un arco eléctrico estrangulado, lo que provoca la fusión de una zona específica de la pieza. Luego, el material fundido es retirado por un flujo de gas ionizado que viaja a alta velocidad a través de un pequeño orificio. Este gas ionizado se denomina plasma, de donde proviene el nombre de la técnica (Peña Jordán y Zúñiga Morales, 2016).

Figura 4

EQUIPO CORTE POR PLASMA .



Nota: equipo de corte por plasma , de acuerdo a (Peña Jordán y Zúñiga Morales, 2016).

5.5. Corte por plasma mecanizado

El corte por plasma es ampliamente reconocido por su simplicidad y su capacidad para cortar virtualmente cualquier tipo de metal. Estas ventajas, junto con su alta productividad, han convertido esta técnica en una herramienta universalmente aceptada que se utiliza en numerosas aplicaciones (Salazar Meneses y cols., 2020).

Aunque el corte por plasma ha sido utilizado comercialmente durante al menos medio siglo, es importante destacar que los avances más significativos en ingeniería, que han mejorado considerablemente su rendimiento, han ocurrido en los últimos 10 a 15 años. Además, esta tendencia de mejora continúa en la actualidad (Peña Jordán y Zúñiga Morales, 2016).

5.6. Tecnología de corte por plasma

Los sistemas de corte por plasma, están diseñados para el corte manual con antorcha y están disponibles en diversas salidas de potencia, que van desde 12 amperios con un espesor máximo de corte de 1/8 pulgada hasta 120 amperios. La mayoría de estos equipos utilizan tecnología inversora, lo que los hace portátiles y fáciles de trasladar (VILLASEÑOR SALVATIERRA, 2020).

5.7. Análisis dinámico y cinemático

5.7.1. Análisis dinámico

El análisis dinámico se enfoca en estudiar las relaciones temporales entre las variables de un sistema económico, considerando retardos en el ajuste de ciertas variables específicas (Norton, 2004).

En términos más simples, los análisis dinámicos examinan cómo los precios y las cantidades cambian desde una posición inicial hacia una nueva posición. Es decir, se evalúan las actividades actuales teniendo en cuenta sus proyecciones futuras (Beltran y Cerrolaza Rivas, 1989).

5.7.2. Análisis cinemático

El análisis cinemático se emplea para examinar el movimiento de un mecanismo controlado por motores cinemáticos. Pueden utilizarse distintos tipos de motores con ejes de movimiento y perfiles, lo que generará una aceleración finita en el proceso (HIBBELER, 2010).

La cinemática es una rama de la dinámica que se enfoca en el movimiento sin considerar masa ni fuerzas. Un análisis cinemático simula el movimiento del mecanismo y satisface los requisitos de los perfiles de los motores cinemáticos y cualquier tipo de conexión, como levas, ranuras o engranajes. Este análisis no considera fuerzas, por lo que no se pueden utilizar motores dinámicos sin necesidad de especificar las propiedades de masa para el mecanismo (Armas, 2009).

5.8. MSC Adams (Análisis de movimientos y esfuerzos)

MSC Adams es un software comercial que se utiliza para llevar a cabo análisis en mecanismos. Está compuesto por diversos módulos que permiten realizar simulaciones con animaciones, análisis de vibraciones y de esfuerzos.

Dentro de MSC Adams, se encuentra Adams/View, una herramienta que facilita la creación de modelos personalizados y automatiza procesos repetitivos, optimizando así el tiempo de simulación y proporcionando resultados más precisos. Esta herramienta permite construir y examinar los resultados de manera simultánea, evitando la necesidad de escribir manualmente cada parámetro o propiedad del sistema mecánico analizado.

El programa ofrece una interfaz gráfica amigable y accesible, con menús desplegable y herramientas de modelado CAD para facilitar la elaboración de modelos de forma sencilla.

Los modelos se diseñan de manera progresiva y gradual, siguiendo la construcción de los mecanismos físicos. Se pueden relacionar las partes del modelo mediante conectores o juntas mecánicas y luego implementar los movimientos necesarios para la simulación utilizando la herramienta Motion (Ryan, 1990).

Módulos: Adams/View. Realiza simulaciones de un mecanismo (Hroncová, Binda, Šarga, y Kičák, 2012).

5.9. Maquinaria disponible en el mercado

Tabla 1

Maquinaria disponible en el mercado

<p>Plasma-Jet AirPro 1530 H</p>	<p>Características técnicas: Ancho de corte: 1550 mm Longitud de corte: 3050 mm Altura de la mesa: 600 mm Capacidad de carga de la mesa: 345 kg/m² Alimentación rápida: 15000 mm/min Diseño: Hypertherm</p>	
---------------------------------	--	---

<p>Máquina MicroCut-P</p>	<p>Características técnicas: Longitud de mesa: 1.000, 2.000, 3.000 mm. Anchura de mesa: 1.000, 1.500, 2.000 mm. Velocidad máxima: 25.000 mm/min. Motorización: doble arrastre con correas y un solo motor. Espesor de corte: 1 mm a 60 mm Control de altura: basado en control de arco CNC: MSNC-500</p>	
<p>Serie Plasma-Jet TrueCut K</p>	<p>Características técnicas: Ancho de corte: 1550 mm Longitud de corte: 3000 mm Altura de la mesa: 700 mm Capacidad de carga de la mesa: 520 kg/m² Alimentación rápida: 18000 mm/min</p>	
<p>Serie Plasma-Jet Compact H 1530</p>	<p>Características técnicas: Ancho de corte: 1550 mm Longitud de corte: 3000 mm Altura de la mesa: 600 mm Capacidad de carga de la mesa: 410 kg/m² Alimentación rápida: 18000 mm/min</p>	

Nota: Se a realizado una tabla con algunas de las máquinas que actualmente ofrece el mercado, de acuerdo a (*Máquinas de Corte por Plasma - KNUTH, 2022*) y (*Interpresas, 2022*).

6. Marco metodológico

El siguiente apartado muestra los diferentes tipos de metodología aplicados en el desarrollo de este trabajo.

6.1. Establecimiento de los parámetros iniciales para el diseño de una estructura mecánica

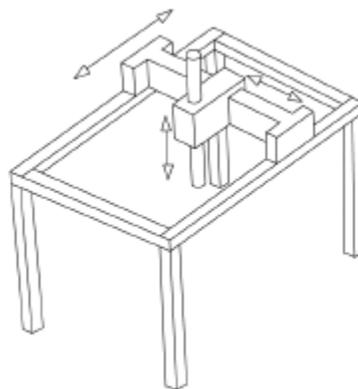
Hay una amplia variedad de equipos de plasma disponibles y la elección de uno en particular depende de las necesidades y habilidades del usuario. Al seleccionar una máquina de plasma, se deben tener en cuenta varios factores, como el rango de espesores de corte, la fuente de alimentación, el grosor máximo a cortar, los materiales a cortar y la eficiencia de uso.

6.2. Plan de diseño

Para seleccionar una máquina de corte plasma, se tuvo en cuenta varios factores, como el rango de espesores de corte requerido, la fuente de alimentación, el espesor máximo que se desea cortar, los materiales que se pretenden cortar y el factor de utilización. Estos aspectos fueron considerados para garantizar una selección adecuada y óptima del equipo plasma que se ajuste a los requisitos específicos del cliente (Kevin Daniel Mirallas Secaira y Portes Rojas Pedro Jonathan, 2015)

Figura 5

Mesa cartesiana.



Nota: Boceto referencial.

En la figura 5 se presenta un esquema de referencia que fue utilizado como una guía durante el proceso de diseño de la máquina CNC.

6.3. Selección de materiales

6.3.1. Sistemas de transmisión de potencia.

En el ámbito de las máquinas herramientas, los sistemas más frecuentemente empleados son el tornillo de potencia, el husillo de bolas y la piñón-cremallera (Kevin Daniel Mirallas Secaira y Portes Rojas Pedro Jonathan, 2015).

A continuación, se realiza una comparación entre estos sistemas.

Tabla 2*Elementos para transmisión de potencia.*

Sistemas de transmisión de potencia			
Criterio	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Elementos de transmisión de potencia.			
	Tornillo de potencia	Husillo de bolas	Piñón cremallera
CNC	No aplica	Aplica	Aplica si excede los 5000 mm de longitud
Eficiencia	50%	90%	90%
Construcción	Fácil	Difícil	Fácil
Precisión de movimiento	Buena	Elevada	Muy elevada
Velocidad de desplazamiento	Menor	Mayor	5 veces mayor al Husillo
Fricción	Media	Baja	Media
Costo	Bajo	Medio	Alto

Nota: En la tabla 2 elementos para transmisión de potencia según Kevin Daniel Mirallas Secaira y Portes Rojas Pedro Jonathan (2015)

De acuerdo a las dimensiones de la máquina a construir y a la precisión deseada, en el diseño se consideró la selección de husillos de bolas.

6.3.2. Sistemas de guías

En las máquinas herramientas, se utilizan sistemas de guías para resistir las fuerzas que resultan del peso de las diversas partes que conforman el sistema de transmisión de potencia en cada dirección. Los sistemas más frecuentes incluyen ejes guías, sistemas de guiado

especializados y sistemas de rodamientos (Kevin Daniel Mirallas Secaira y Portes Rojas Pedro Jonathan, 2015).

En la siguiente tabla se compara los sistemas de guiado en máquinas herramientas

Tabla 3

Sistemas de guiados más comunes.

Sistema de guías				
Criterio	Opción 1		Opción 2	Opción 3
	Ejes guías			
Elementos de guiado.				
	Con bocines	Con rodamientos lineales	Guía lineal	Sistema de rodamientos
Precisión de desplazamiento	Baja	Alta	Alta	Buena
Fricción	Media	Baja	Mínima	Baja
Calibración y montaje	Fácil	Fácil	Media	Fácil
Lubricación	Alta	Media	Baja	Baja
Costos	Bajo	Económico	Alto	Económico

Nota: En la tabla 3 observamos el sistemas de guiados más comunes segun Kevin Daniel Mirallas Secaira y Portes Rojas Pedro Jonathan (2015).

Cada componente de la máquina que estamos diseñando tendrá sus propios elementos de guiado, considerando la precisión del desplazamiento en relación con la carrera, para así seleccionar el mejor componente de guiado para cada caso.

Los sistemas de guiado para cada componente son los siguientes:

- Para el componente de guiado lineal Vertical X, se utilizarán ejes guías y rodamientos lineales.

- Para el componente de guiado lineal longitudinal Y, se empleará un perfil estructural junto con rodamientos radiales rígidos de bolas.
- Y para el componente de guiado lineal vertical Z, se utilizarán ejes guías y bujes.

6.3.3. Actuadores

Los actuadores tienen como objetivo proporcionar fuerza para accionar o mover sistemas mecánicos. Hay tres fuentes posibles para su funcionamiento: presión neumática (actuador neumático), presión hidráulica (actuador hidráulico) y fuerza motriz (actuador eléctrico). De estos, los actuadores eléctricos son los más comúnmente utilizados en sistemas mecatrónicos, especialmente en máquinas CNC, donde una unidad de control envía órdenes a cada actuador (Kevin Daniel Mirallas Secaira y Portes Rojas Pedro Jonathan, 2015).

En el proyecto, los actuadores se clasificaron en dos tipos de movimientos: lineal y rotacional. Se decidió utilizar actuadores rotatorios eléctricos, que incluyen servomotores y motores paso a paso.

El actuador seleccionado deberá cumplir con los siguientes torques:

Torque en el eje y : $22,58 \text{ N}\cdot\text{mm} = 3,197\text{oz}\cdot\text{in}$.

Torque en el eje x : $11,28 \text{ N}\cdot\text{mm} = 1,597\text{oz}\cdot\text{in}$.

Tabla 4

Actuadores eléctricos rotatorios.

Actuadores			
Criterio	Opción 1		Opción 2
	Servomotores		Motores paso a paso
Actuadores electricos			
			
	Con encoder incremental	Con encoder absoluto	Unipolar
Precio	Alto		10 -20% del costo de un servomotor
Torque	Constante, hasta velocidad nominal		Inversamente proporcional a la velocidad
Retroalimentación	Bucle cerrado		Bucle abierto
Mantenimiento	Periódicamente cambio de escobillas		Baja necesidad
Resolución	Desde 500 hasta 2000 pasos/rev. Con posibilidad de cuadruplicar (con codificador)		Estándar de 200 pasos/rev. Con posibilidad de hasta 25000 (con Driver)

Nota: En la tabla 4 observamos las opciones disponibles en actuadores eléctricos rotatorios según Kevin Daniel Mirallas Secaira y Portes Rojas Pedro Jonathan (2015).

6.3.4. Sistema de control

Para el sistema de control proponemos utilizar el control MACH-3 que trabaja con código G, está diseñada para recibir las señales de control generadas por el software MACH-3 y traducirlas en señales eléctricas que controlan los motores y otros dispositivos de la máquina CNC. Esto permite controlar con precisión los movimientos de los ejes y otras funciones

necesarias para el corte (Kevin Daniel Mirallas Secaira y Portes Rojas Pedro Jonathan, 2015)

A continuación, se enumeran algunas de las características clave del software MACH-3 :

- **Interfaz gráfica:** MACH-3 cuenta con una interfaz gráfica de usuario intuitiva que permite al operador interactuar con la máquina CNC de manera visual y sencilla.
- **Control de ejes:** Permite el control simultáneo de hasta 6 ejes de movimiento, lo que incluye los movimientos lineales y rotativos de la máquina CNC.
- **Interpolación:** MACH-3 es capaz de realizar interpolación lineal y circular, lo que permite el movimiento suave y preciso de los ejes.
- **Herramientas de diagnóstico y monitoreo:** Mach3 proporciona herramientas de diagnóstico en tiempo real para verificar y monitorear los estados de los interruptores, sensores y otros componentes de la máquina CNC.
- **Personalización y scripting:** MACH-3 se puede personalizar y ampliar utilizando scripts y complementos, lo que permite adaptar el software a las necesidades específicas de la aplicación.
- **Compatibilidad con diferentes sistemas operativos:** MACH-3 es compatible con sistemas operativos como Windows XP, Windows 7, Windows 8 y Windows 10.

Figura 6

Controlador MACH-3.



Nota: Kit comercial del controlador Mach 3.

6.4. Diseño de la máquina

Al seleccionar el modelo adecuado para la mesa de una máquina CNC de corte por plasma, es importante considerar lo siguiente:

Resistencia y capacidad de carga: La mesa soportará los elementos en movimiento y el peso de la plancha a cortar.

Velocidad de movimiento: Será capaz de soportar las velocidades requeridas durante el movimiento del mecanismo.

Resistencia al calor: La máquina soportará el calor generado durante el corte por plasma sin sufrir daños.

Facilidad de mantenimiento: La máquina será de fácil mantenimiento y reparación.

6.4.1. Diseño de la sujeción para la boquilla

Para calcular la fuerza cortante del perno, primero se halla el peso:

$$P = (m_{antorcha} * g) \quad (1)$$

$$P = (2,3Kg * 9,81m/s^2)$$

$$P = 22,56N$$

$$F_{c/perno} = (P/4) \quad (2)$$

$$F_{c/perno} = (22,56N/4)$$

$$F_{c/perno} = 5,64N$$

Análisis del cortante puro:

$$\tau = \frac{F_{c/perno}}{\left(\frac{\pi * d^2}{4}\right)} \quad (3)$$

$$\eta = \frac{S_{sy}}{\tau} \quad (4)$$

$$S_{sy} = \frac{S_y}{2} \quad (5)$$

Se seleccionaron pernos de grado 4.8, ya que son fáciles de adquirir.

Se calcula el límite de resistencia seguro con el límite elástico del perno, según la norma ISO 898:

$$S_y = 340MPa \quad (6)$$

Resolvemos la ecuación (5):

$$S_{sy} = \frac{340MPa}{2}$$
$$S_{sy} = 170MPa$$

El factor de seguridad a usar será de 2, ya que es recomendado para juntas sometidas a cortante puro.

Despejamos tau de la ecuación (4) y resolvemos para encontrar la resistencia nominal:

$$\eta = \frac{S_{sy}}{\tau}$$
$$\tau = \frac{170MPa}{2} \quad (7)$$
$$\tau = 85MPa$$

El diámetro del perno será de:

$$d = \sqrt{\frac{4 * F_{c/perno}}{\pi * \tau}} \quad (8)$$
$$d = \sqrt{\frac{4 * 5,64N}{\pi * (85 * 10^6 N/m^2)}}$$
$$d = 2,91^{-4}m = 0,29mm$$

Según el factor de disponibilidad en el mercado y el diseño de forma, se selecciono pernos M6 x 35. A pesar de que el diámetro de diseño es menor que el seleccionado, se considera que la junta empernada será capaz de soportar la carga requerida.

Aplastamiento del perno:

$$\sigma_{AP} = \frac{F_{c/perno}}{d * e_{menor}} \quad (9)$$

Utilizamos 6[mm] debido a la dimensión mínima del diámetro que se puede seleccionar y utilizamos también ya que los pernos son M6.

$$\sigma_{AP} = \frac{5,64N}{6mm * 6mm}$$
$$\sigma_{AP} = 0,1566N/mm^2$$

Ya que la placa de aluminio corresponde al material más débil, sacamos el promedio entre los

valores de los límites elásticos del aluminio [275-310[MPa]]:

$$1[MPa] = 1N/mm^2$$

$$PSy_{Aluminio} = \frac{275N/mm^2 + 310N/mm^2}{2}$$

$$PSy_{Aluminio} = 292,5N/mm^2$$

Si el factor de seguridad es mayor que 2 no se deforma la placa.

$$\eta_{AP} = \frac{S_y}{\sigma_{AP}} \quad (10)$$

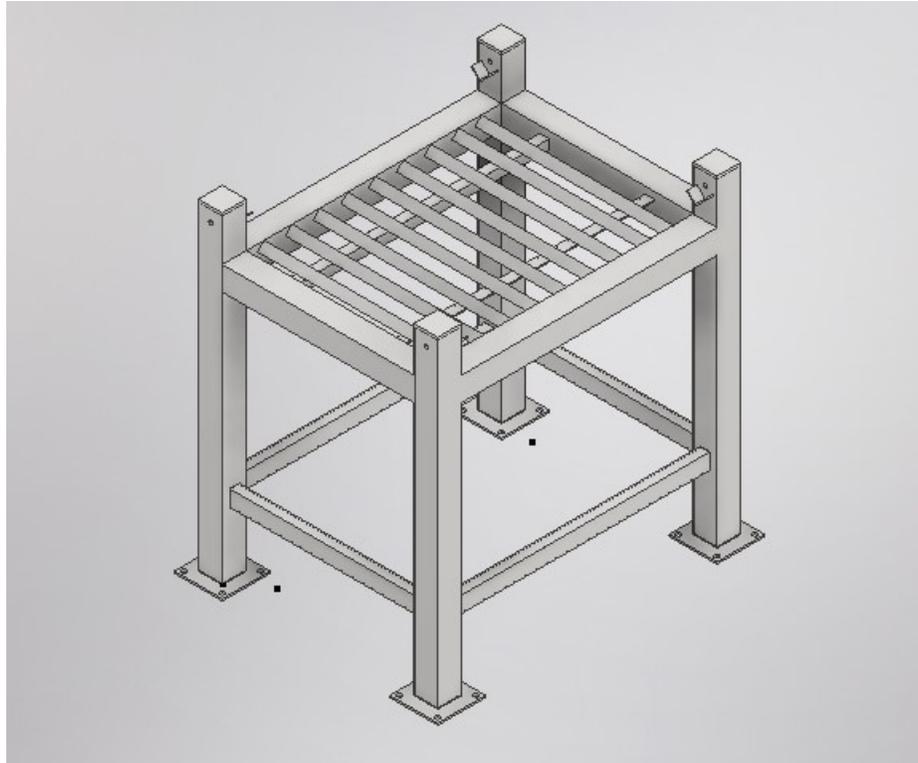
$$\eta_{AP} = \frac{292,5N/mm^2}{0,1566N/mm^2}$$

$$\eta_{AP} = 1866,87$$

No se deforma la placa.

Figura 7

Modelo de la mesa.



Nota: Diseño de la mesa.

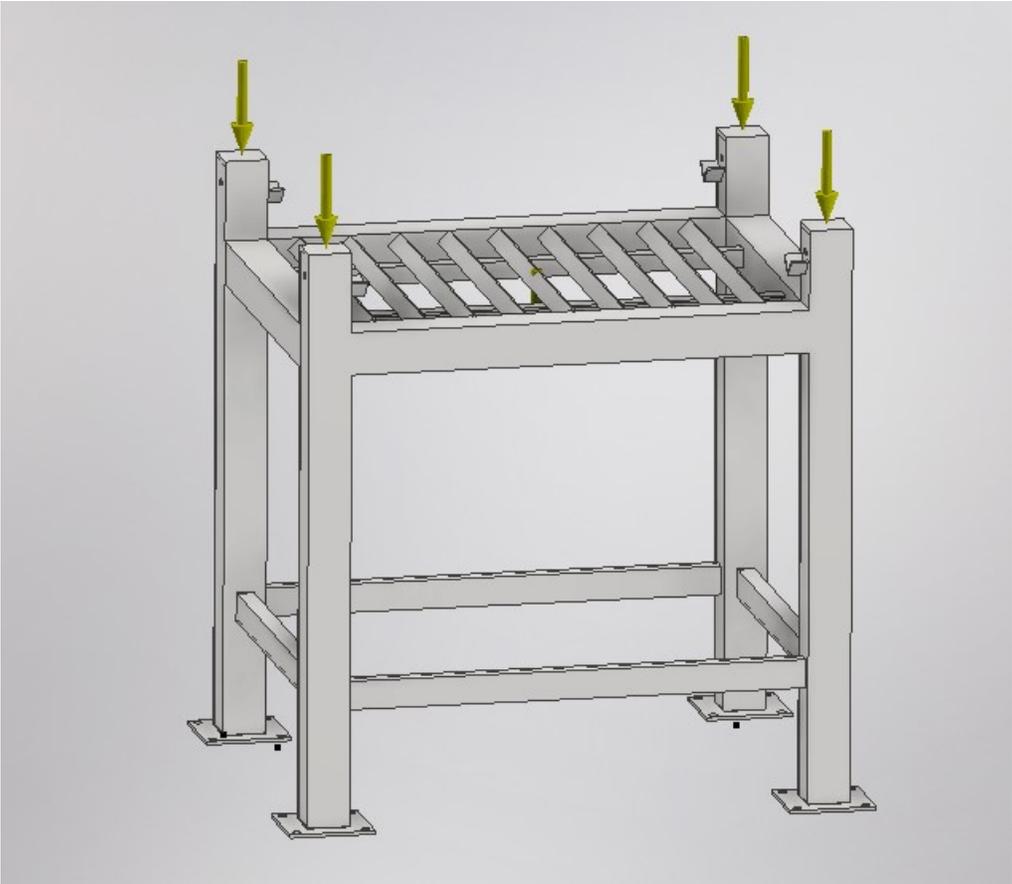
Análisis

Para realizar el análisis de la mesa es necesario saber el peso promedio que tendrá la placa y los demás componentes mecánicos que se necesitan para realizar el corte.

Peso aprox: 2033,02N (207.24Kg) del material y 780,36N (79.54Kg) del sistema de transmisión.

Figura 8

Mesa cartesiana con sus fuerzas.

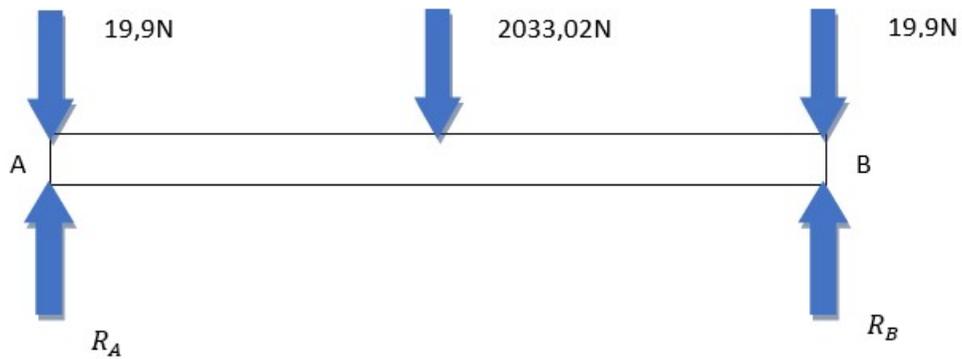


Nota: Fuerzas en la mesa.

Analizando:

Figura 9

Distribución de las fuerzas en la mesa.



Nota: DCL.

$$\sum M_a = 0 \quad (11)$$

$$2033,02 * (0,4) + 19,9 * (0,8) + R_b * (0,8) = 0$$

$$R_b = 1036,41N$$

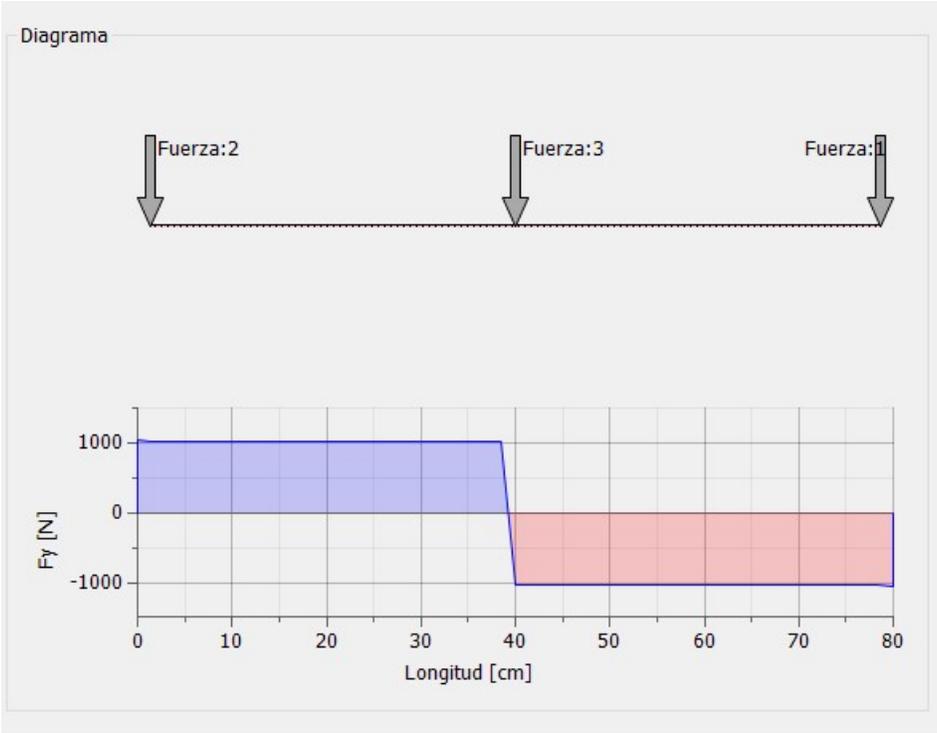
$$\sum F_y = 0 \quad (12)$$

$$R_a - 19,9 - 19,9 - 2033,02 + R_b = 0$$

$$R_a = 1036,41N$$

Figura 10

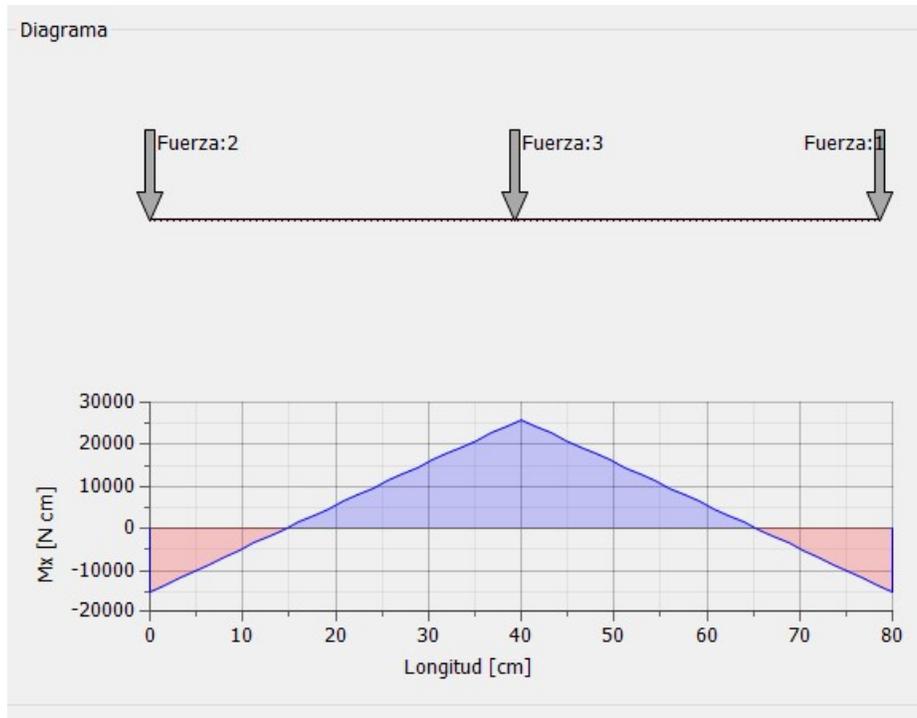
Diagrama de fuerza cortante.



