



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO MECÁNICO**

TEMA:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MINI RÚTER CNC PARA MAQUINAR
TABLEROS DE FIBRA DE DENSIDAD MEDIA (MDF), PARA LA EMPRESA
“VISTA” DE LA CIUDAD DE AMBATO”**

AUTOR: Diego Fabricio Lascano Sánchez

TUTOR: Ing. Mg. Jorge Enrique López Velástegui

AMBATO - ECUADOR

Marzo - 2023

CERTIFICACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MINI RÚTER CNC PARA MAQUINAR TABLEROS DE FIBRA DE DENSIDAD MEDIA (MDF), PARA LA EMPRESA “VISTA” DE LA CIUDAD DE AMBATO”**, elaborado por el Señor Diego Fabricio Lascano Sánchez portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 1804907382, estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, marzo 2023



Ing. Mg. Jorge Enrique López Velástegui

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **Diego Fabricio Lascano Sánchez**, con C.I. **1804907382**, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Proyecto Técnico con el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MINI RÚTER CNC PARA MAQUINAR TABLEROS DE FIBRA DE DENSIDAD MEDIA (MDF), PARA LA EMPRESA “VISTA” DE LA CIUDAD DE AMBATO”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, marzo 2023



Diego Fabricio Lascano Sánchez

C.I. 1804907382

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, marzo 2023



Diego Fabricio Lascano Sánchez

C.I. 1804907382

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por el estudiante Diego Fabricio Lascano Sánchez de la Carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MINI RÚTER CNC PARA MAQUINAR TABLEROS DE FIBRA DE DENSIDAD MEDIA (MDF), PARA LA EMPRESA “VISTA” DE LA CIUDAD DE AMBATO”**

Ambato, marzo 2023

Para constancia firman:



Ing. Mg. Wilson Henry Vaca Ortega
MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. Mg. Diego Fernando Núñez Núñez
MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dotado con el don de la vida, la fuerza, voluntad y salud, por guiarme en el camino de la sabiduría y conocimiento.

A mis padres Lener Lascano y Mariana Sánchez a quienes, con su amor y bendiciones incondicionales a cada momento, quienes con gran sacrificio lograron que yo culmine con éxito mi carrera.

A mis hermanos