Nota: Se presenta el diagrama de las fuerzas cortantes que actúan sobre la mesa de corte.

Figura 11

Diagrama de momento flector.

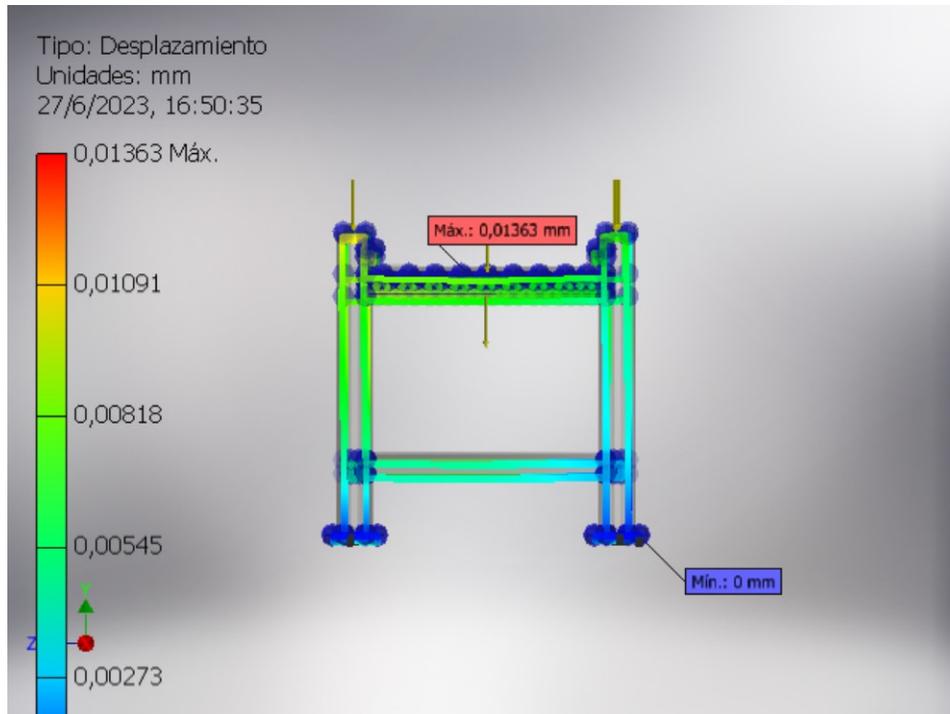


Nota: Se presenta el diagrama de momento flector que actúan sobre la mesa de corte.

Durante el análisis estructural realizado en la mesa de trabajo, se utilizó un modelo de distribución de carga conservador. La carga presente en el modelo proviene de una plancha de acero ASTM A36 con dimensiones máximas de 80cm x 60cm x 2,5cm. En la simulación estructural, se asume que la plancha no tiene rigidez y experimenta deformaciones.

Figura 12

Simulación estructural.

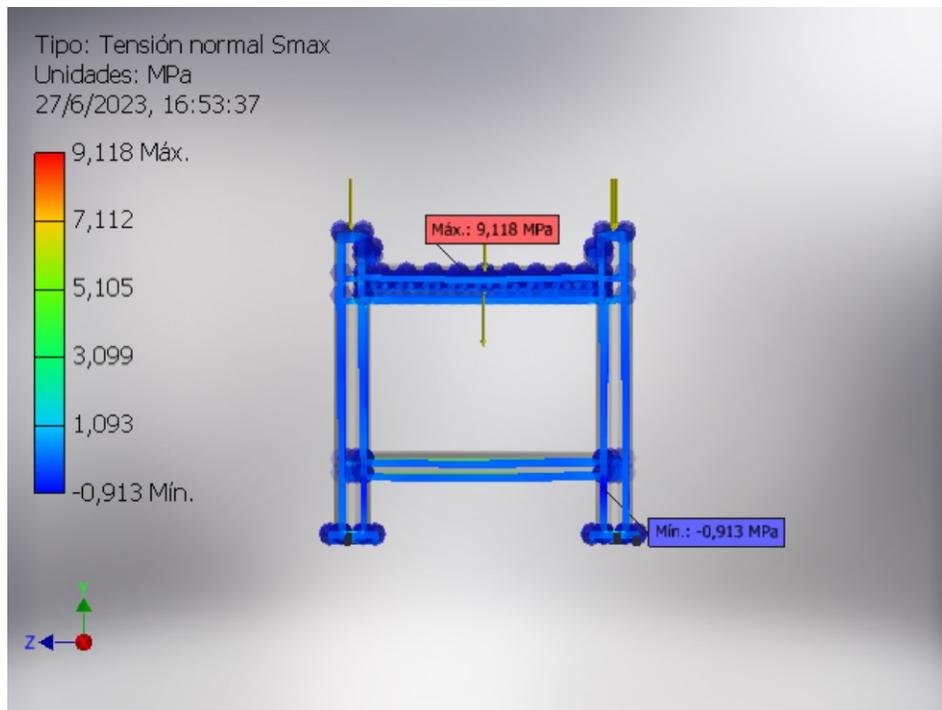


Nota: Se presenta el análisis de desplazamiento en la estructura.

De acuerdo con los resultados del análisis estructural, se determinó que las columnas de la mesa no experimentan pandeo. Aunque según el modelo, se estima una deformación máxima de 0,01363mm en el centro de la rejilla, esta deformación no es relevante debido a que la rigidez de la plancha no permitiría que ocurra tal magnitud de deformación.

Figura 13

Esfuerzo máximo en la estructura.



Nota: Se presenta el esfuerzo máximo que ocurre en la estructura.

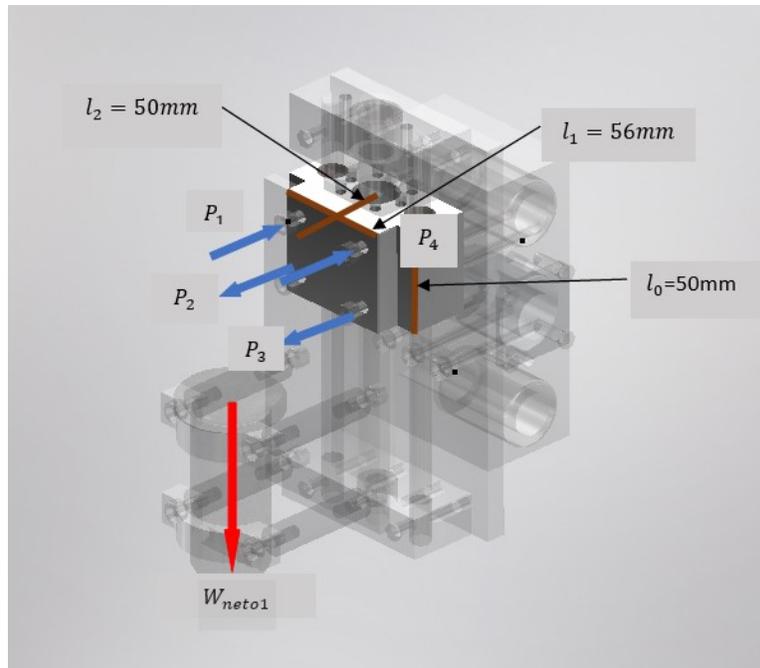
En el proceso de simulación, se obtuvo un valor máximo de esfuerzo de 9,118MPa, lo que corresponde solamente al 3,6% de la resistencia del material empleado en los perfiles estructurales del marco y la rejilla, el cual es de 250 MPa.

6.4.2. Diseño del sistema de guiado vertical

En el sistema de guiado, se utilizarán ejes guías macizos para los ejes Z e X y un sistema de rodamientos para el eje Y. La distribución de las fuerzas sobre las guías se determinará siguiendo la metodología descrita en el catálogo THK Guías de movimiento lineal - Selectos. Este catálogo proporciona información técnica para calcular cómo se distribuyen las fuerzas sobre las guías y cómo se seleccionan las guías adecuadas para el sistema de guiado.

Figura 14

Fuerzas que actúan sobre el eje Z.



Nota: Se presenta el esquema de fuerzas que actúan en el sistema de guías del eje Z.

Fórmulas para el cálculo de cargas:

$$P_1 \sim P_4 = \frac{W}{2} * \frac{l_2}{l_0} \quad (13)$$

$$P_{1T} \sim P_{4T} = \frac{W}{2} * \frac{l_3}{l_0} \quad (14)$$

Datos

Longitud: 175mm

$$l_0 = 50mm$$

$$l_1 = 56mm$$

$$l_2 = 50mm$$

Cargas a soportar por los ejes guías:

$$m_{antorcha} = 2,3kg$$

$$\begin{aligned}
W_{antorcha} &= 22,56N \\
m_{sujetadores} &= 0,044Kg \\
W_{sujetadores} &= 0,43N \\
m_{espaciadores} &= 0,008Kg \\
W_{espaciadores} &= 0,07848N \\
m_{placa1} &= 0,116Kg \\
W_{placa1} &= 1,13N \\
m_{bloque+tuerca} &= 0,333kg \\
W_{bloque+tuerca} &= 3,26N \\
m_{seguridad} &= 0,1Kg \\
W_{seguridad} &= 0,981N \\
W_{neto1} &= \sum W_i \\
W_{neto1} &= 28,44N
\end{aligned} \tag{15}$$

En el sistema de guiado, se utilizarán bujes debido a que los desplazamientos en el sistema en el eje Z son cortos y no ocurren con frecuencia repetitiva.

El diámetro interior de los bujes se determinó por los ejes guías del sistema que necesitan deslizarse. El diámetro exterior de los bujes se definió por el diseño de forma por los requisitos de la aplicación en la que se utilizarán.

Solución

Las cargas que soportarán cada eje de acuerdo al catálogo THK son:

$$W_{C/eje} = 14,22N$$

$$P_1 = P_4 = 14,22N$$

$$P_2 = P_3 = 14,22N$$

Diámetro de los ejes guías sometidos a flexión:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{MC}{I} \tag{16}$$

$$M = M_{m\acute{a}x} \quad (17)$$

Del diagrama de momento flector:

$$M_{m\acute{a}x} = 399N * mm$$

$$C = r \quad (18)$$

$$I = \frac{\pi * r^4}{4} \quad (19)$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{4M}{\pi * r^3} \quad (20)$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{4M}{\pi * \sigma_{m\acute{a}x}}}$$

El material que vamos a usar para las guías es AISI 1045 con:

$$S_y = 310MPa$$

$$FS = 4$$

$$FS = \frac{S_y}{\sigma_{m\acute{a}x}} \quad (21)$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{S_y}{FS}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{310MPa}{4}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 77,5MPa$$

Por lo tanto:

$$r = \sqrt[3]{\frac{4 * 399N * mm}{\pi * 77,5N/mm^2}}$$

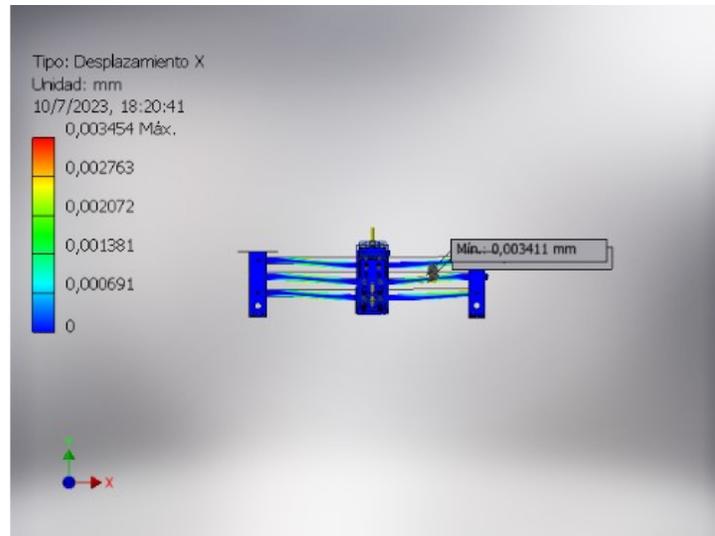
$$r = 1,87mm$$

$$d = 3,74mm$$

En el sistema de guiado se seleccionó ejes guías con un diámetro interior de 10mm, un diámetro exterior de 14mm y una longitud de 50 mm.

Figura 15

Desplazamiento en el sistema de guiado sin soportes transversales.

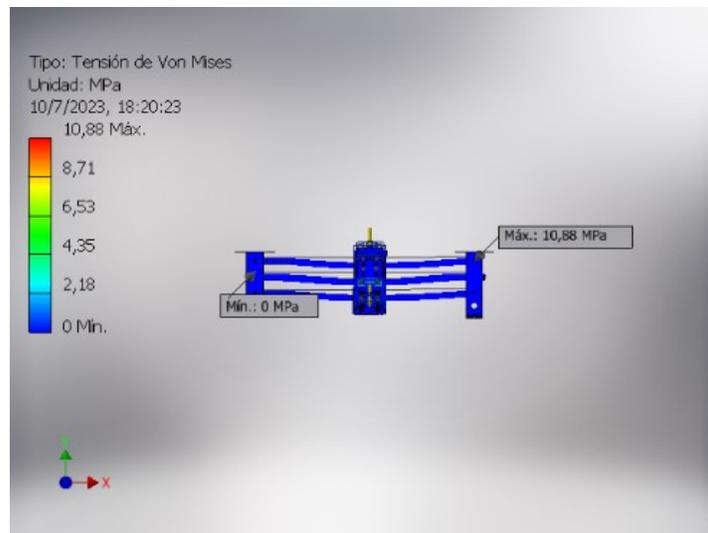


Nota: En la figura se presenta el desplazamiento que presenta el sistema de guiado vertical en sus soportes laterales.

En el resultado del desplazamiento que existe en el sistema de guiado, tuvo un máximo de 0,003454mm, lo que en realidad es un pandeo que no afectara en el funcionamiento de la máquina.

Figura 16

Tensión en el sistema de guiado sin soportes transversales.



Nota: En la figura se presenta la tensión que presenta el sistema de guiado vertical en sus soportes paralelos.

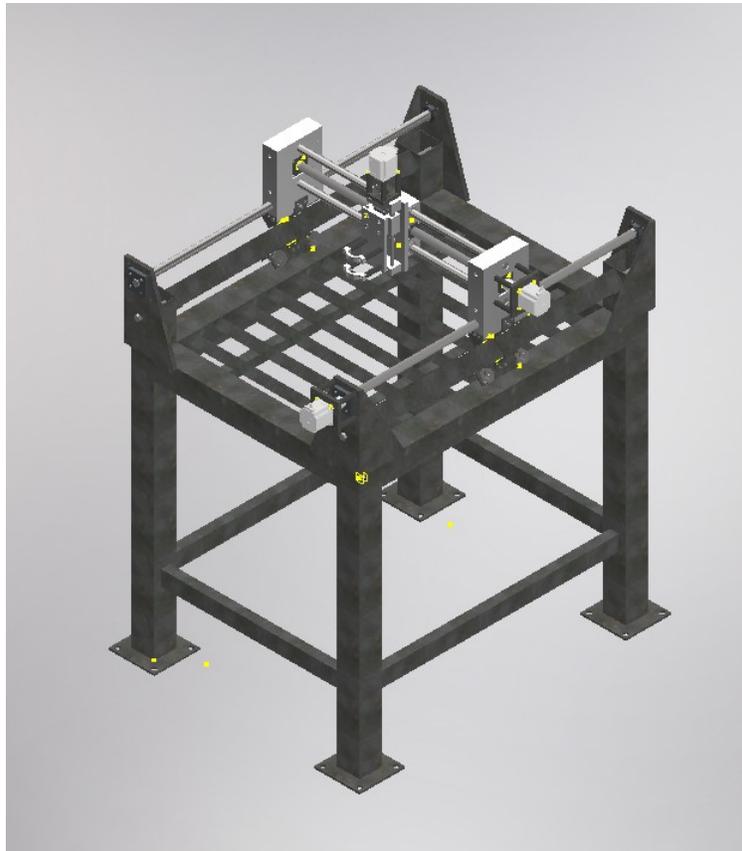
Se obtuvo una tensión máxima de 10,88MPa, lo que es aproximadamente el 2,31% de la tensión nominal (470MPa) de un acero plata, de lo cual está diseñado las barras de soporte.

6.4.3. Diseño del sistema de transmisión

Se utilizarán husillos de bola como componente mecánico para la transmisión de potencia.

Figura 17

Sistema de transmisión.



Nota: Diseño del sistema de transmisión.

La carga axial a la que se sometió el husillo de bolas durante el análisis fue la que se emplea al subir y bajar y corresponde a:

$$W_{neto1} = 28,44N$$

Datos

En función del diseño y la disponibilidad, se estableció que la longitud del tornillo es de 250mm. Esta medida está relacionada con la longitud de los ejes guías y otras partes del componente Z.

Para los cálculos y análisis, se empleó el acero AISI 1045 como material. Las propiedades mecánicas del acero AISI 1045 son las siguientes: límite elástico (S_y) de 310MPa y un módulo de elasticidad (módulo de Young) de 206,8GPa.

Solución Se empleó el diámetro nominal para calcular la relación de esbeltez.

$$(S_r)_D = \pi * \sqrt{\frac{2 * E}{S_y c}} \quad (22)$$

$$(S_r)_D = \pi * \sqrt{\frac{2 * 206,8 GPa}{310 MPa}}$$

$$(S_r)_D = 3,63129 GPa/MPa$$

Se utilizó un diámetro nominal de 12mm para el husillo de bolas.

$$A = \frac{\pi * d^2}{4} = 113,09 mm^2 \quad (23)$$

$$I = \frac{\pi * d^4}{64} = 1017,8 mm^4 \quad (24)$$

$$k = \sqrt{\frac{I}{A}} = 3,01 mm^2 \quad (25)$$

La longitud del tornillo es de 250mm (Ltornillo) y según el catálogo de husillos de bolas, la longitud roscada es de 220mm (Lroscada). Sin embargo, la longitud de carrera queda restringida a 160mm (Lcarrera) debido a los fines de carrera de 30mm en cada extremo.

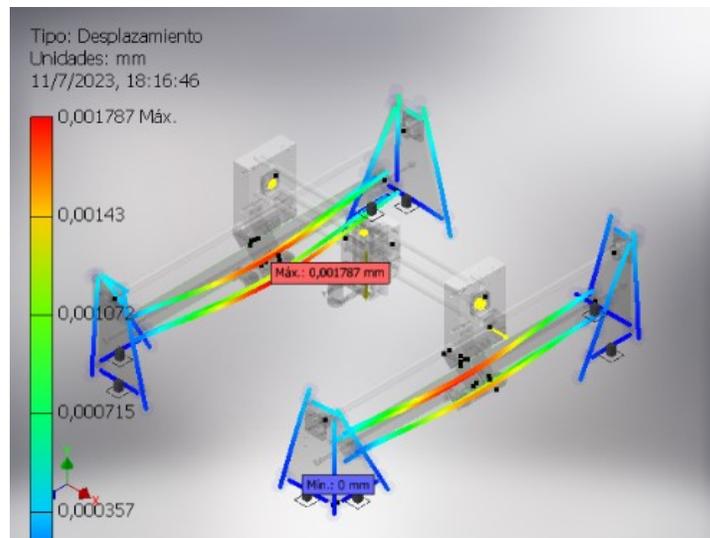
Para una columna cargada axialmente con ambos extremos articulados, la longitud efectiva (Lefectiva) se determina como Lcarrera, según las condiciones de extremo y factores de longitud efectiva de la columna.

$$L_{efectiva} = 160 mm \quad (26)$$

$$S_R = \frac{L_{efectiva}}{K} = 53,15 \quad (27)$$

Figura 18

Desplazamiento en el sistema de guiado con soportes transversales.

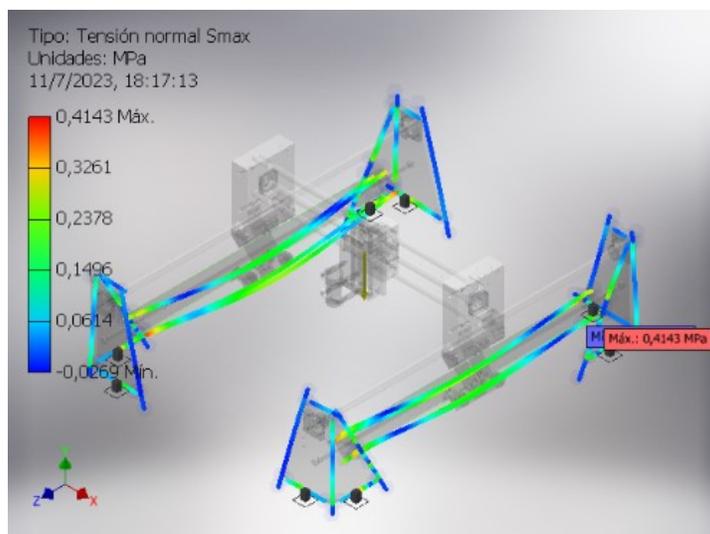


Nota: En la figura se presenta el desplazamiento que presenta el sistema de guiado vertical.

Se consiguió un desplazamiento máximo de 0,001787mm en las barras de soporte transversales, lo cual es insignificante y no afectaría en su funcionamiento.

Figura 19

Tensión en el sistema de guiado con soportes transversales.



Nota: En la figura se presenta la tensión que presenta el sistema de guiado vertical.

Se adquirió una tensión máxima de 0,4143MPa, esta reducción se dió gracias a los soportes transversales, lo que se redujo al 0,08% de la tensión nominal.

6.4.4. Selección de motores

En la página novatronic, se realizó la selección de motores paso a paso, basada en el torque nominal y el diseño de sujeción del motor. La elección se optó en un motor paso a paso híbrido Frame Nema 23 con un torque nominal de 180oz*in, que ofrece una resolución de posición de carga de 1,8°/200 pasos por revolución. Además, estos motores cuentan con 8 cables y pueden ser conectados en modo unipolar o bipolar.

La decisión de optar por estos motores para los ejes, se toma considerando que están sobredimensionados, lo que significa que ofrecen una capacidad de torque mayor de la requerida, lo que aportará una mayor robustez y capacidad de respuesta para el sistema.

$$T_{orquedesign} : 180oz * in = 1,27N * m = 11,25lb * in$$

$$T_{orquedesign} : T_{diseño} = T_{nominal} * factordeaplicación \quad (28)$$

$$T_{diseño} = 1,27N * m * 1,5$$

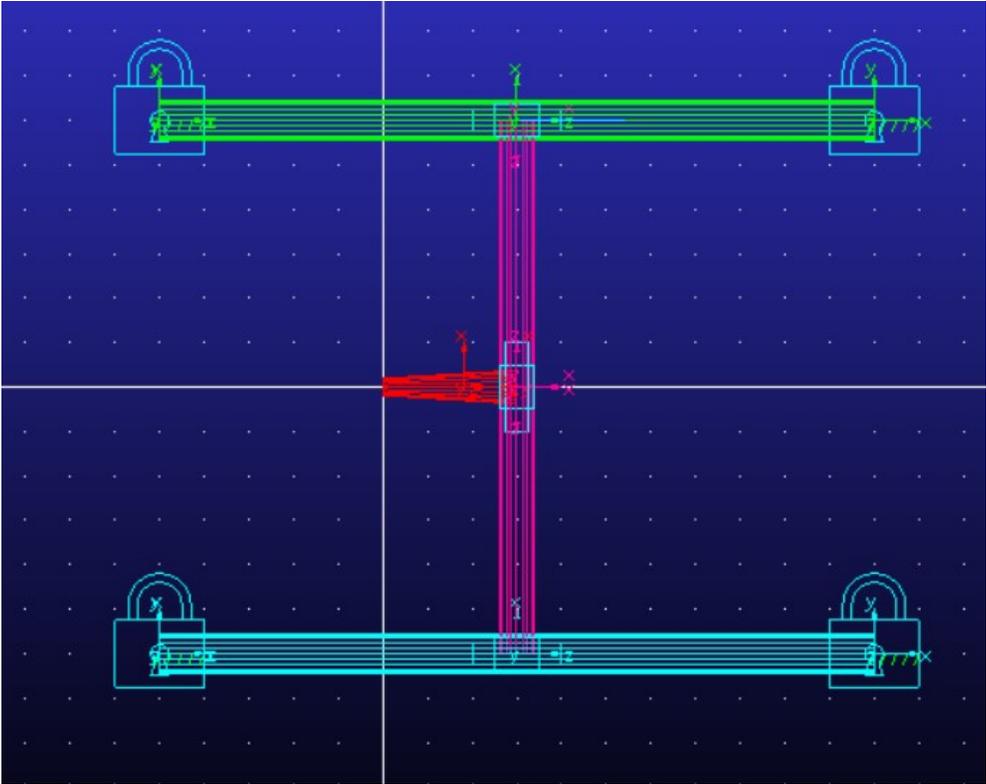
$$T_{diseño} = 1,91N * m$$

6.4.5. Análisis cinemático en MSC Adams

Se realizó la simulación de los movimientos que se efectúan en la máquina cortadora de plasma automática, dónde se ingresaron los datos calculados anteriormente. Se colocó el acero como material, con su peso correspondiente anteriormente calculado, también conectores fijos, móviles y desplazamientos.

Figura 20

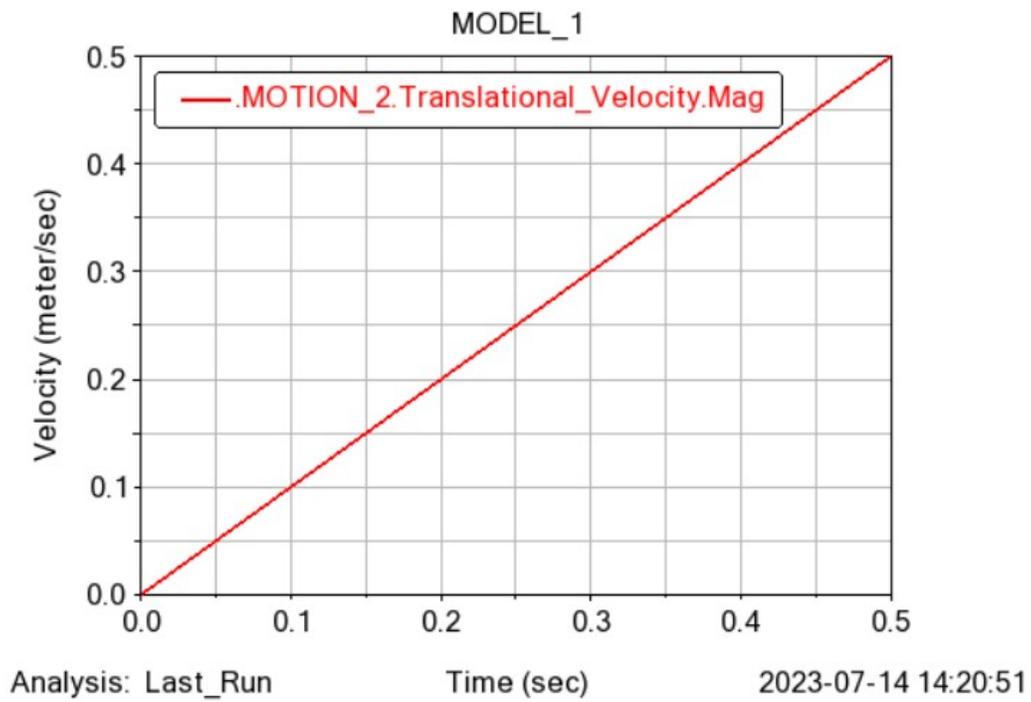
Diseño en Adams.



Nota: En la figura se presenta el diseño propuesto en adams.

Figura 21

Velocidad.

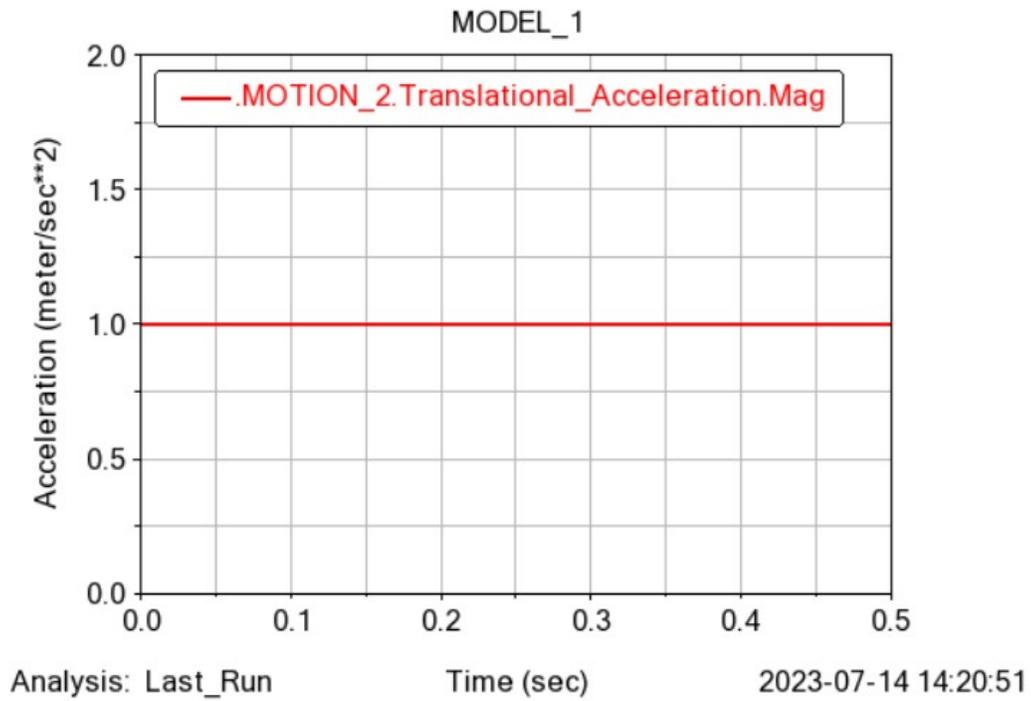


Nota: En la figura se presenta la velocidad que alcanza.

En la gráfica de la Figura 21, se muestra la relación entre la velocidad y el tiempo, donde se obtuvo proporcionalidad (Velocidad-Tiempo).

Figura 22

Aceleración.

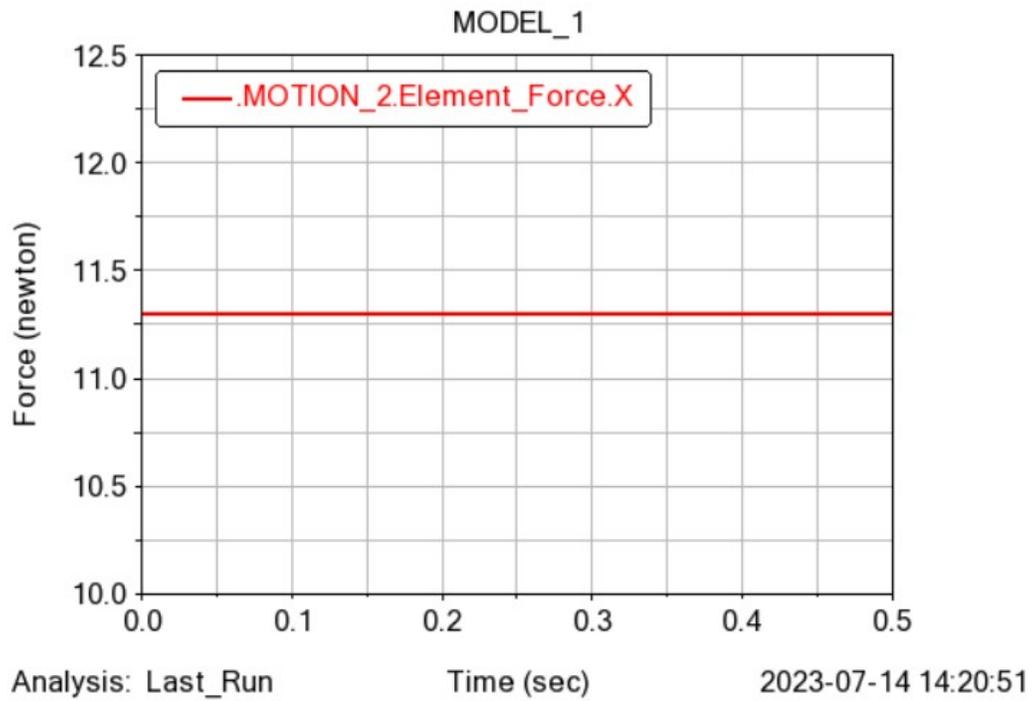


Nota: En la figura se presenta la aceleración de la simulación.

En la figura 22, se apreció la relación entre aceleración y el tiempo, donde se obtuvo la aceleración declarada en el movimiento, siendo una aceleración constante.

Figura 23

Fuerza en el primer movimiento.

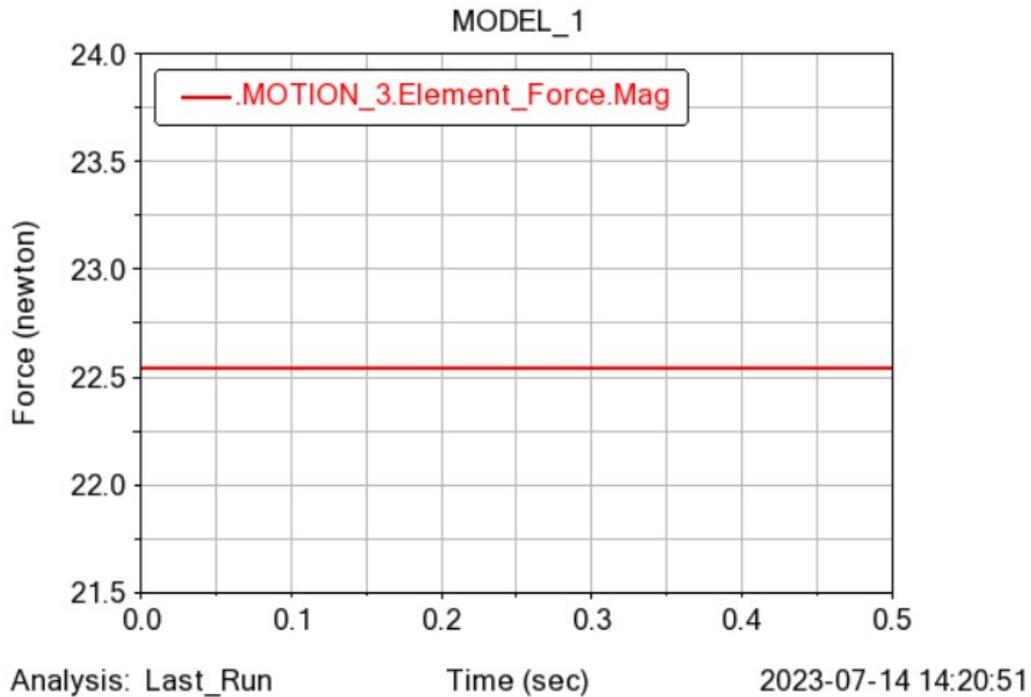


Nota: En la figura se presenta la fuerza en el primer movimiento.

En la figura 23, se presentó la fuerza que existe en el motor del eje x de 11,28N.

Figura 24

Fuerza en el segundo movimiento.



Nota: En la figura se presenta la fuerza en el segundo movimiento.

En la figura 24, se presentó la fuerza que existe en el motor del eje y de 22,58N.

7. Resultados

Requerimientos mínimos para el diseño de una estructura mecánica para una máquina automática de corte con plasma para la empresa COMORMI S.A.

Los requerimientos mínimos pedidos para el diseño de la máquina automática de corte con plasma se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 5*Requerimientos mínimos*

Espacio efectivo de trabajo	Tipos de cortes a realizar	Material de trabajo	Espesor del material
60 x 80 cm	Circular	Acero inoxidable	4mm hasta 12mm
	Cuadrada	ASTM A36	hasta 25mm
	Triangular		

Nota: En la tabla 5 observamos los requerimientos solicitados por la empresa para la realización de la cortadora.

Diseño de la estructura mecánica para la máquina automática de corte con plasma para la empresa COMORMI S.A.

Para el diseño de la estructura mecánica se estableció un plan de diseño que en un principio determinó utilizar una mesa de corte cartesiana, en el sistema de transmisión de potencia se tomó en cuenta las dimensiones de la máquina a construir y a la precisión deseada, por esta razón se consideró el husillo de bolas, en el sistema de guías se determino los siguientes componentes:

- componente de guiado lineal Vertical X, con ejes guías y rodamientos lineales.
- componente de guiado lineal longitudinal Y con perfil estructural y rodamientos radiales rígidos de bolas.
- componente de guiado lineal vertical Z, con ejes guías y bujes.

En los actuadores eléctricos rotatorios se determino que la mejor opción son los motores paso a paso ya que son los que mejor se adaptan a lo que se necesita, para el sistema de control se recomendó utilizar el control MACH-3 que trabaja con código G y está diseñada para recibir las señales de control generadas por el software MACH-3.

Con los elementos antes mencionado se procede al cálculo teórico de cada uno de los elementos considerados críticos al momento de la aplicación de las fuerzas que actúan en la máquina.

Análisis cinemático y dinámico para el diseño de la estructura mecánica para una máquina automática de corte con plasma para la empresa COMORMI S.A.

Para el análisis dinámico se utilizó el software inventor en el cual se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 6

Análisis dinámico

Desplazamiento		Tensión	
x	y	x	y
0,003454mm	0,001787mm	10,88MPa	0,4143MPa

Nota: En la tabla 6 observamos los resultados obtenidos al realizar el análisis dinámico tanto en el eje x como en el y.

Para el análisis cinemático, se realizó en el software adams, donde se obtuvo los diferentes torques elementales que existen en los motores al momento de que la máquina está en funcionamiento, obteniendo así:

$$T_{motor1} = 11,28N$$

$$T_{motor2} = 22,58N$$

Simulación de los esfuerzos para el diseño de una estructura mecánica para una máquina automática de corte con plasma para la empresa COMORMI S.A.

Se simuló los esfuerzos que existen en la mesa, en el sistema de transmisión con y sin barras transversales, obteniendo los datos ya generados en la tabla 6.

8. Cronograma

Aquí se incluye el plan de actividades previstas para llevar a cabo este proyecto de titulación, en el cual se especifica una duración de 400 horas para su ejecución.

Tabla 7

Cronograma de actividades.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																																														
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6				HORAS																				
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4																					
Determinar los requerimientos mínimos para el diseño de una estructura mecánica para una máquina automática de corte por plasma para la empresa COMORMI S.A.	Revisión bibliográfica de las máquinas cnc de corte por plasma.	x																								20																				
	Revisión del estudio del arte de las máquinas cnc de corte por plasma.	x																								15																				
	Establecimiento de propuestas para el diseño.		x																							10																				
	Establecimiento de las condiciones iniciales del diseño de la máquina cnc de corte por plasma.			x																						10																				
Proponer el diseño de una estructura mecánica para una máquina automática de corte por plasma para la empresa COMORMI S.A.	Elaboración del diseño mecánico.				x	x	x	x	x																	120																				
	Revisión del diseño elaborado.									x																10																				
	Depuración del diseño elaborado.										x															10																				
Proponer el análisis cinemático y dinámico para el diseño de una estructura mecánica para una máquina automática de corte por plasma para la empresa COMORMI S.A.	Determinar los requerimientos mínimos para el análisis cinemático y dinámico.											x	x	x	x	x									120																					
	Revisión de los análisis realizados.																x								5																					
	Depuración de los análisis.																	x							5																					
Simular los esfuerzos del diseño de una estructura mecánica para una máquina automática de corte por plasma para la empresa COMORMI S.A.	Pruebas del diseño de la máquina de corte por plasma.																	x	x						25																					
	Calibración del diseño de la máquina de corte por plasma.																			x	x				20																					
	Redacción del documento.																			x	x	x	x		30																					
Total de horas empleadas																																														400

Nota: La tabla presenta las actividades para cumplir con los objetivos planteados.

9. Presupuesto

9.1. Talento humano

Tabla 8

Recurso de talento humano.

Cargo	Nombre	Costo hora	horas al mes	Total de horas	Costo total
Tutor	Christian Cobos	20\$	8	48	960 \$
Autor 1	Mateo Avilés	8\$	–	400	3200 \$
Autor 2	Luis Chavez	8\$	–	400	3200 \$

Nota: En la tabla 6 se observa el costo de las 400 horas establecidas en el cronograma de trabajo y el costo de las horas de revisión por parte del docente revisor que se calendarizarán al inicio de TT2.

9.2. Recursos materiales

Tabla 9

Recurso material

Denominación	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
Software	2	600	1200 \$
Laboratorio	2	200	400 \$

Nota: En la tabla 7 se observa el costo a considerar de diferentes elementos para el desarrollo del trabajo de titulación, con referencia al uso del software Inventor y Adams se coloca un aproximado del costo total de las licencias. De igual manera el costo por el uso de los laboratorios es un aproximado de acuerdo al número de horas proyectadas a utilizar.

10. Conclusiones

Según el primer objetivo, se pudo llegar a la conclusión de que los parámetros iniciales seleccionados son de vital importancia para el diseño de la máquina CNC de corte por plasma. Estos parámetros son empleados durante el proceso de desarrollo para llevar a cabo los cálculos, simulaciones y evaluaciones necesarias, lo que finalmente resulta en un diseño que cumple con las especificaciones establecidas.

Con respecto al segundo objetivo, podemos concluir que los cálculos realizados para el diseño mecánico son factibles de acuerdo a lo necesitado, por otro lado se debe tener en cuenta que existe una variedad de elementos que podrían ser utilizados para el diseño mecánico, pero se tiene que escoger los que se adapten de mejor manera a los requerimientos del cliente.

En el tercer objetivo podemos concluir que el análisis tanto cinemático como dinámico dio resultados favorables para el diseño realizado ya que los valores obtenidos tanto en desplazamiento como tensión en el eje x y el eje y fueron insignificantes, lo cual da como resultado que nuestro diseño no va a tener afectaciones.

Para el cuarto objetivo podemos concluir que con las simulaciones de los esfuerzos realizados, existió respuestas insignificantes y que no afectarían en nada al funcionamiento de la máquina.

11. Recomendaciones

Como recomendaciones para el desarrollo del proyecto, sería conveniente llevar a cabo un estudio de mercado en diversas industrias metalúrgicas para evaluar la aceptación del proyecto y determinar su viabilidad para su implementación en otras empresas. Además, sería necesario realizar un análisis de costos detallado para estimar los gastos asociados con la implementación.

Al realizar un estudio de mercado, se obtendrá información valiosa sobre las necesidades y expectativas del sector industrial, lo que permitirá adaptar el proyecto según las demandas del mercado y aumentar las probabilidades de éxito. Por otro lado, el análisis de costos es fundamental para garantizar que el proyecto sea económicamente viable y que los recursos sean administrados eficientemente.

Asimismo, es fundamental dedicar tiempo y recursos al desarrollo exhaustivo tanto de la parte de control como de la parte electrónica del sistema. Esto asegurará un diseño robusto y eficiente, optimizando el funcionamiento de la máquina CNC de corte por plasma.

Un desarrollo completo y cuidadoso de la parte de control y electrónica asegurará que la máquina funcione de manera óptima, sea segura y cumpla con los estándares de calidad

requeridos.

En resumen, llevar a cabo un estudio de mercado, un análisis de costos y un desarrollo profundo de la parte de control y electrónica son recomendaciones clave para el éxito y viabilidad del proyecto de la máquina CNC de corte por plasma.

Referencias

- ARANGO, J. A., y ZULUAGA, C. A. (2012). Diseño de los sistemas eléctrico y de control para una mesa cartesiana xyz. *Universidad Pontificia Boliviana*, 8.
- Armas, J. (2009). *Análisis cinemático*. Perú.
- Beltran, F., y Cerrolaza Rivas, M. E. (1989). Análisis dinámico de estructuras sometidas a cargas no lineales.
- Budynas, R. G. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de shigley*.
- Deutschman, A. D., Michels, W. J., y Wilson, C. E. (1987). Diseño de máquinas. *Teoría y práctica*, Ed. Continental SA, Mexico DF.
- Escanaverino, J. M. (1997). Algorítmica del diseño mecánico. *Ingeniería Mecánica*, 31–37.
- HIBBELER, R. C. (2010). Ingeniería mecánica dinámica..
- Hroncová, D., Binda, M., Šarga, P., y Kičák, F. (2012). Kinematical analysis of crank slider mechanism using msc adams/view. *Procedia Engineering*, 48, 213–222.
- Interpresas. (2022). *Máquina de corte por plasma a CNC microstep MicroCut-p*. Descargado 2022-12-01, de <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/FeriaVirtual/Producto-Maquina-de-corte-por-plasma-a-CNC-Microstep-MicroCut-P-42961.html>
- Kevin Daniel Mirallas Secaira, y Portes Rojas Pedro Jonathan. (2015). *"diseño de una máquina cortadora por plasma CNC"*.
- Máquinas de corte por plasma - KNUTH*. (2022). Descargado 2022-12-29, de <https://www.knuth.com/es/maquinas-herramienta/maquina-de-corte-por-plasma>
- Norton, R. L. (2004). *Diseño de maquinaria*.
- Peña Jordán, F. A., y Zúñiga Morales, Á. G. (2016). *Diseño y construcción de un equipo para corte de planchas con plasma operado por computador* (Tesis de Master no publicada). Quito, 2016.
- Powermax 600 machine. (2022). *Powermax 600 Machine Specification Sheet*. Descargado de https://www.hypermaxonline.com/powermax600_machine_specs.html
- Ryan, R. (1990). Adams—multibody system analysis software. *Multibody systems handbook*, 361–402.
- Salazar Meneses, E. W., y cols. (2020). *Diseño de un banco cnc para corte por plasma* (Tesis Doctoral no publicada). Universidad de Talca. Facultad de Ingeniería.
- VILLASEÑOR SALVATIERRA, J. R. (2020). Equipo para marcado y corte de materiales con tecnología láser y plasma.

ANEXOS

Anexo A: Matriz de Consistencia Lógica

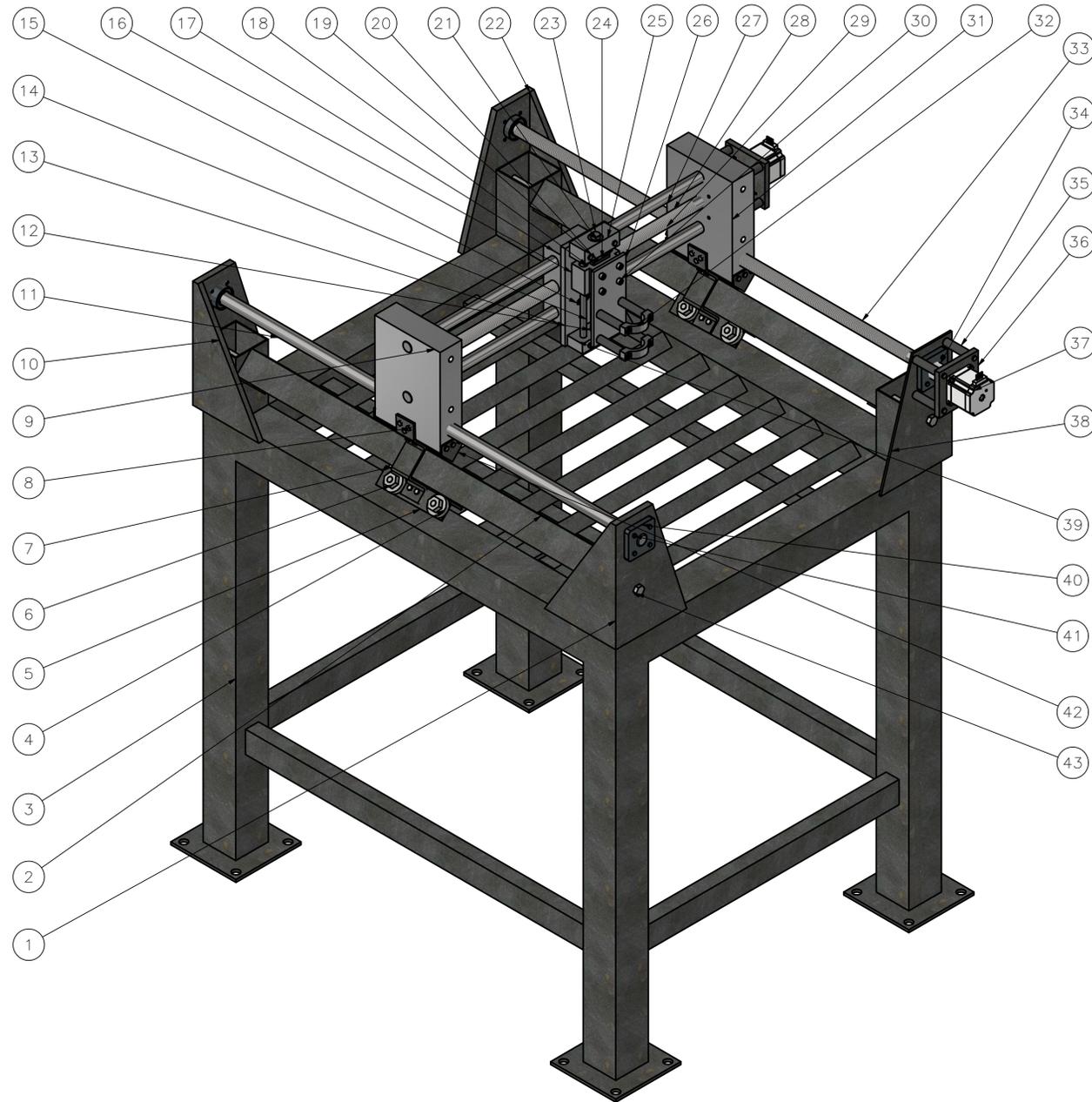
Tabla 10

Matriz de consistencia.

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	MARCO TEÓRICO
¿Se podrá diseñar la estructura mecánica para una máquina automática de corte por plasma para la empresa COMORMI S.A?	Diseñar una estructura mecánica para una máquina automática de corte con plasma para la empresa COMORMI S.A.	Se diseñará la estructura mecánica para una máquina automática de corte por plasma para la empresa COMORMI S.A.	-VD: Corte por plasma.	Diseño mecánico.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES	MARCO TEÓRICO
¿Se podrá determinar los requerimientos mínimos para el diseño de una estructura mecánica para una máquina automática de corte por plasma para la empresa COMORMI S.A?	Determinar los requerimientos mínimos para el diseño de una estructura mecánica para una máquina automática de corte por plasma para la empresa COMORMI S.A.	Se determinarán los requerimientos mínimos para el diseño de una estructura mecánica para una máquina automática de corte por plasma para la empresa COMORMI S.A.	-VI: Requerimientos mínimos. -VD: Corte por plasma.	Sistema automático (mesa cartesiana).
¿Es posible proponer el diseño de una estructura mecánica para una máquina automática de corte por plasma para la empresa COMORMI S.A?	Proponer el diseño de una estructura mecánica para una máquina automática de corte por plasma para la empresa COMORMI S.A.	Se propondrá el diseño de una estructura mecánica para una máquina automática de corte por plasma para la empresa COMORMI S.A.	-VD: Corte por plasma.	Equipo de plasma.
¿Es posible proponer el análisis cinemático y dinámico del diseño de una estructura mecánica para una máquina automática de corte por plasma para la empresa COMORMI S.A?	Proponer el análisis cinemático y dinámico del diseño de una estructura mecánica para una máquina automática de corte por plasma para la empresa COMORMI S.A.	Se propondrá el análisis cinemático y dinámico del diseño de una estructura mecánica para una máquina automática de corte por plasma para la empresa COMORMI S.A.	-VD: Corte por plasma.	Requerimientos mínimos. Análisis cinemático y dinámico.
¿Es factible simular los esfuerzos del diseño de una estructura mecánica de una estructura para una máquina automática de corte por plasma para la empresa COMORMI S.A?	Simular los esfuerzos del diseño de una estructura mecánica de una estructura para una máquina automática de corte por plasma para la empresa COMORMI S.A.	Se simularán los esfuerzos del diseño de la estructura mecánica de una estructura para una máquina automática de corte por plasma para la empresa COMORMI S.A.	-VD: Corte por plasma.	Adams (análisis de esfuerzos).

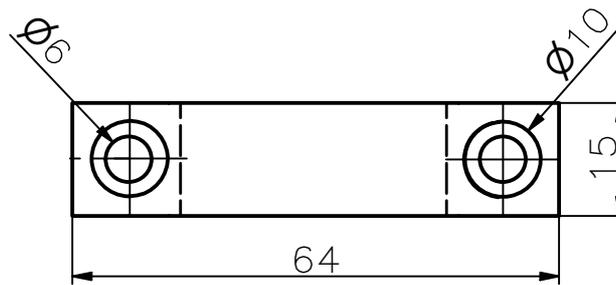
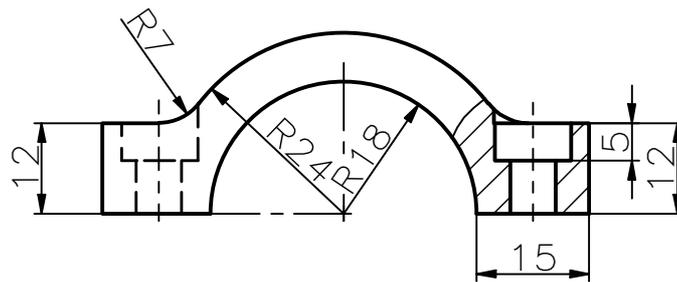
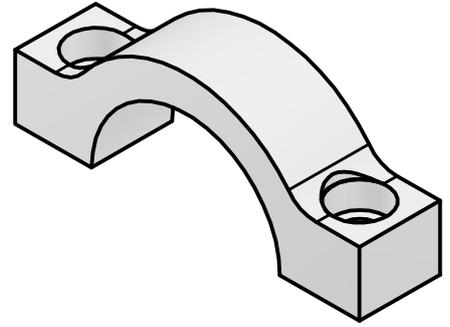
Nota: La matriz de consistencia presentada facilita identificar la relación que existe entre las variables y los objetivos además de como se relaciona con el marco teórico referencial.

Anexo B: Planos de diseño

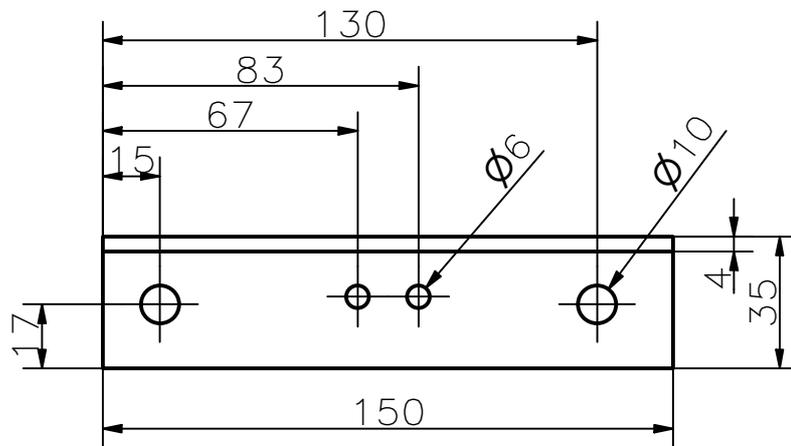
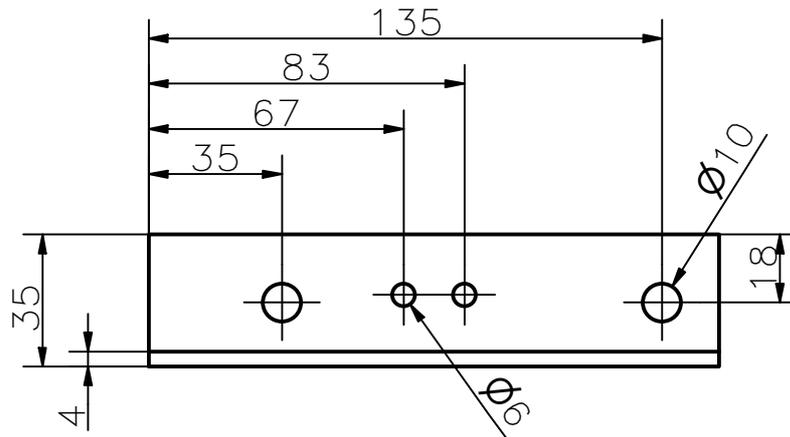
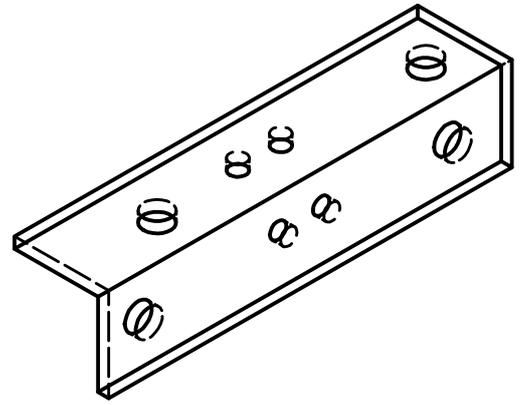


LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	N° DE PIEZA	MATERIAL
53	8	Hexagonal M6x14	Hierro, maleable
52	8	Perno M5x18	Hierro, maleable
51	1	Rodamiento de bolas eje Y	Acero inoxidable
50	2	Rodamiento bolas	Acero inoxidable
49	4	Perno M6x17	Hierro, maleable
48	4	Hexagonal M6	Hierro, maleable
47	2	Chumascera Y	Hierro, fundido
44	8	Perno M10	Hierro, maleable
43	4	Pernos M12x120	Hierro, maleable
42	4	Topes rulinas	Acero ASTM A36
41	16	Perno M5x22	Hierro, maleable
40	4	Chumascera fija	Hierro, fundido
39	1	Bloque inferior	Aluminio 6061
38	1	Soporte dercho 1.	Acero ASTM A36
37	2	Motor paso a paso	Genérico
36	2	Placa Motores	Acero ASTM A36
35	12	Espaciadores de teflon	Caucho
34	2	Acoples motor	Aluminio 6061-AHC
33	1	Eje de transmisión en Y	Acero inoxidable AISI 430
32	2	Abrazadera	Aluminio 6061
31	1	Bloque Y motor	Aluminio 6061
30	4	Hexagonal M6x17	Hierro, maleable
29	2	Husillo	Hierro, fundido
28	1	Eje de transmisión X	Acero inoxidable AISI 430
27	2	Eje en X	Acero inoxidable AISI 430
26	1	Placa1	Aluminio 6061
25	1	Bloque superior	Aluminio 6061
24	1	Husillo X	Hierro, fundido
23	1	Eje de trasmisión en Z	Acero inoxidable AISI 430
22	1	Soporte derecho 2.	Acero ASTM A36
21	1	Rodamiento superior	Acero inoxidable
20	14	Perno M5x13	Hierro, maleable
19	12	Perno M6x10	Hierro, maleable
18	2	Bocin	Bronce, fundido
17	1	Bloque husillo X	Aluminio 6061
16	1	Bloque husillo de bolas	Aluminio 6061
15	6	Hexagonal M10x60	Hierro, maleable
14	2	Eje en Z	Acero inoxidable
13	1	Placa2	Aluminio 6061
12	1	Rodamiento axial	Acero inoxidable
11	1	Eje en Y	Acero inoxidable AISI 430
10	1	Soporte izquierdo 1.	Acero ASTM A36
9	1	Bloque Y	Aluminio 6061
8	56	Perno M6x15	Hierro, maleable
7	4	Platina	Acero ASTM A36
6	8	Tuerca M10	Acero inoxidable
5	4	Angulo L35x150	Acero ASTM A36
4	8	Rodamient rulina	Acero inoxidable
3	1	Mesa de trabajo	Acero ASTM A36
2	2	Apoyo transversal Y	Acero ASTM A36
1	1	Soporte izquierdo 2.	Acero ASTM A36

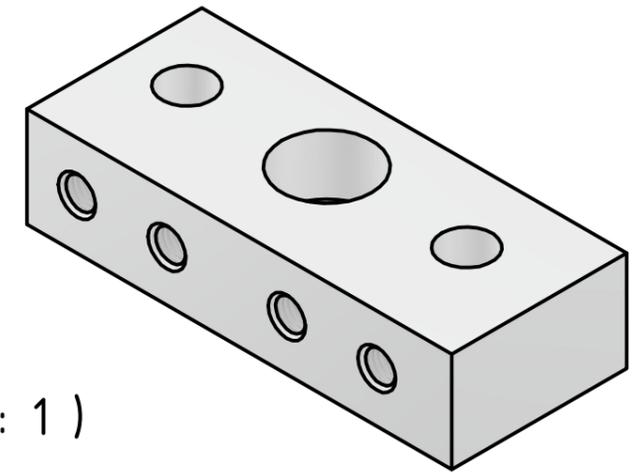
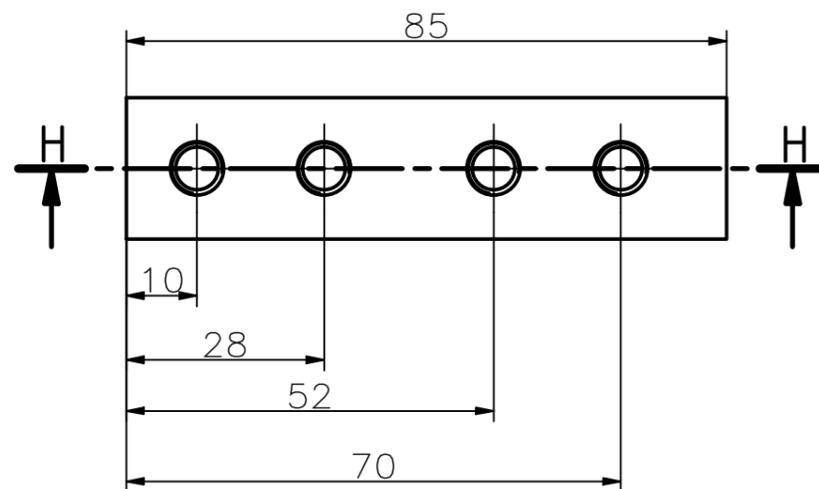
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
-----	1		SAE 1018	-----	
<input checked="" type="checkbox"/>		Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecatrónica	
		20/07/23	Luis Chavez		
		21/07/23	Ing. C. Cobos		
Dibujo industrial					
Escala: 1:5 Lámina: 01	Tol. gen.: ISO 2768-m	Conjunto: MÁQUINA AUTOMÁTICA DE CORTE CON PLASMA			



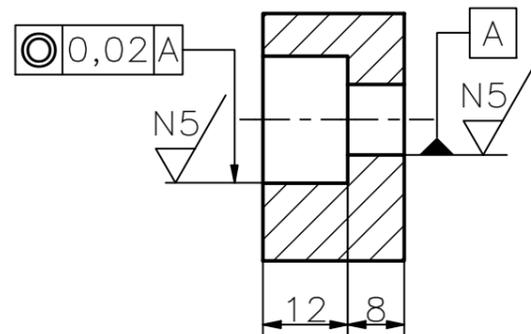
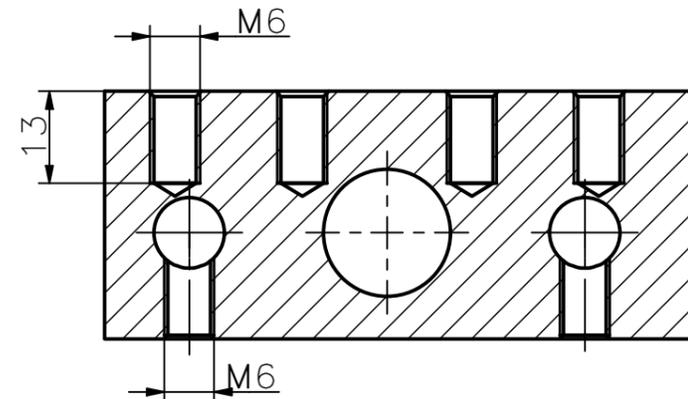
32	2	Abrazadera	Aluminio	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
<input checked="" type="checkbox"/> CICLO		Fecha		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado	20/07/23	Nombre			
Comprobado	21/07/23	Ing. Christian Cobos			
Dibujo industrial					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
1:1	ISO 2768-m	MÁQUINA AUTOMÁTICA DE CORTE CON PLASMA			
Lámina:	02				



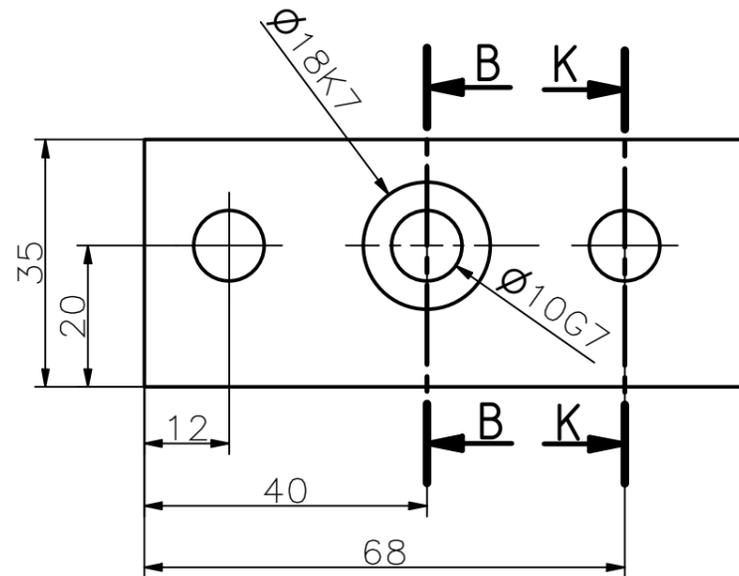
5	4	Angulo	ASTM A36	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
<input checked="" type="checkbox"/> CICLO		Fecha	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
		Nombre			
Dibujado	20/07/23	Luis Chavez Mateo Avilés			
Comprobado	21/07/23	Ing. Christian Cobos			
Dibujo industrial					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
1:1	ISO 2768-m	MÁQUINA AUTOMÁTICA DE CORTE CON PLASMA			
Lámina:	03				



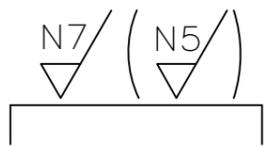
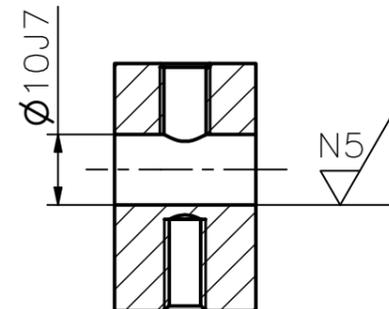
H-H (1 : 1)



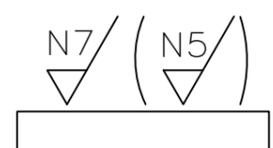
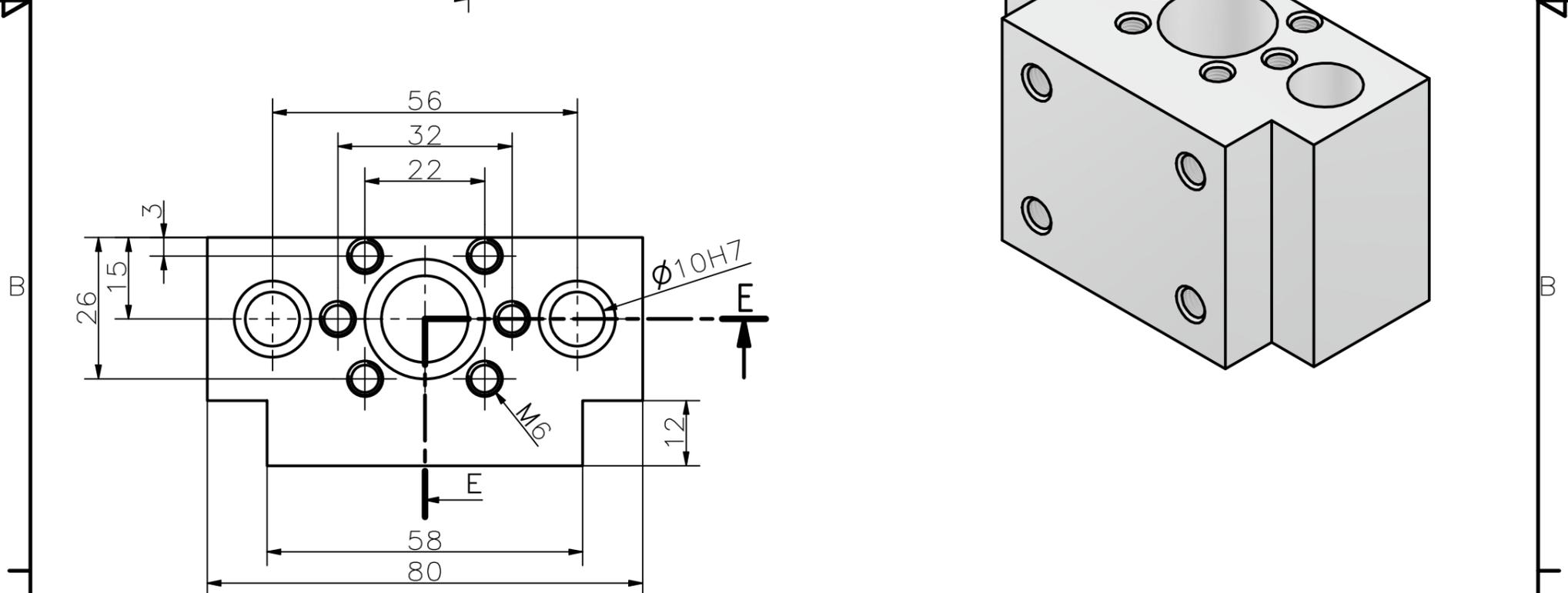
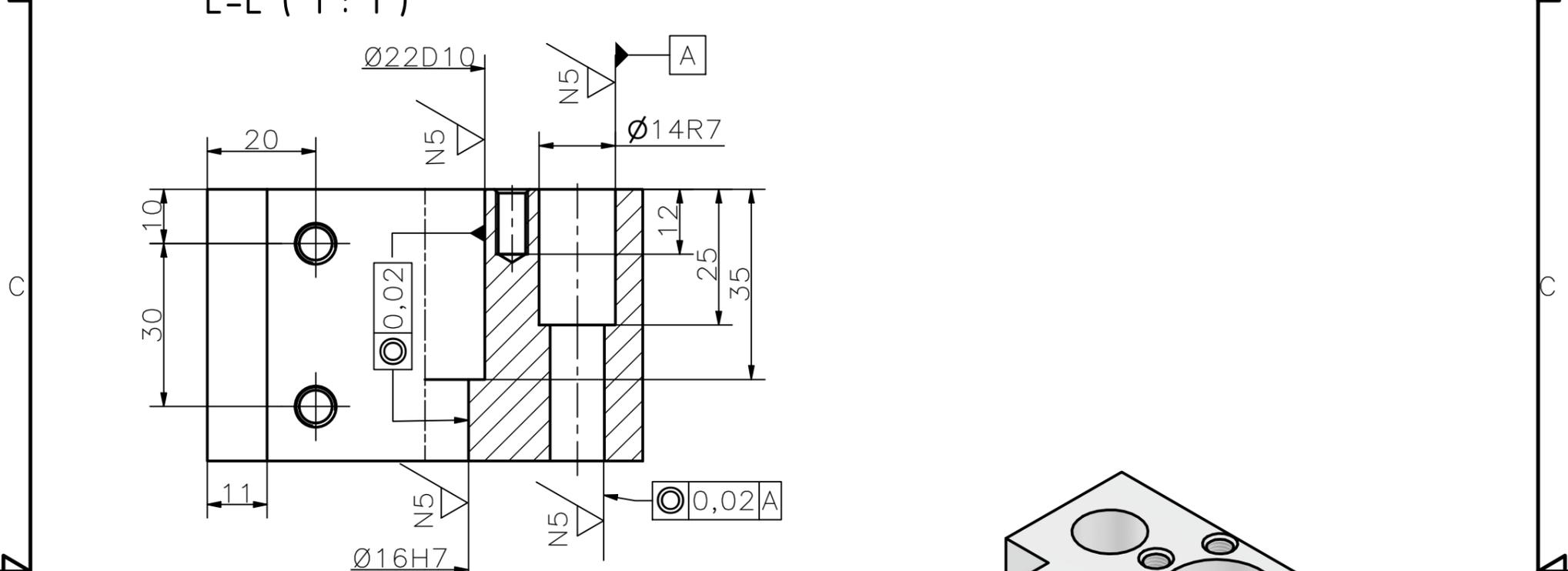
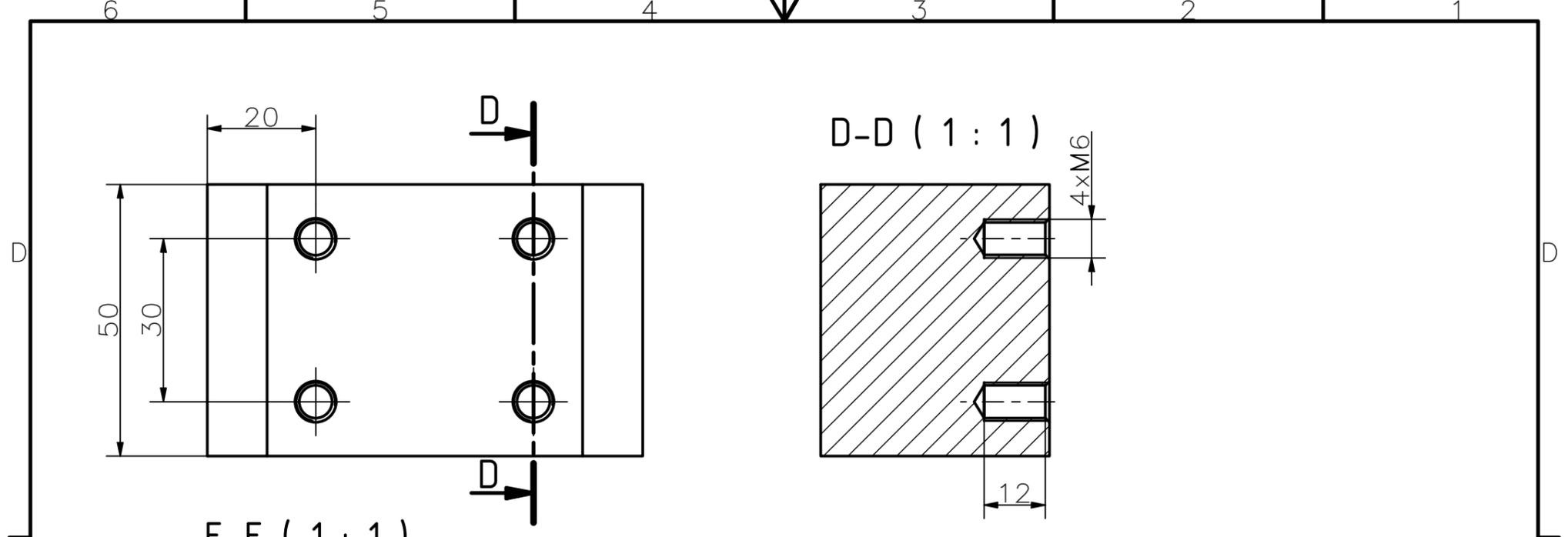
B-B (1 : 1)



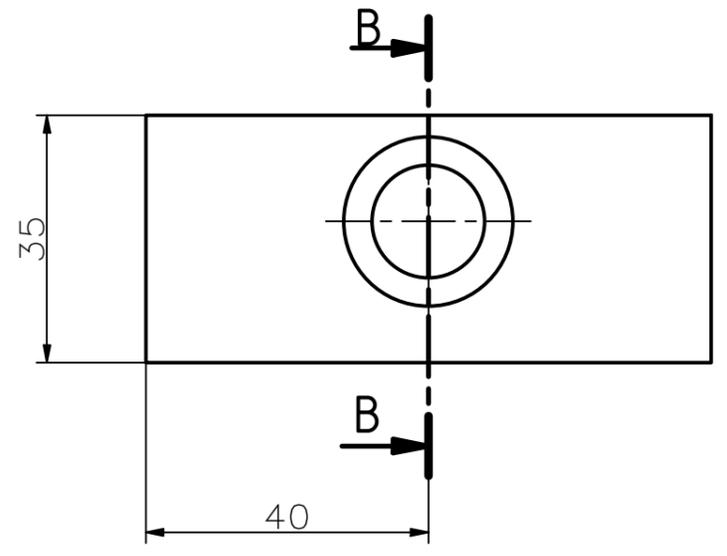
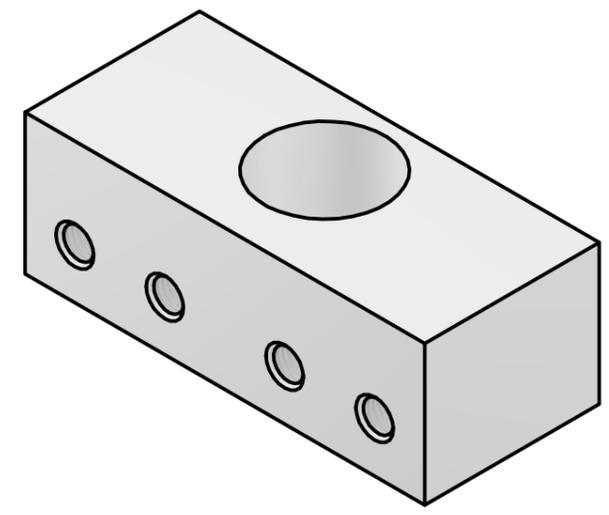
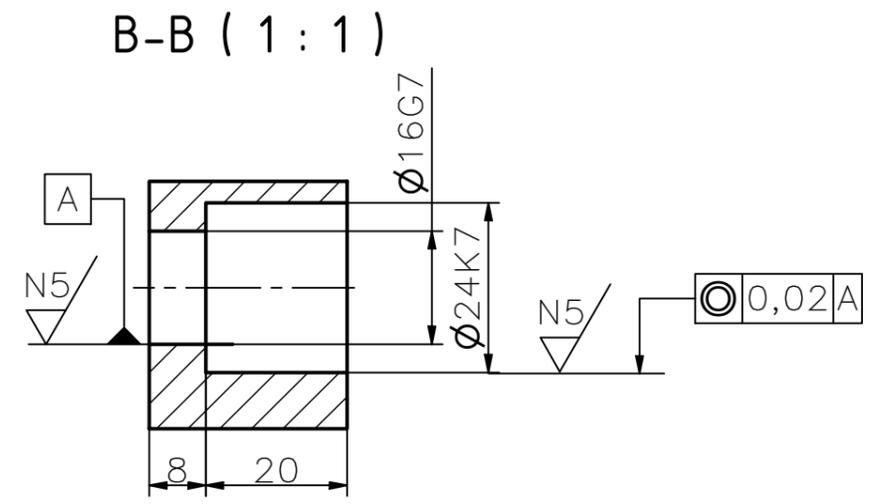
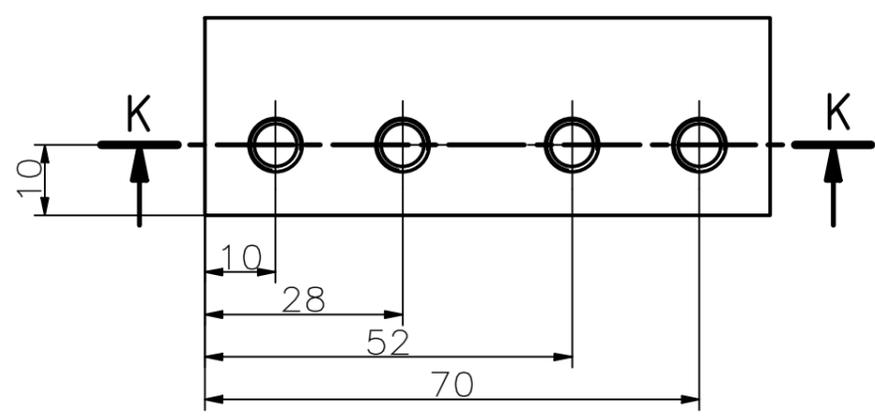
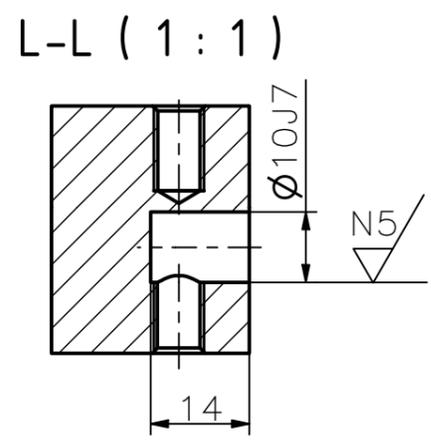
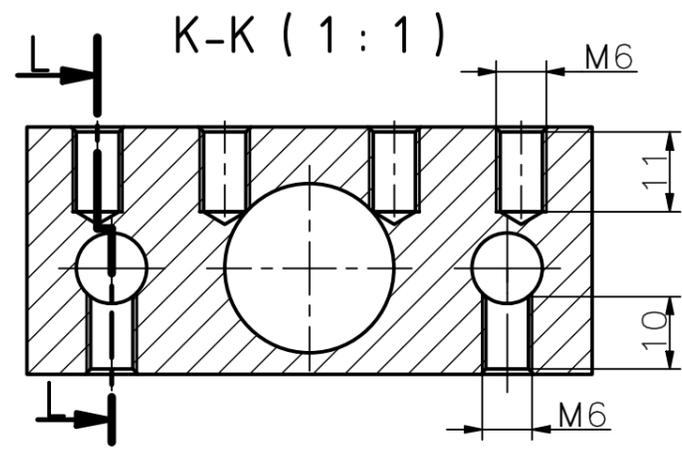
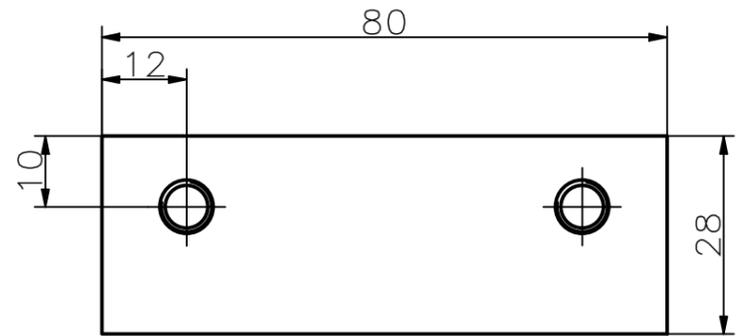
K-K (1 : 1)



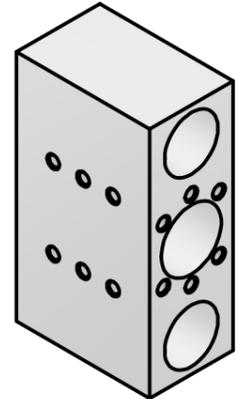
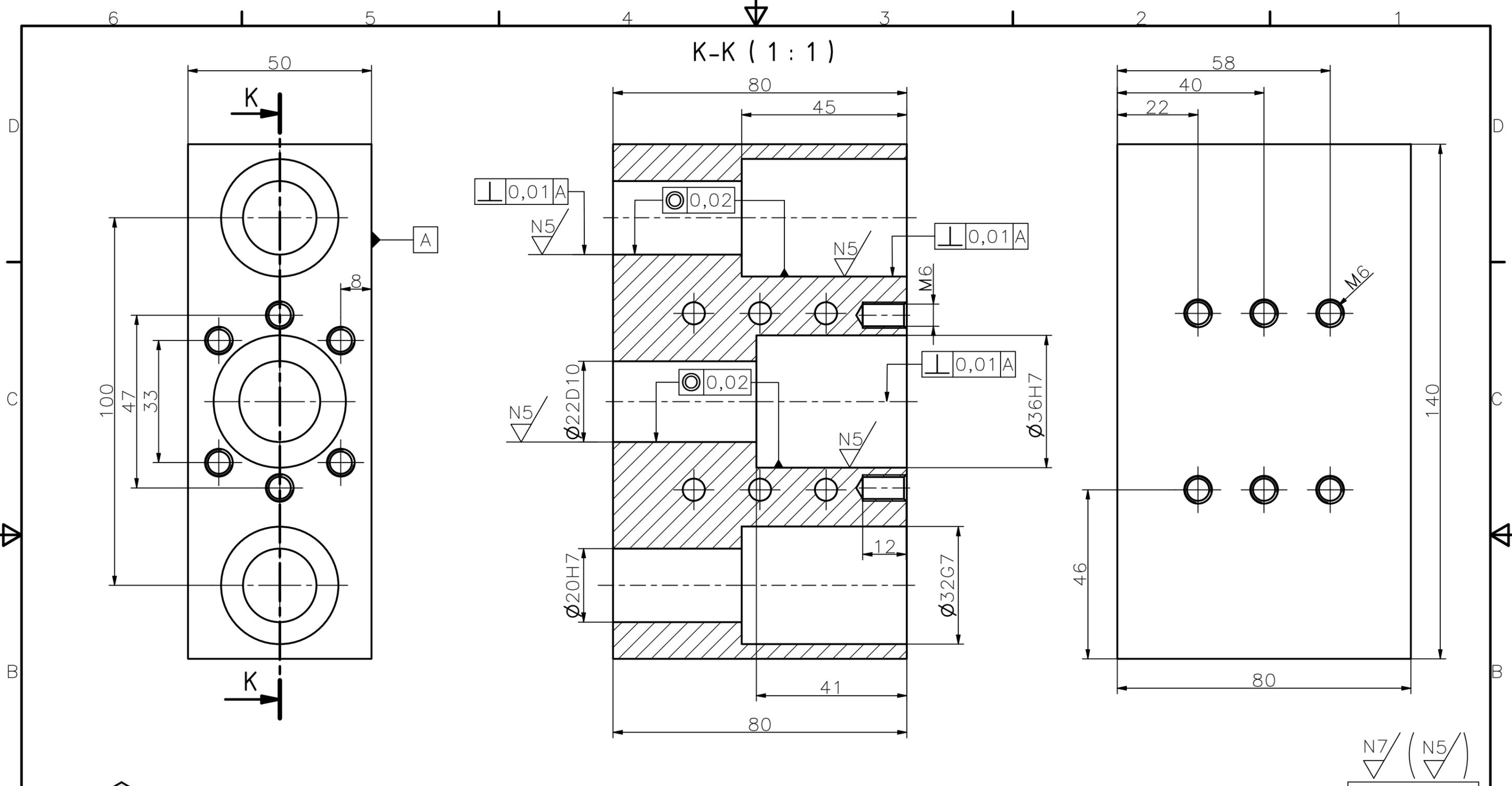
39	1	Bloque inferior	Aluminio	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
X CICLO	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA	INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado	20/07/23	Luis Chavez Mateo Avilés			
Comprobado	21/07/23	Ing. Christian Cobos			
Dibujo industrial					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
1:1	ISO 2768-m	MÁQUINA AUTOMÁTICA DE CORTE CON PLASMA			
Lámina:	04				



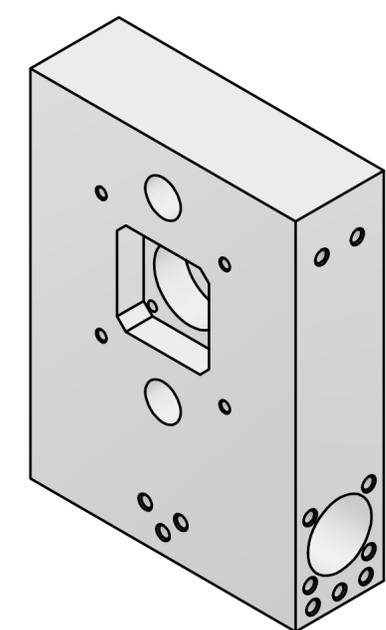
16	1	Bloque husillo de bolas	Aluminio	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
<input checked="" type="checkbox"/>		CICLO			
		Fecha			
		Nombre			
Dibujado	20/07/23	Luis Chavez Mateo Avilés		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica	
Comprobado	21/07/23	Ing. Christian Cobos			
Dibujo industrial					
Escala:	1:1	Tol. gen.:	Conjunto:		
		ISO 2768-m	MÁQUINA AUTOMÁTICA DE CORTE CON PLASMA		
Lámina:	05				



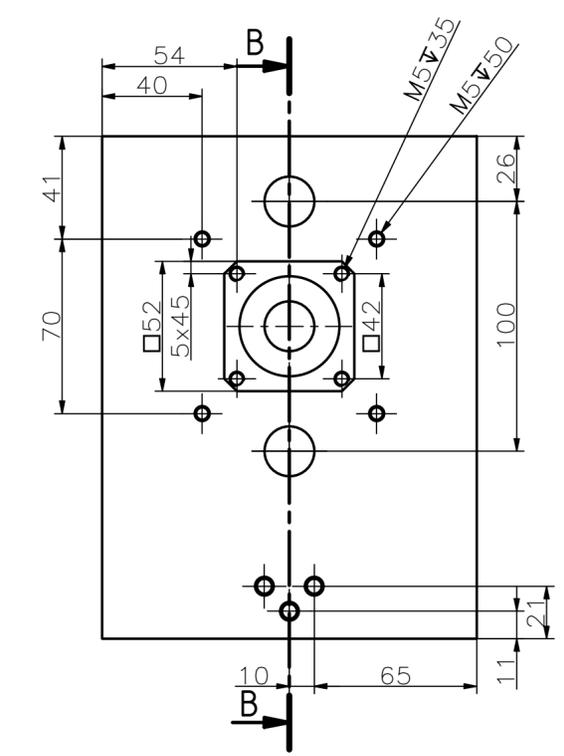
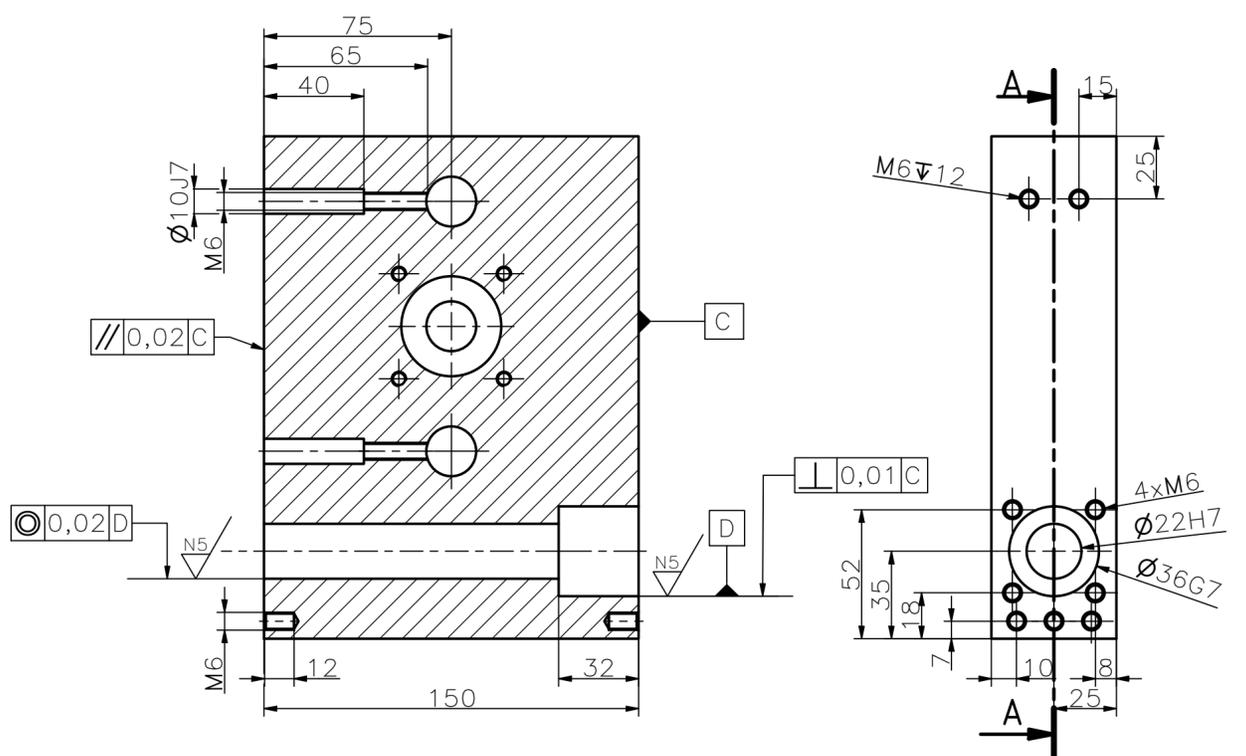
25	1	Bloque superior	Aluminio	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
X CICLO	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA		
Dibujado	20/07/23	Luis Chavez Mateo Avilés			
Comprobado	21/07/23	Ing. Christian Cobos			
Dibujo industrial			INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
1:1	ISO 2768-m	MÁQUINA AUTOMÁTICA DE CORTE CON PLASMA			
Lámina:	06				



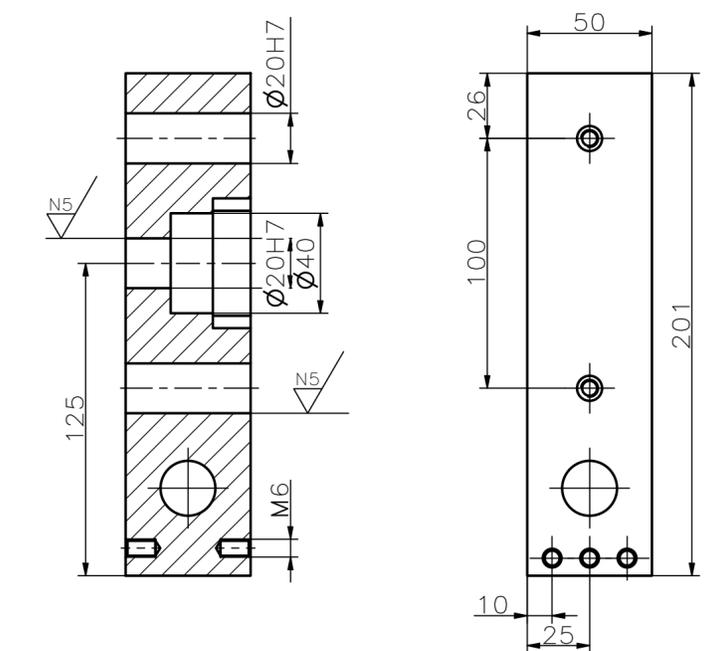
17	1	Bloque husillo X	Aluminio	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
X	CICLO	Fecha	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	20/07/23	Nombre			
Comprobado	21/07/23	Ing. Christian Cobos			
Dibujo industrial					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
1:1	ISO 2768-m	MÁQUINA AUTOMÁTICA DE CORTE CON PLASMA			
Lámina:	07				



A-A (1 : 2)



B-B (1 : 2)



31	1	Bloque Y Motor	Aluminio	SAE 1018	-----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
X CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	20/07/23	Luis Chavez Mateo Avilés			
Comprobado	21/07/23	Ing. Christian Cobos			
Dibujo industrial					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
1:2	ISO 2768-m	MÁQUINA AUTOMÁTICA DE CORTE CON PLASMA			
Lámina:	08				

6 5 4 3 2 1

D

D

C

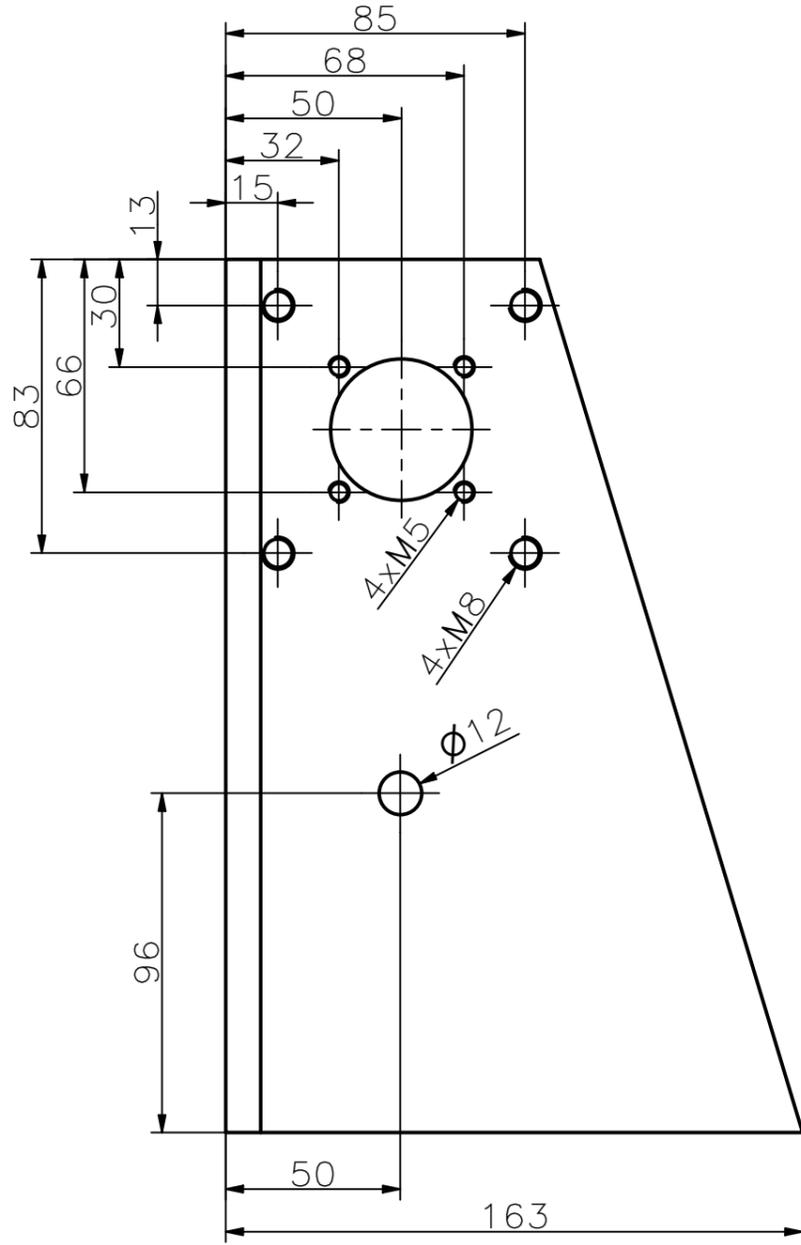
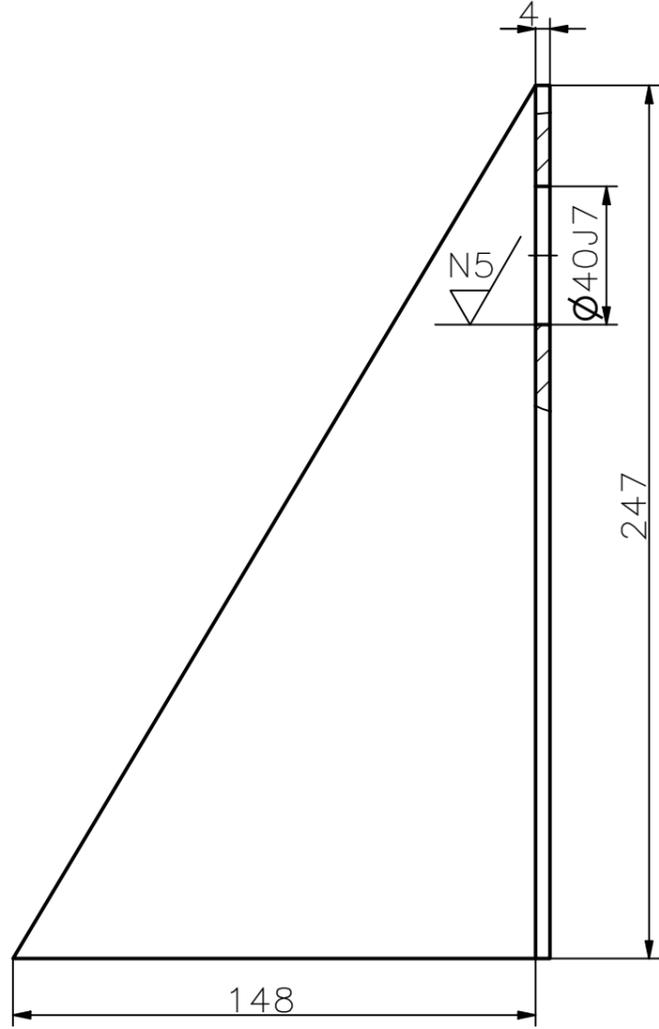
C

B

B

A

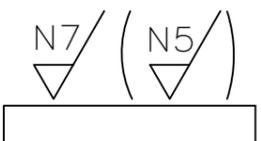
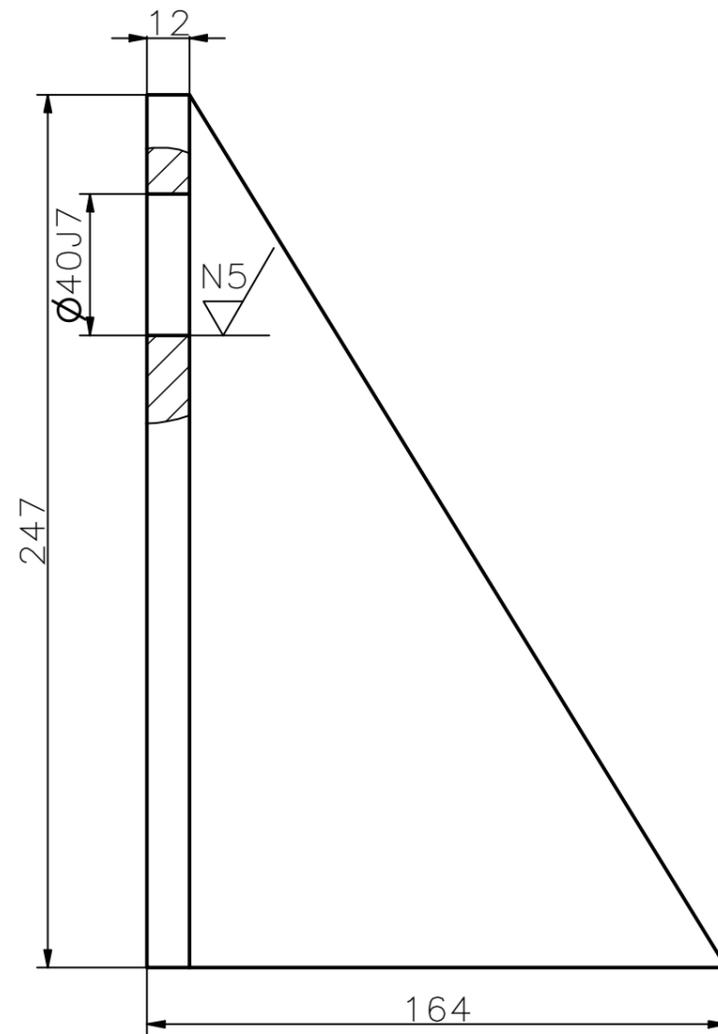
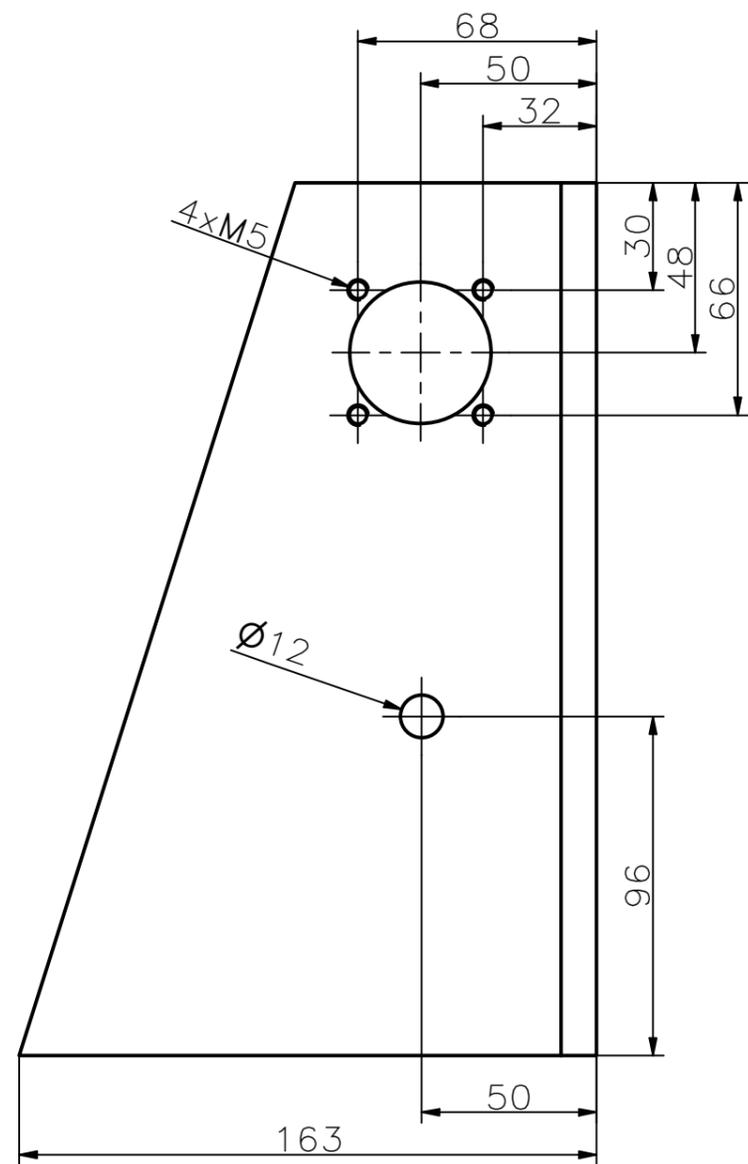
A



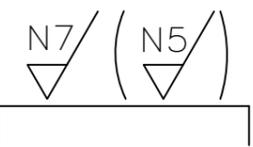
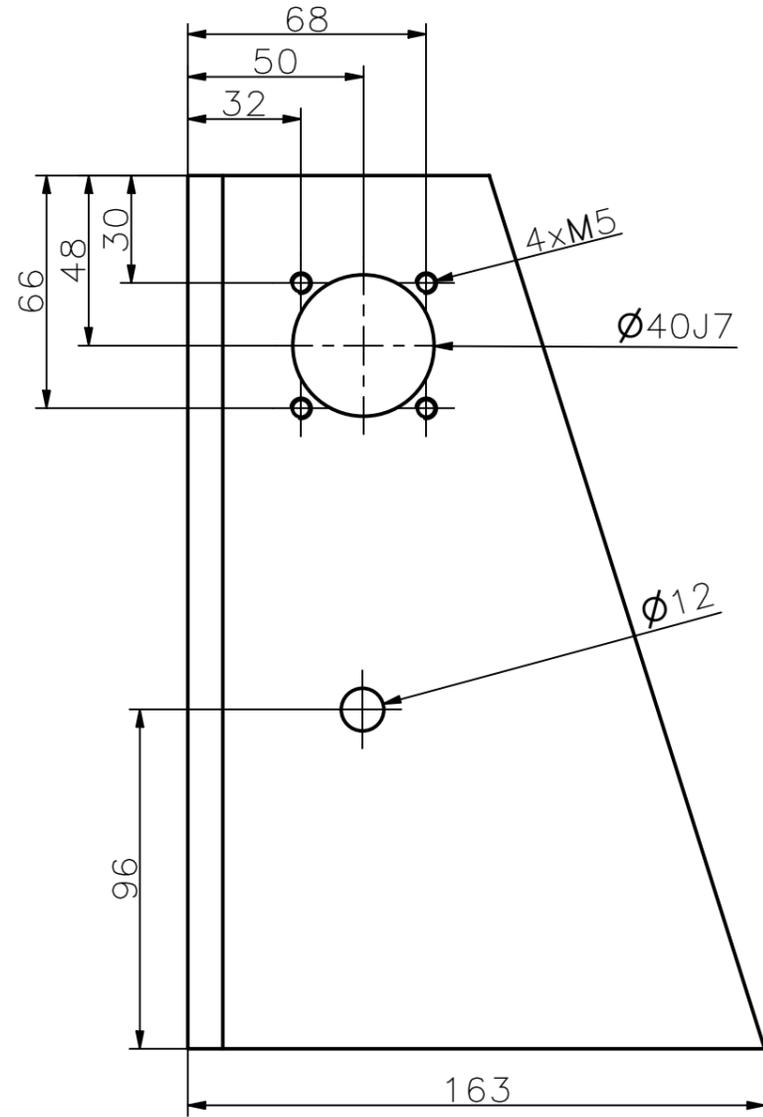
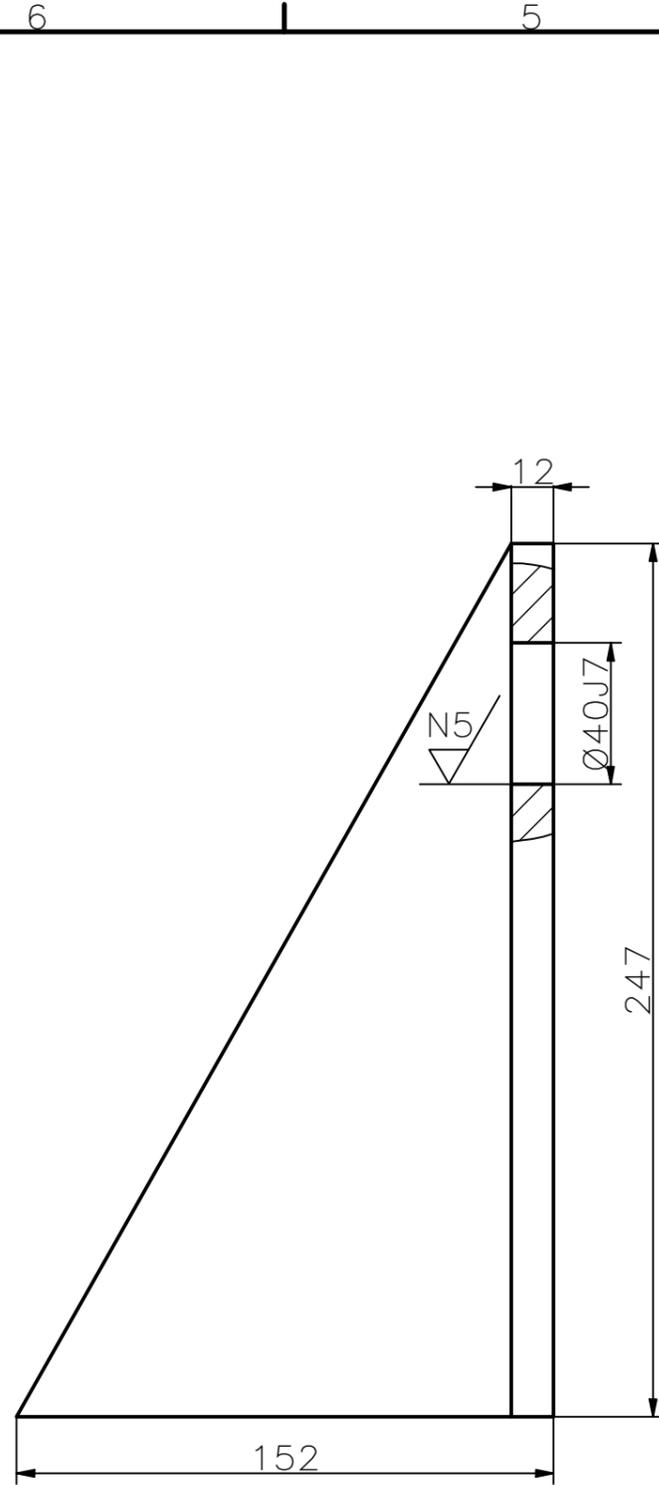
N7/ (N5/)

38	1	Soporte derecho 1	ASTM A36	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
<input checked="" type="checkbox"/> CICLO		Fecha	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	20/07/23	Nombre			
Comprobado	21/07/23	Ing. Christian Cobos			
Dibujo industrial					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
1:2	ISO 2768-m	MÁQUINA AUTOMÁTICA DE CORTE CON PLASMA			
Lámina:	09				

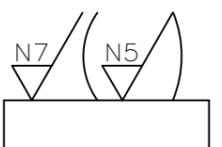
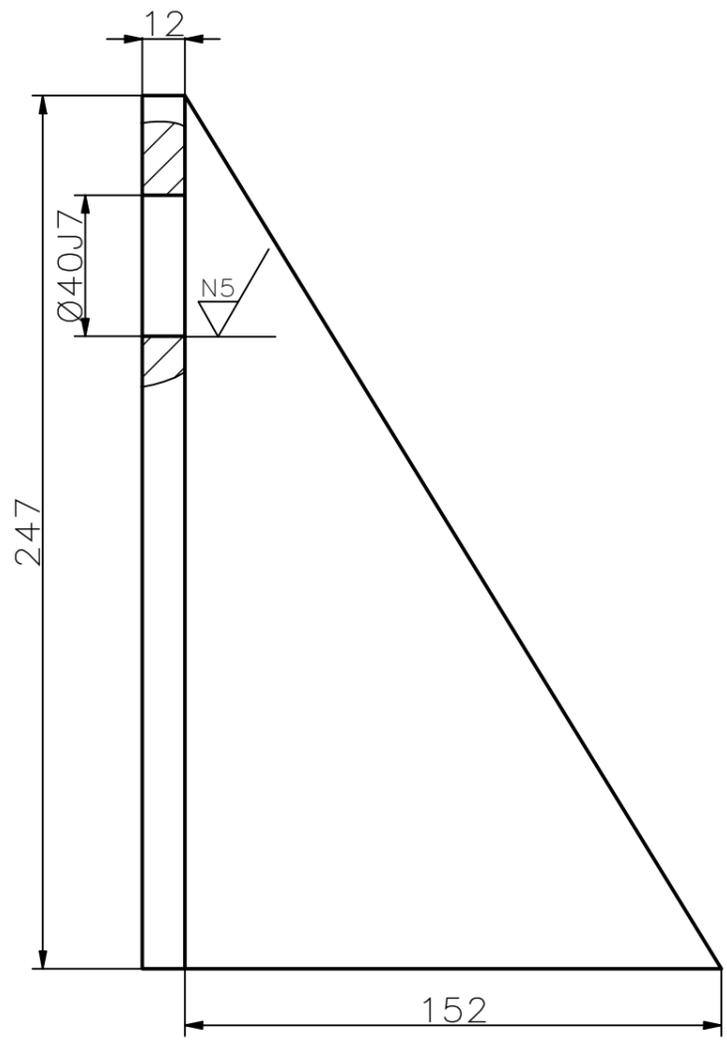
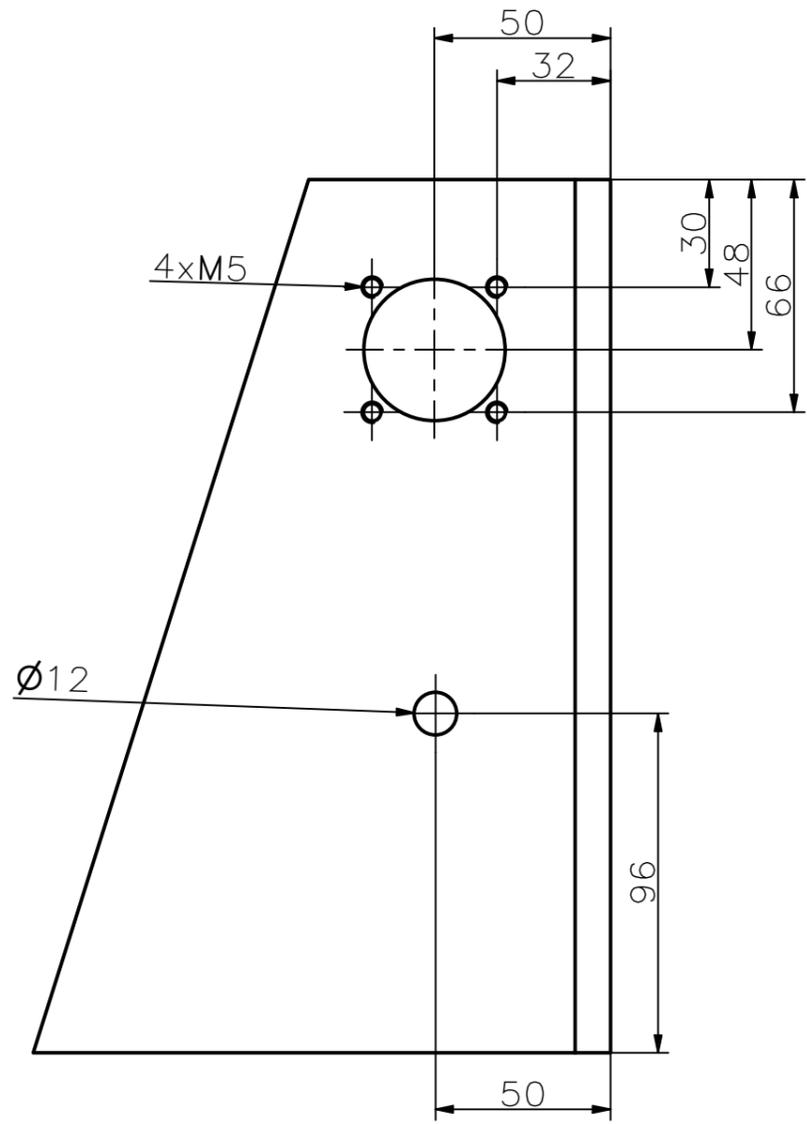
6 5 4 3 2 1



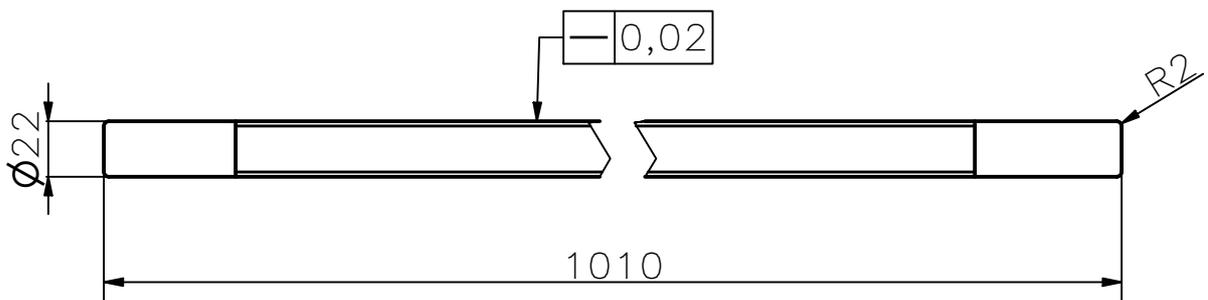
22	1	Soporte derecho 2.	ASTM A36	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
X CICLO		Fecha	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	20/07/23	Luis Chavez Mateo Avilés			
Comprobado	21/07/23	Ing. Christian Cobos			
Dibujo industrial					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
1:1	ISO 2768-m	MÁQUINA AUTOMÁTICA DE CORTE CON PLASMA			
Lámina:	10				



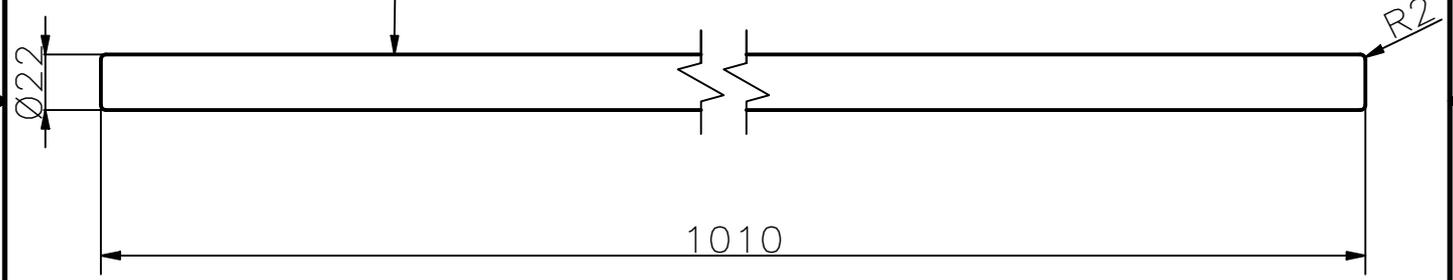
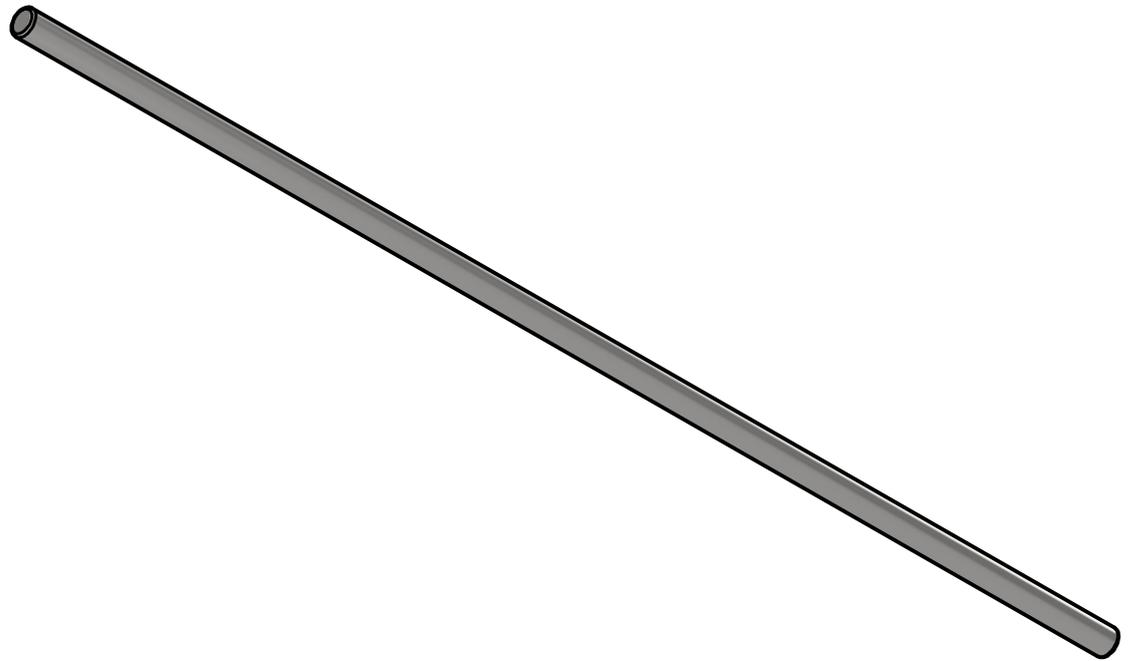
10	1	Soporte izquierdo 1.	ASTM A36	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
X CICLO		Fecha	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	20/07/23	Nombre			
Comprobado	21/07/23	Ing. Christian Cobos			
Dibujo industrial					
Escala:	1:2	Tol. gen.:	Conjunto:		
		ISO 2768-m	MÁQUINA AUTOMÁTICA DE CORTE CON PLASMA		
Lámina:	11				



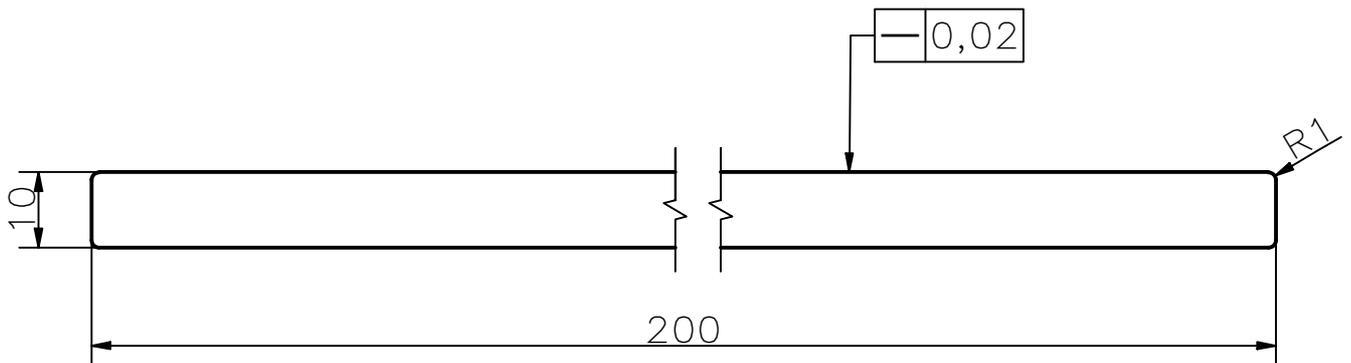
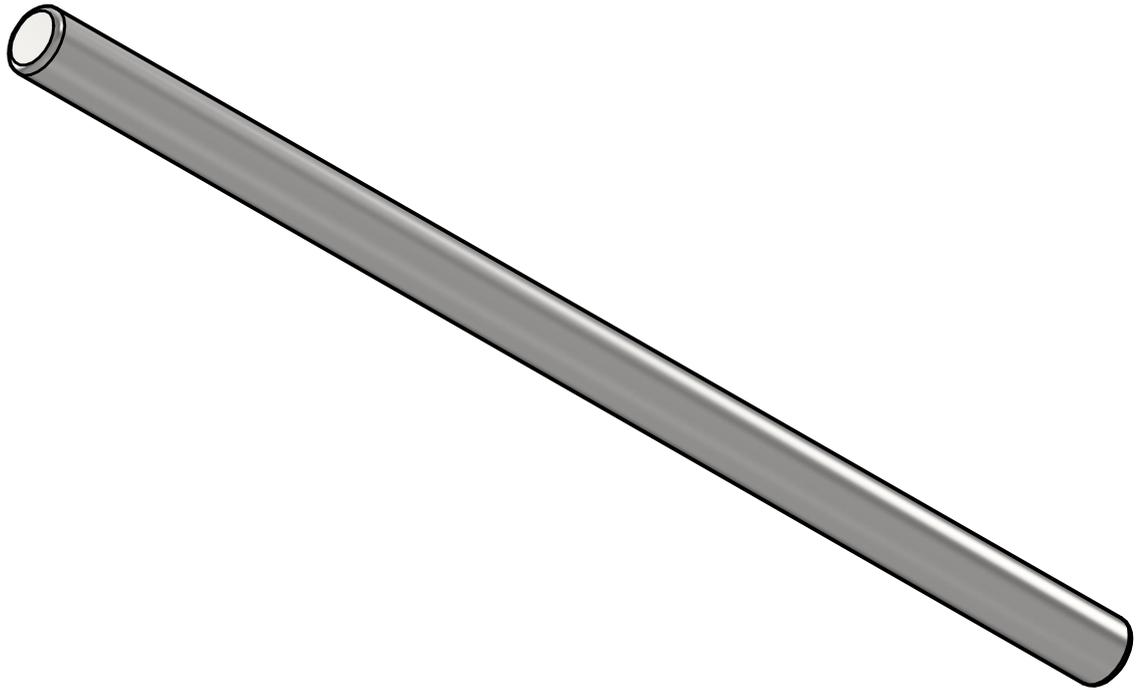
1	1	Soporte izquierdo 2	ASTM A36	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
<input checked="" type="checkbox"/> CICLO	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	20/07/23	Luis Chavez Mateo Avilés			
Comprobado	21/07/23	Ing. Christian Cobos			
Dibujo industrial					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
1:2	ISO 2768-m	MÁQUINA AUTOMÁTICA DE CORTE CON PLASMA			
Lámina:	12				



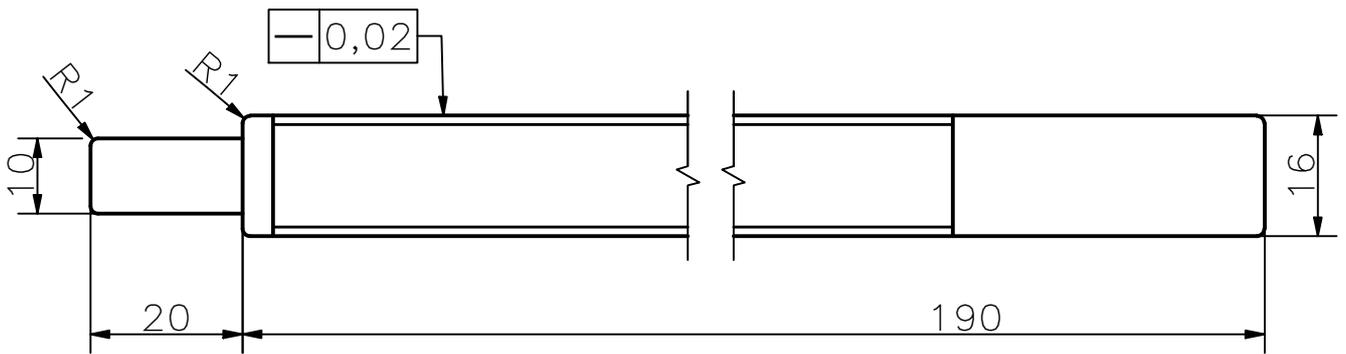
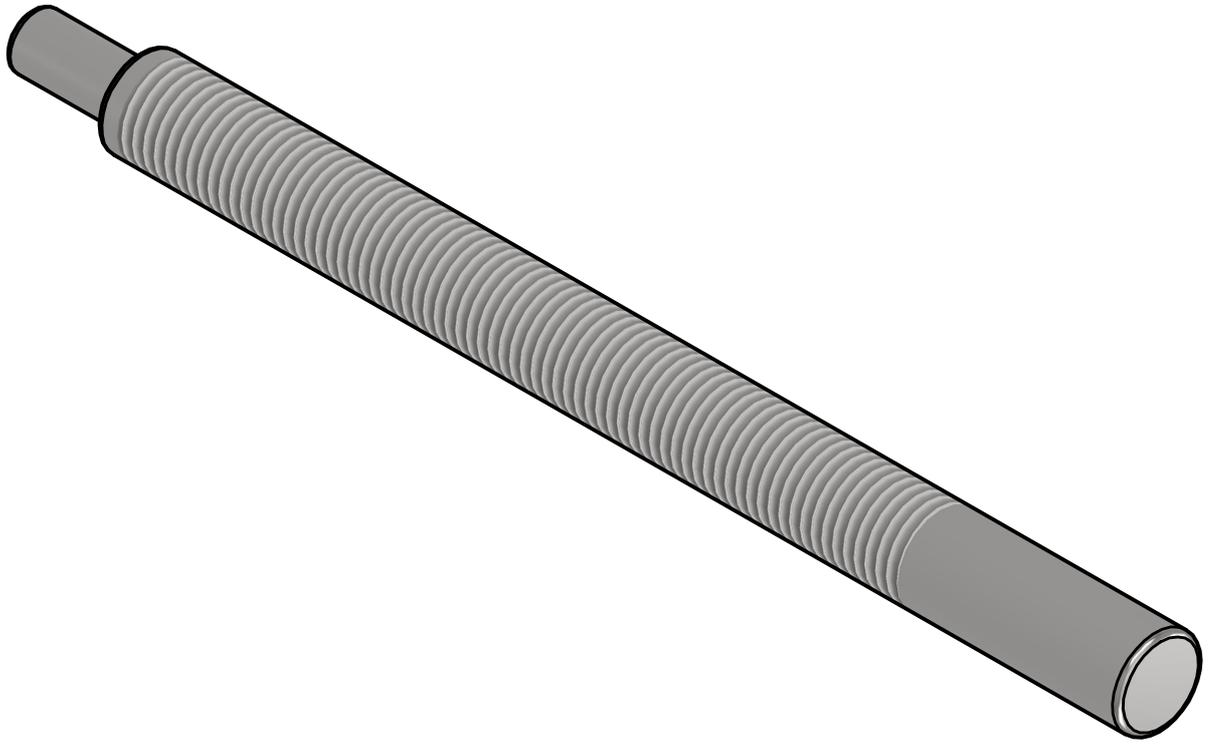
33	1	Eje de transmisión en Y	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
<input checked="" type="checkbox"/> CICLO	Fecha	Nombre	 <p>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA</p> <p>INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica</p>		
Dibujado	20/07/23	Luis Chavez Mateo Avilés			
Comprobado	21/07/23	Ing. Christian Cobos			
Dibujo industrial					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
1:3	ISO 2768-m	MÁQUINA AUTOMÁTICA DE CORTE CON PLASMA			
Lámina:	13				



11	1	Eje en Y	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
<input checked="" type="checkbox"/> CICLO		Fecha		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado	20/07/23	Nombre			
Comprobado	21/07/23	Ing. Christian Cobos			
Dibujo industrial					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
1:3	ISO 2768-m	MÁQUINA AUTOMÁTICA DE CORTE CON PLASMA			
Lámina:	14				

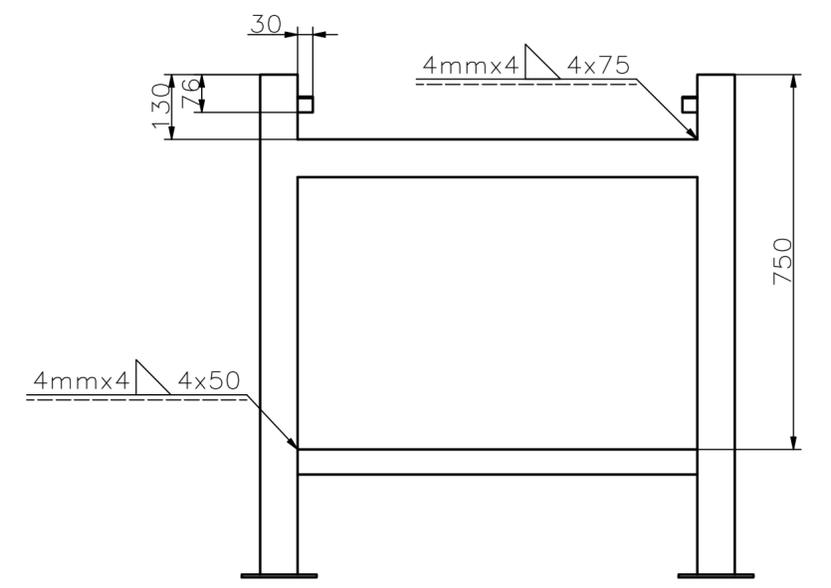
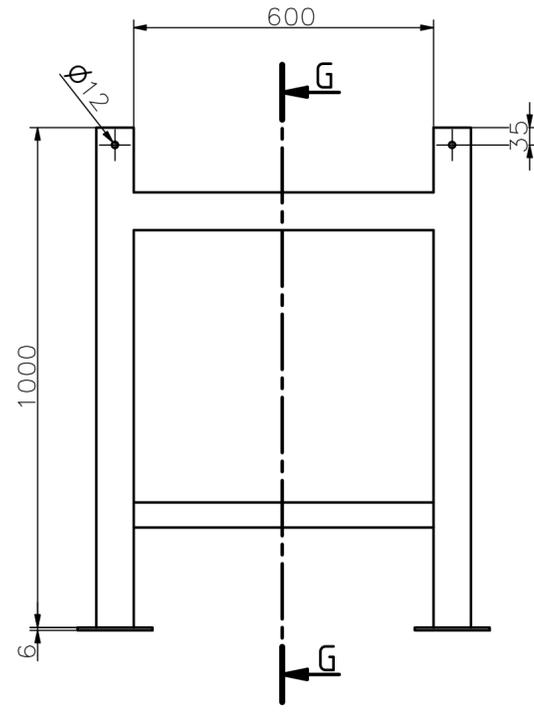
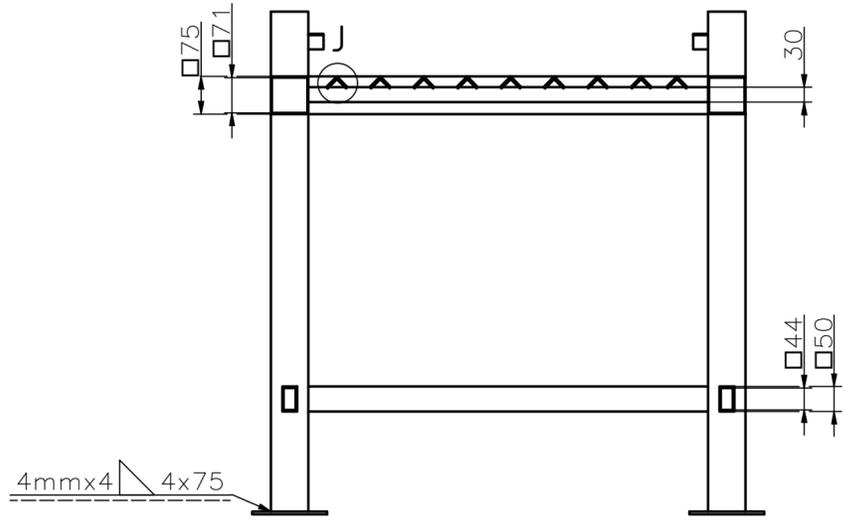


14	2	Eje en Z	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
<input checked="" type="checkbox"/> CICLO		Fecha	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
		Nombre			
Dibujado	20/07/23	Luis Chavez Mateo Avilés			
Comprobado	21/07/23	Ing. Christian Cobos			
Dibujo industrial					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
1:1	ISO 2768-m	MÁQUINA AUTOMÁTICA DE CORTE CON PLASMA			
Lámina:	15				

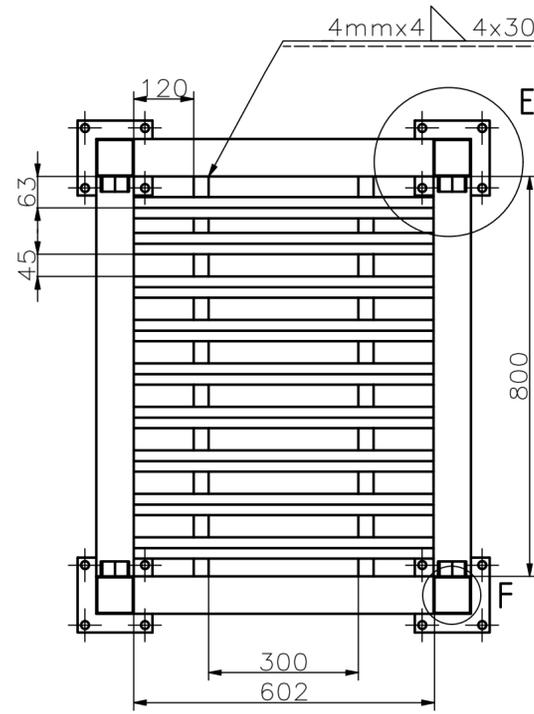
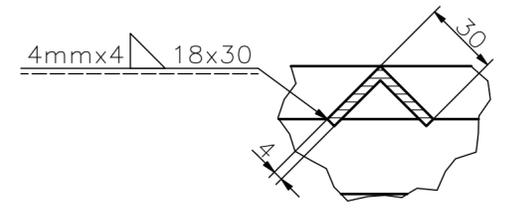


23	1	Eje de transmisión en Z	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
<input checked="" type="checkbox"/> CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	20/07/23	Luis Chavez Mateo Avilés			
Comprobado	21/07/23	Ing. Christian Cobos			
Dibujo industrial					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
1:1	ISO 2768-m	MÁQUINA AUTOMÁTICA DE CORTE CON PLASMA			
Lámina:	16				

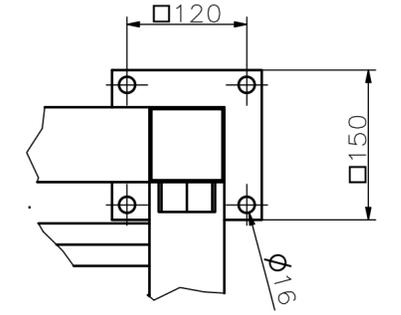
CORTE G-G



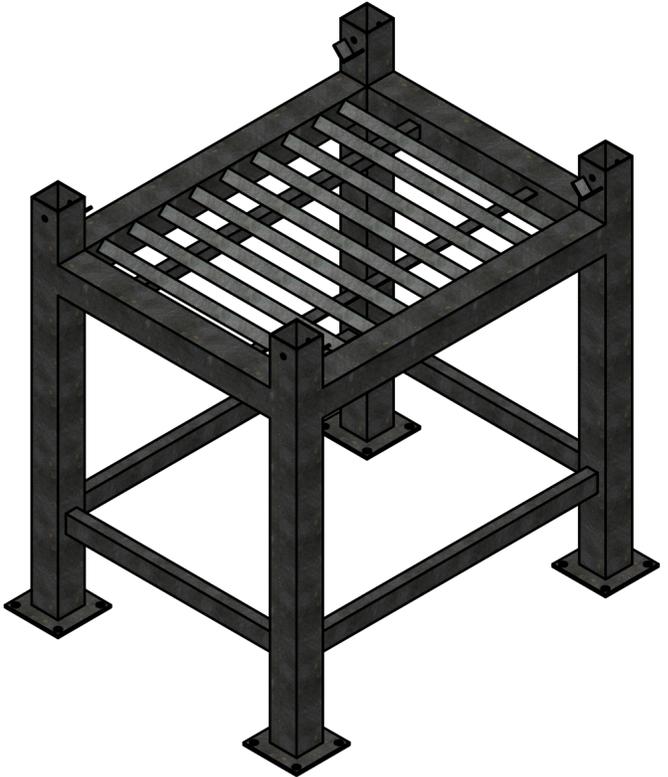
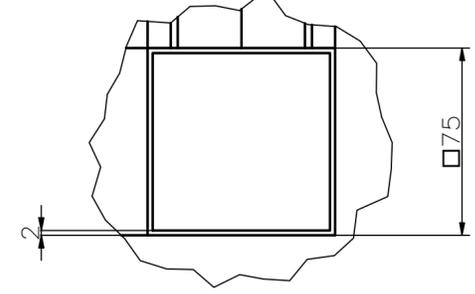
J (1:2)



DETALLE E (1:5)



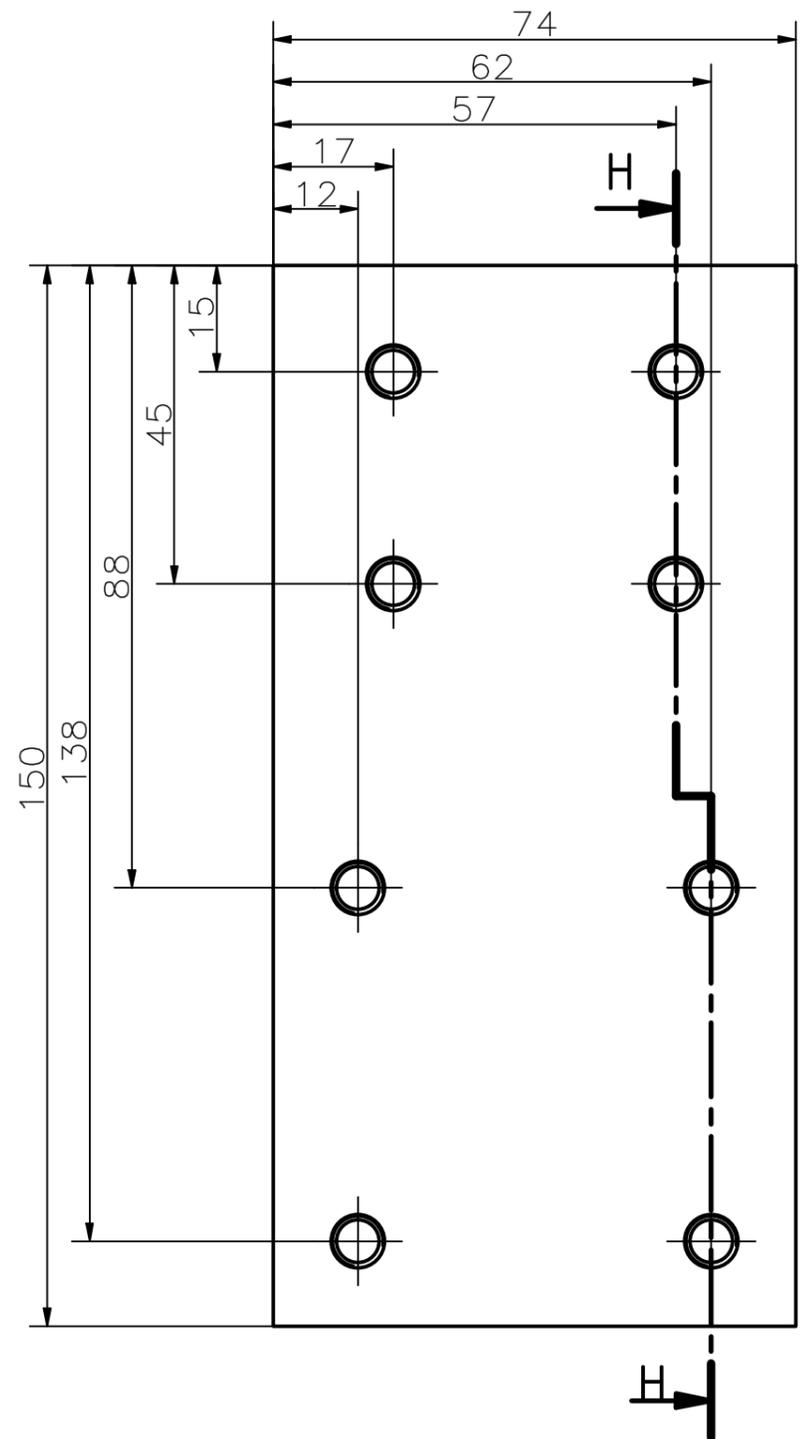
DETALLE F (1:2)



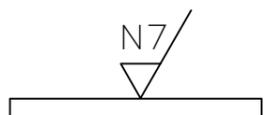
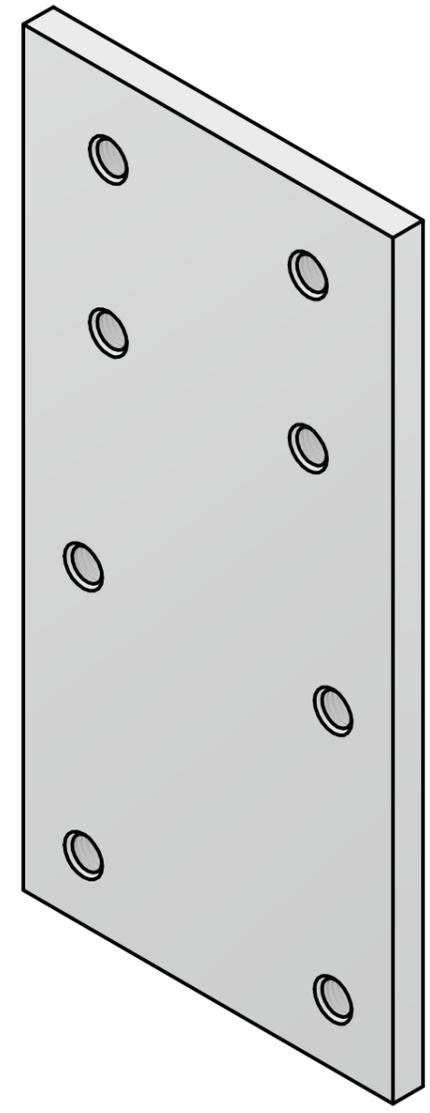
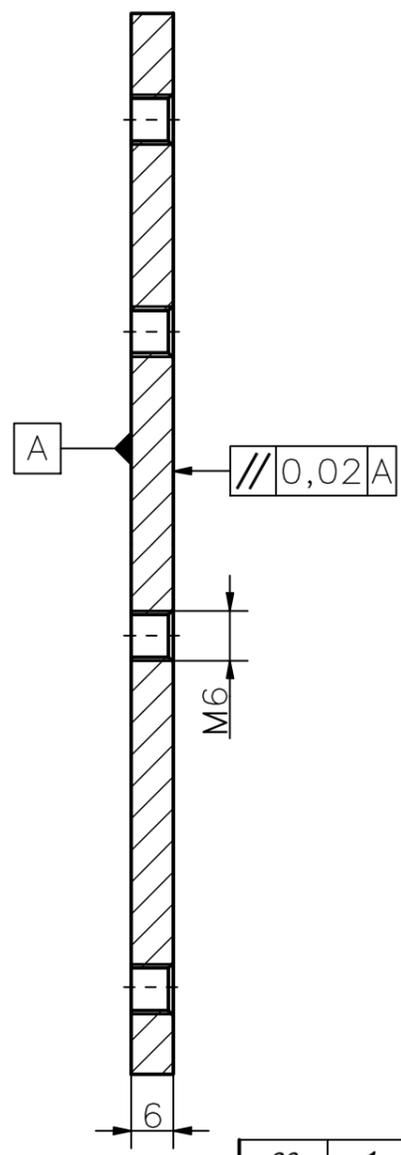
Nota: toda la suelda es realizada con electrodo 6011



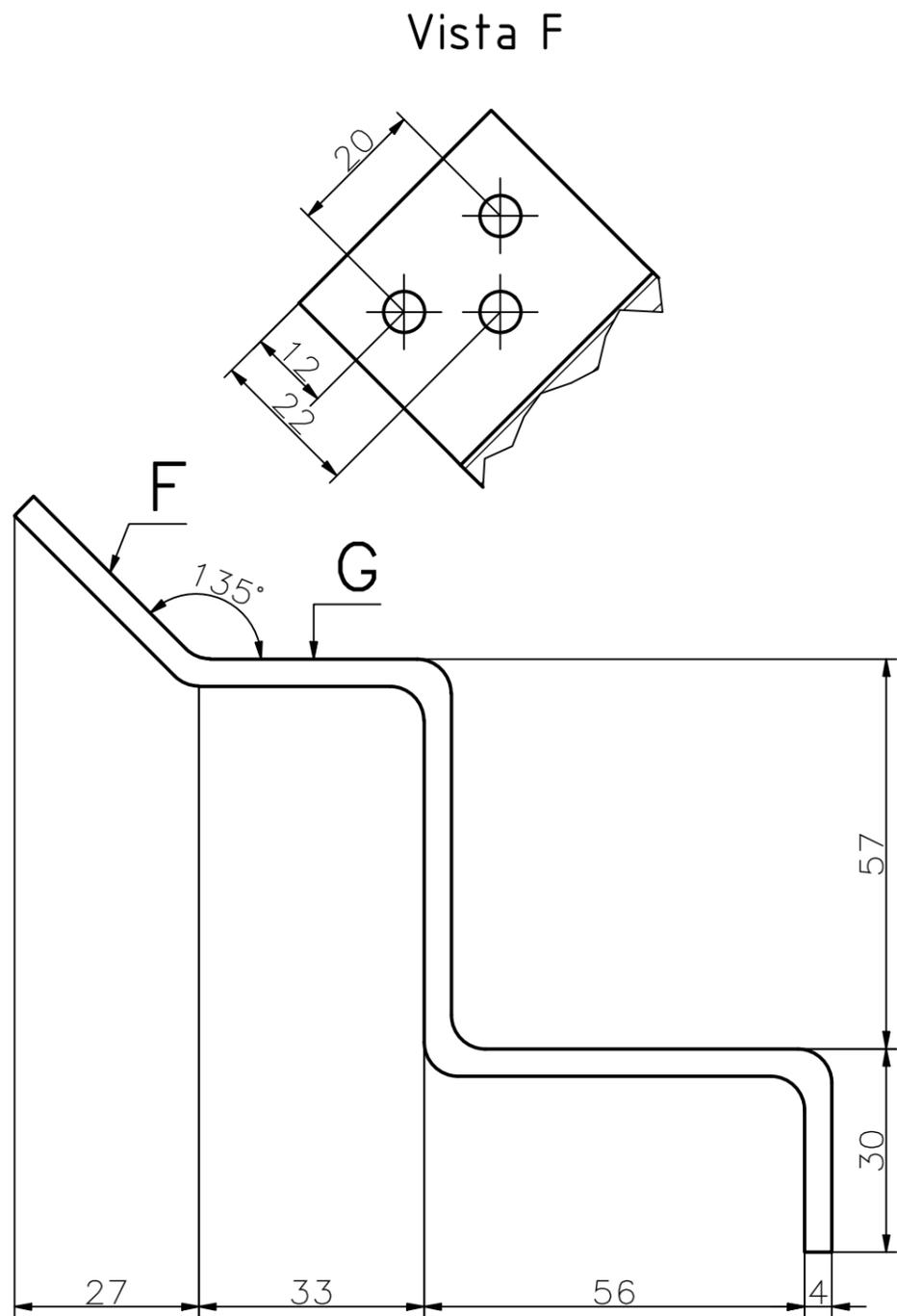
3	1	Mesa de trabajo	ASTM A36	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
X	CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado	20/07/23	Luis Chavez	Mateo Avilés		
Comprobado	21/07/23	Ing. Christian Cobos			
Dibujo industrial					
Escala:	1:10	Tol. gen.:	ISO 2768-m	Conjunto:	
Lámina:	17	MÁQUINA AUTOMÁTICA DE CORTE CON PLASMA			



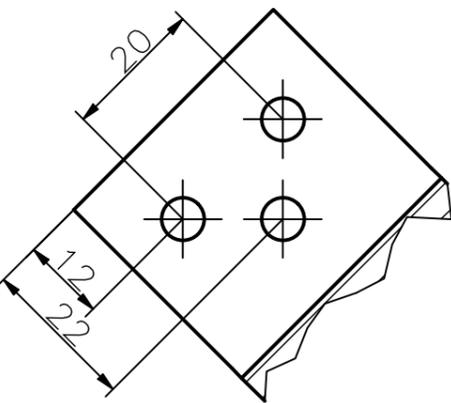
H-H (1 : 1)



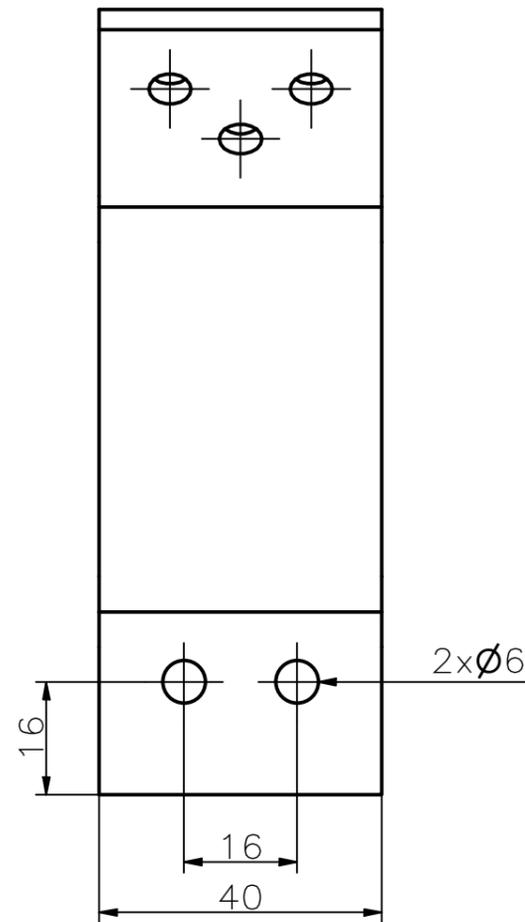
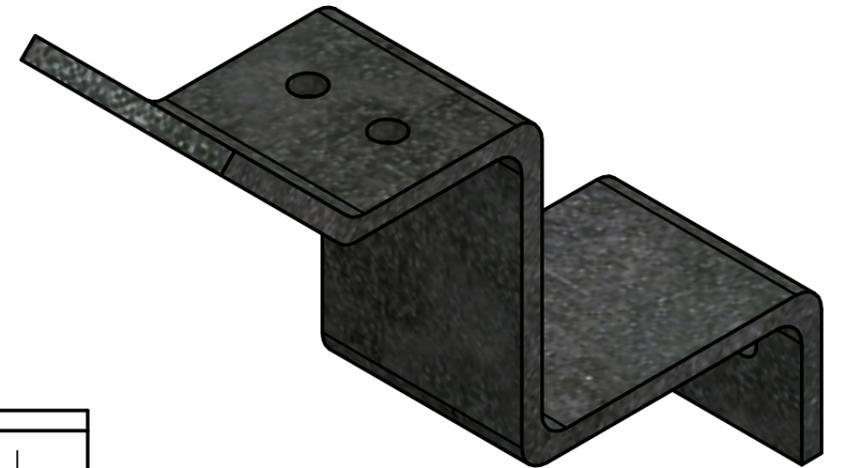
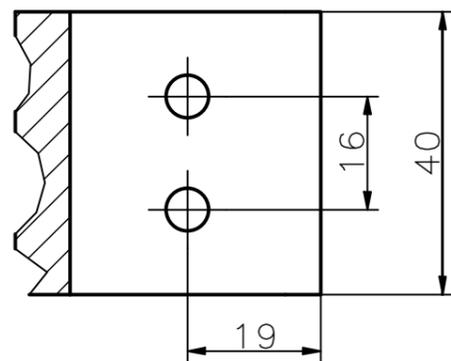
26	1	Placa 1	Aluminio	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
X CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA	INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado	20/07/23	Luis Chavez Mateo Avilés			
Comprobado	21/07/23	Ing. Christian Cobos			
Dibujo industrial					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
1:1	ISO 2768-m	MÁQUINA AUTOMÁTICA DE CORTE CON PLASMA			
Lámina:	18				



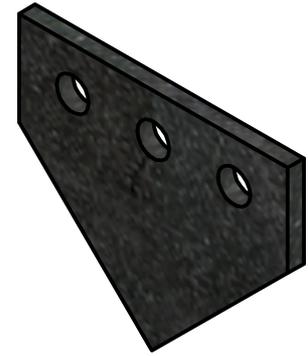
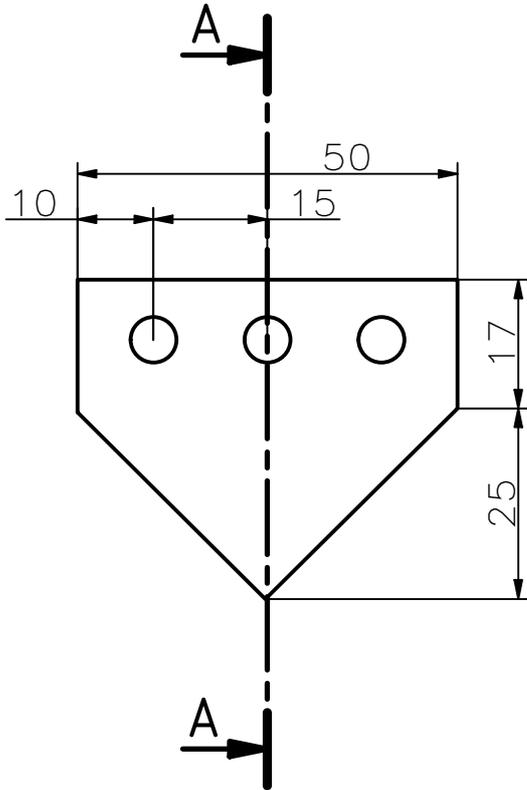
Vista F



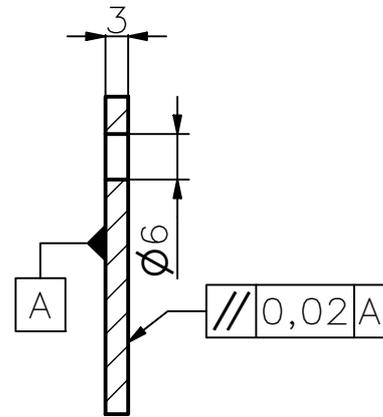
Vista G



7	1	Platina	ASTM A36	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
<input checked="" type="checkbox"/>		Fecha	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
		Nombre			
Dibujado	20/07/23	Luis Chavez Mateo Avilés			
Comprobado	21/07/23	Ing. Christian Cobos			
Dibujo industrial					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
1:1	ISO 2768-m	MÁQUINA AUTOMÁTICA DE CORTE CON PLASMA			
Lámina:	19				

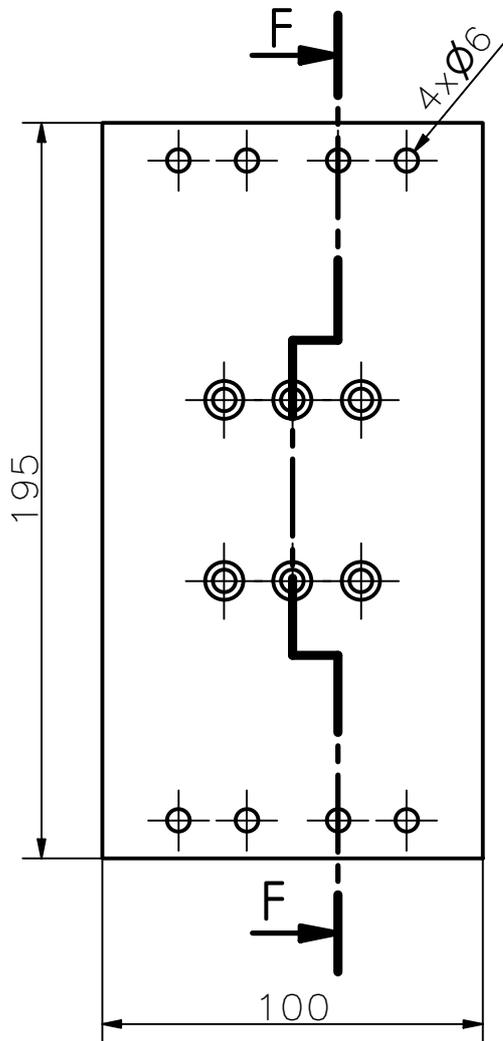


A-A (1 : 1)

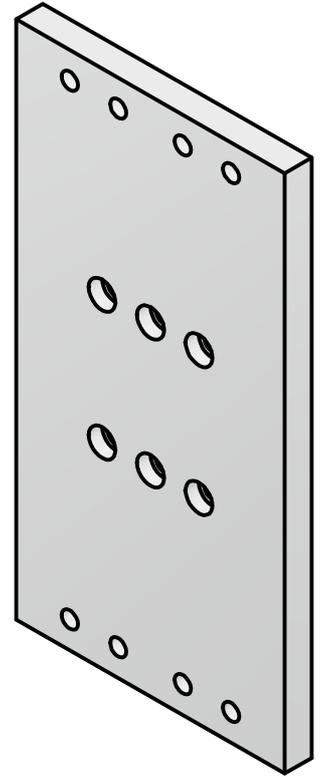
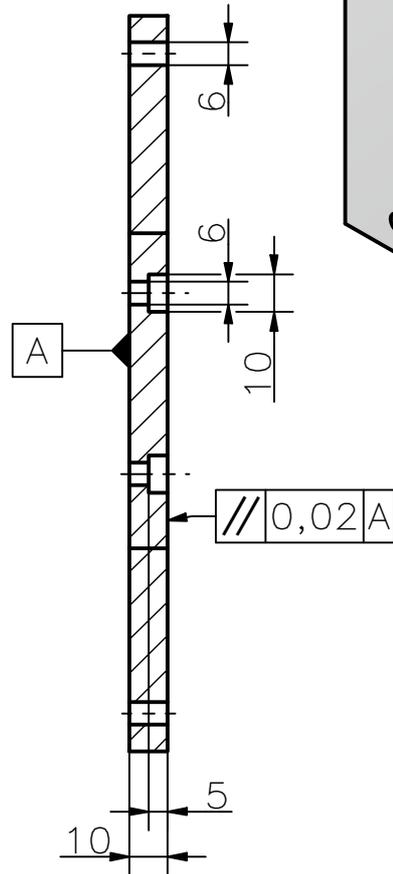


N7/

42	4	Topes rulinas	ASTM A36	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
<input checked="" type="checkbox"/> CICLO	Fecha	Nombre	<p>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA</p> <p>INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica</p>		
Dibujado	20/07/23	Luis Chavez Mateo Avilés			
Comprobado	21/07/23	Ing. Christian Cobos			
Dibujo industrial					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
1:1	ISO 2768-m	MÁQUINA AUTOMÁTICA DE CORTE CON PLASMA			
Lámina:	20				

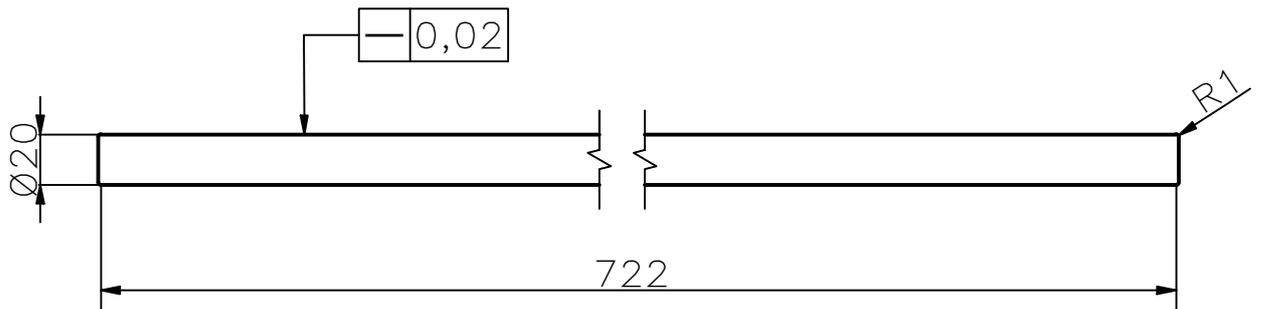
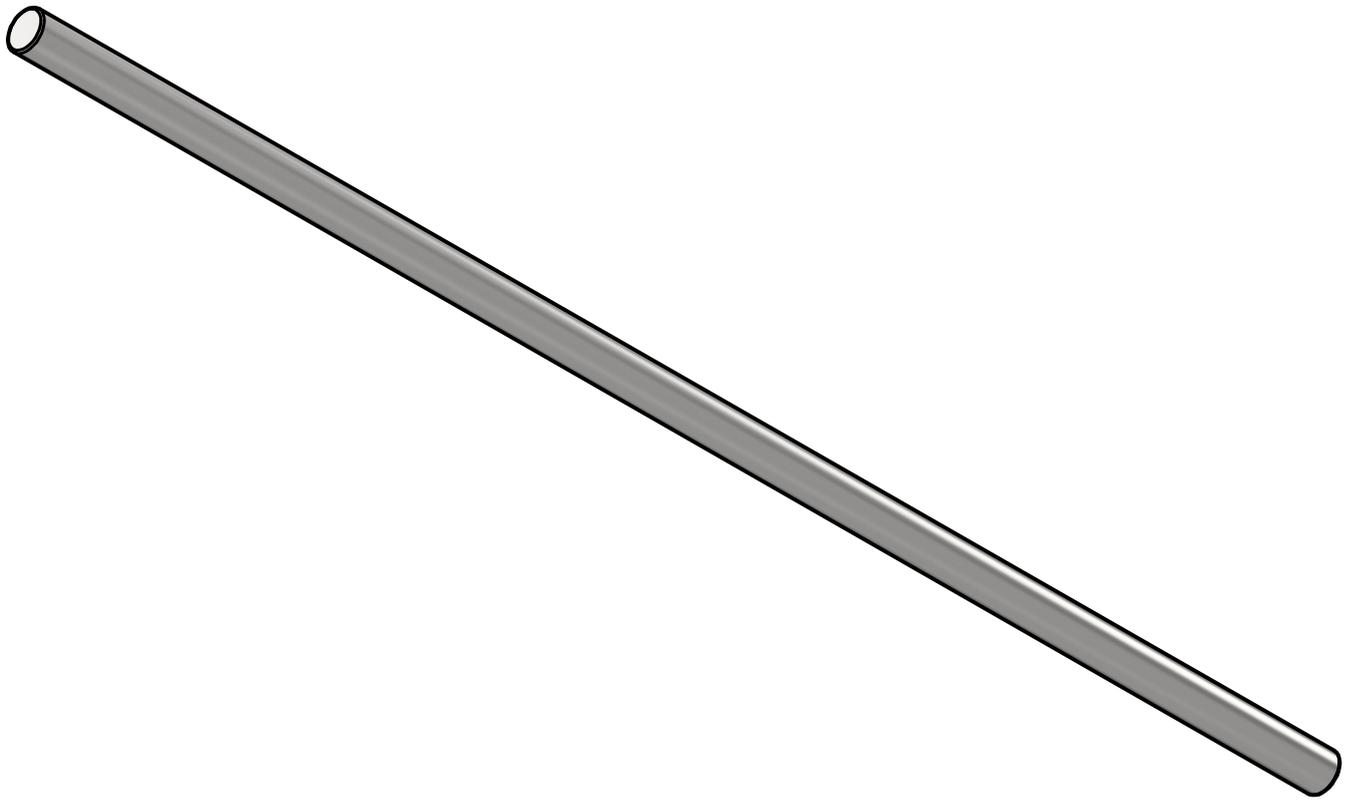


F-F (1 : 2)

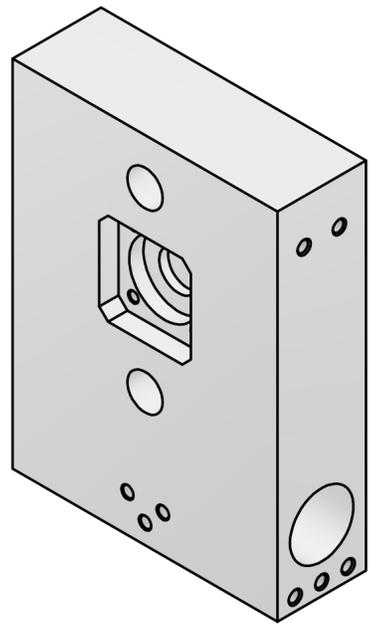


N7/

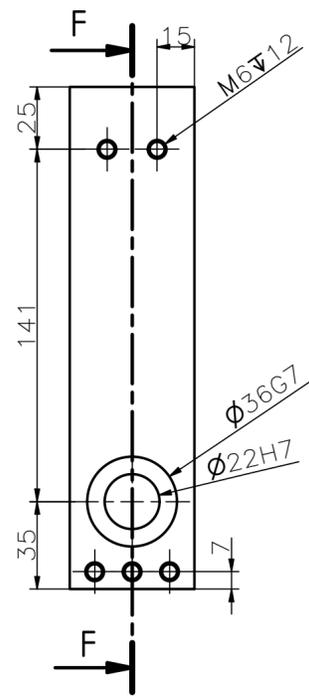
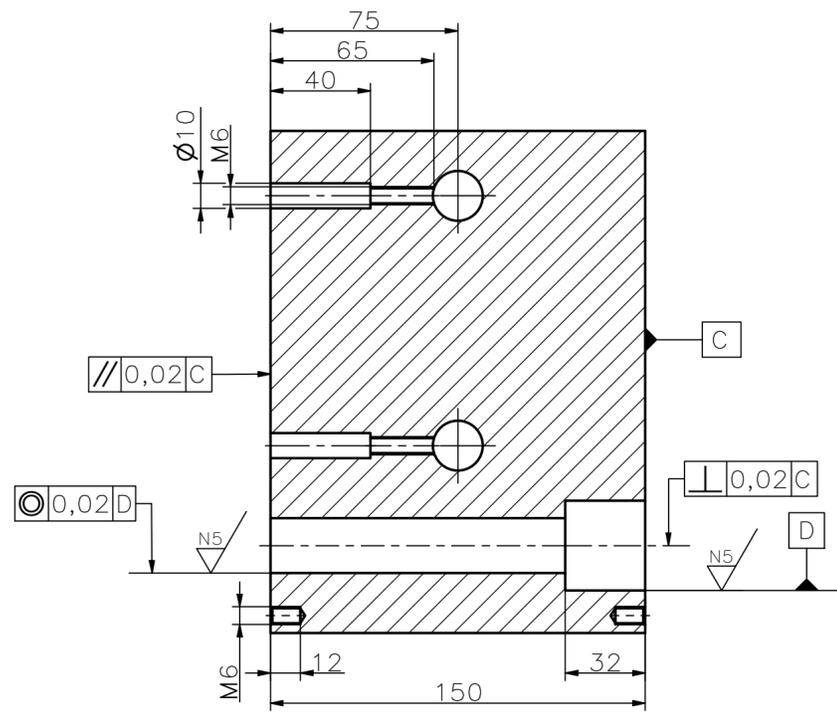
13	1	Placa 2	Aluminio	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
<input checked="" type="checkbox"/> CICLO		Fecha	<p>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA</p> <p>INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica</p>		
		Nombre			
Dibujado	20/07/23	Luis Chavez Mateo Avilés			
Comprobado	21/07/23	Ing. Christian Cobos			
Dibujo industrial					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
1:2	ISO 2768-m	MÁQUINA AUTOMÁTICA DE CORTE CON PLASMA			
Lámina:	21				



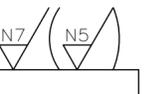
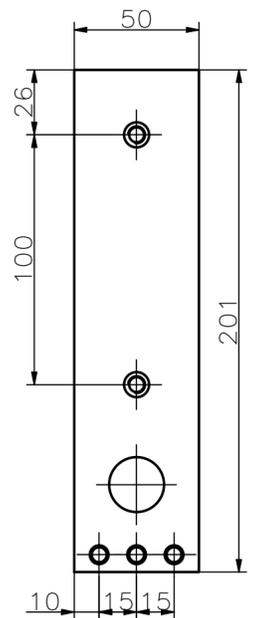
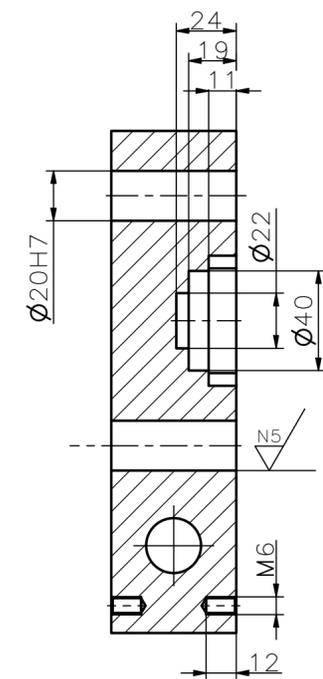
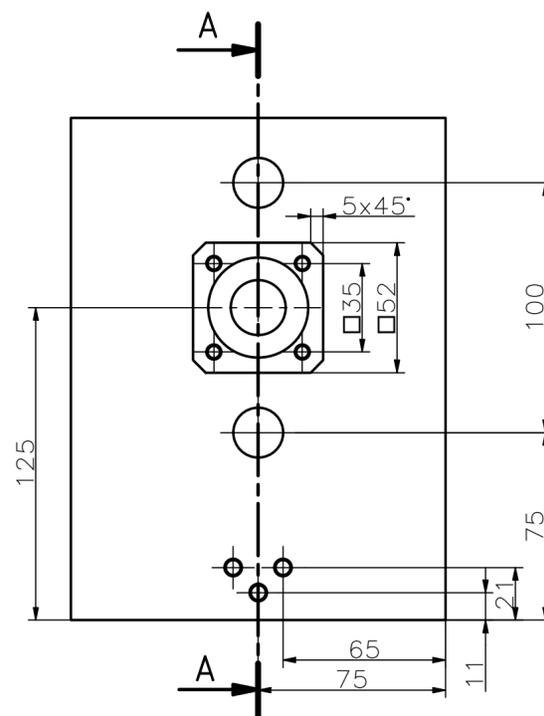
27	2	Eje en X	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
<input checked="" type="checkbox"/> CICLO		Fecha	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA	INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica	
		Nombre			
Dibujado	20/07/23	Luis Chavez Mateo Avilés			
Comprobado	21/07/23	Ing. Christian Cobos			
Dibujo industrial					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
1:3	ISO 2768-m	MÁQUINA AUTOMÁTICA DE CORTE CON PLASMA			
Lámina:	22				



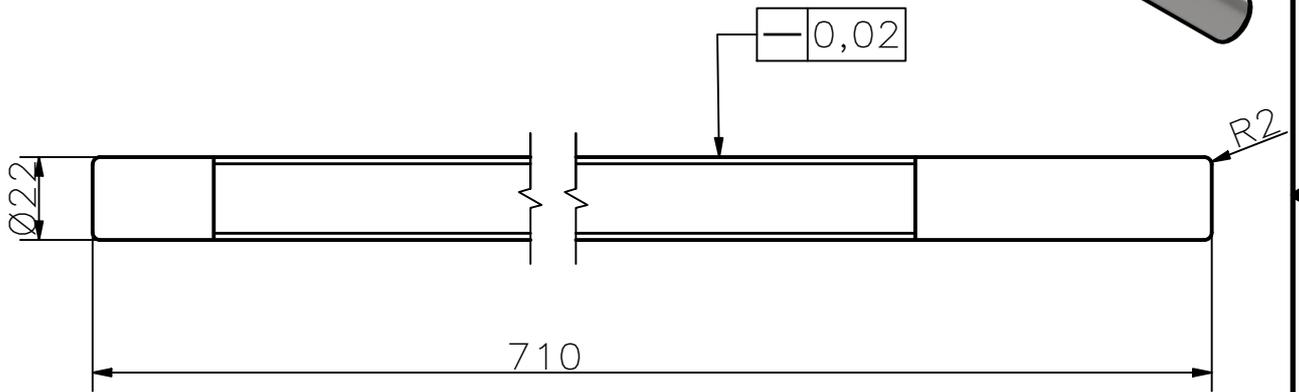
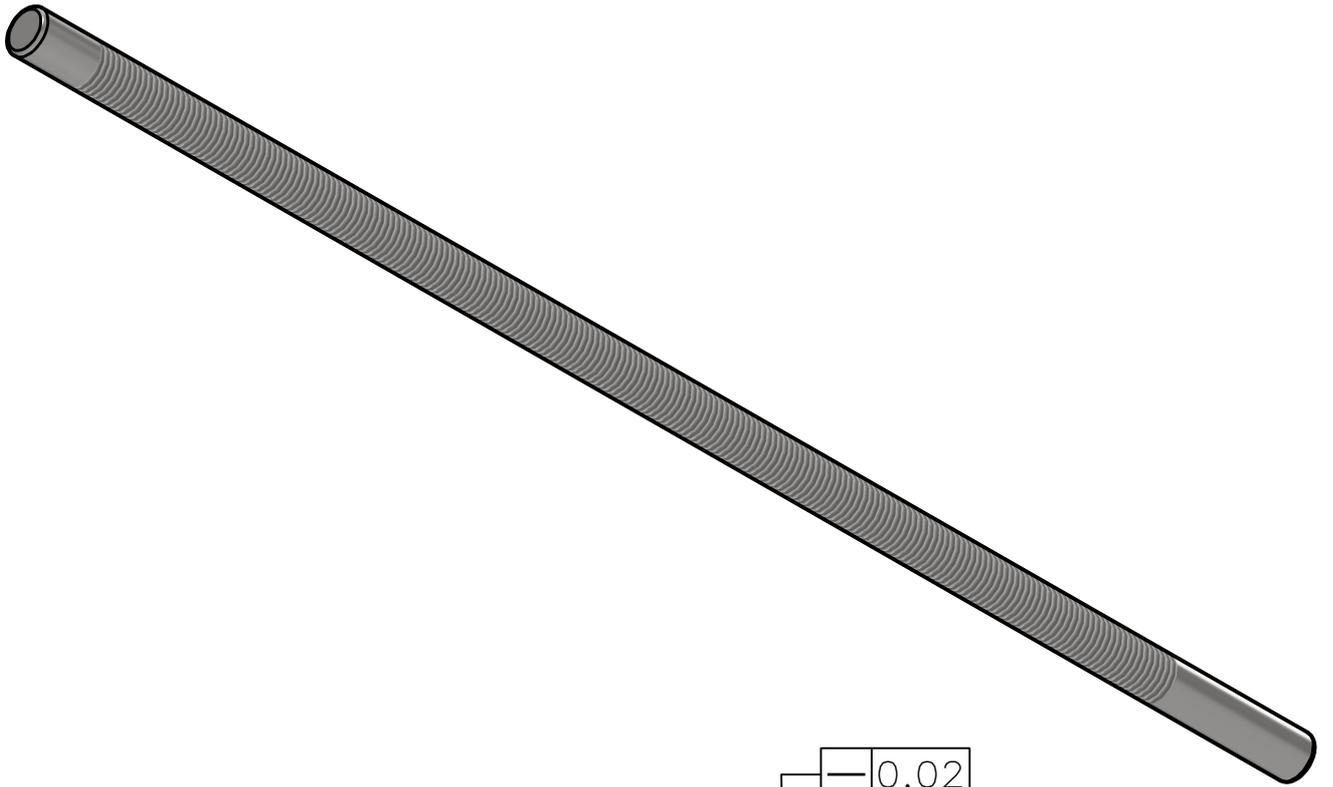
F-F (1 : 2)



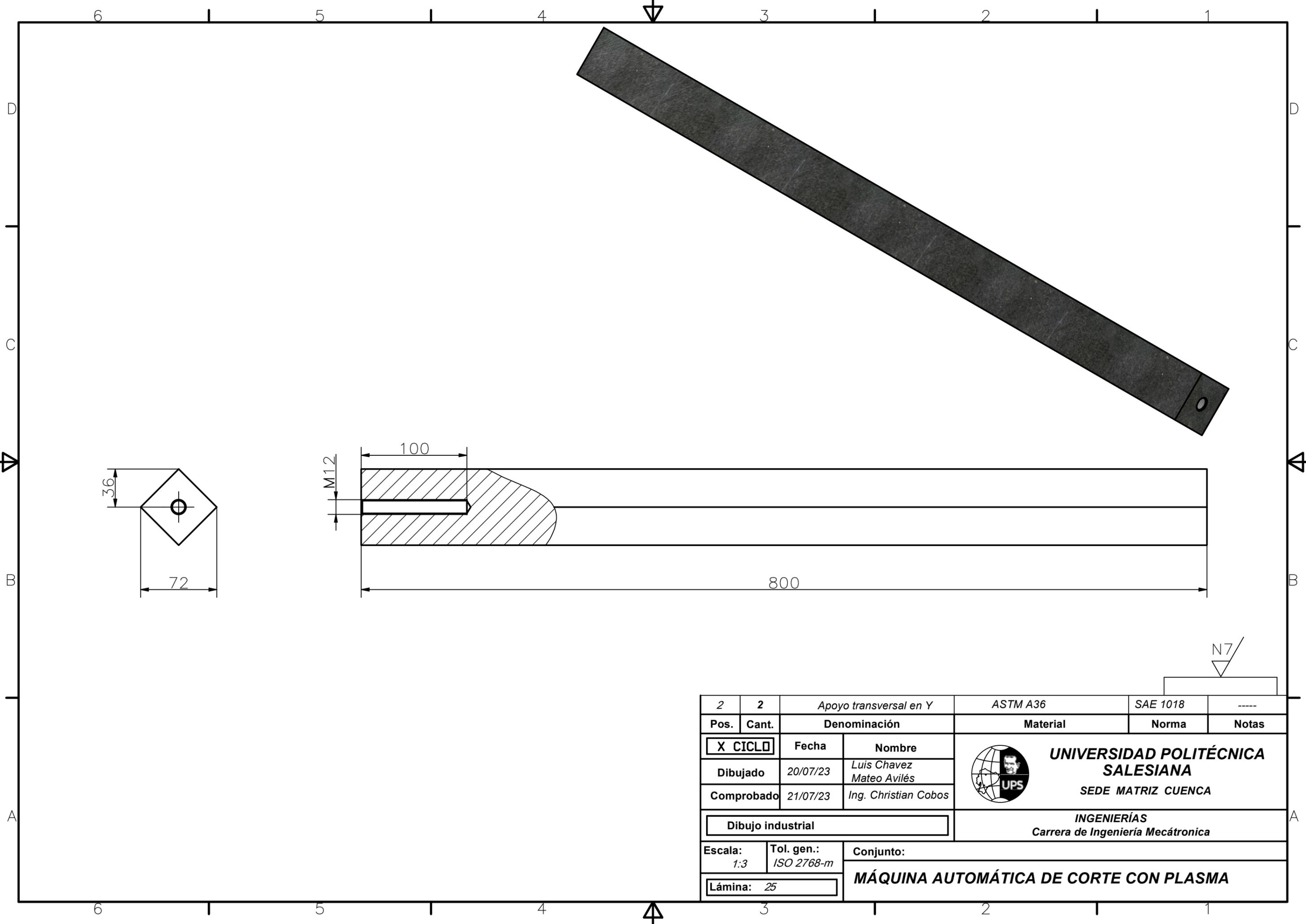
A-A (1 : 2)



9	1	Bloque Y	Aluminio	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
<input checked="" type="checkbox"/> CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	20/07/23	Luis Chavez Mateo Avilés			
Comprobado	21/07/23	Ing. Christian Cobos			
Dibujo industrial					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
1:2	ISO 2768-m				
Lámina:	23	MÁQUINA AUTOMÁTICA DE CORTE CON PLASMA			



28	1	Eje de transmisión X	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
<input checked="" type="checkbox"/> CICLO		Fecha		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado	20/07/23	Nombre			
Comprobado	21/07/23	Ing. Christian Cobos			
Dibujo industrial					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
1:2	ISO 2768-m	MÁQUINA AUTOMÁTICA DE CORTE CON PLASMA			
Lámina:	24				



2	2	Apoyo transversal en Y	ASTM A36	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
X CICLO		Fecha			
Dibujado	20/07/23	Nombre	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA		
Comprobado	21/07/23	Ing. Christian Cobos			
Dibujo industrial			INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Escala: 1:3	Tol. gen.: ISO 2768-m	Conjunto:			
Lámina: 25		MÁQUINA AUTOMÁTICA DE CORTE CON PLASMA			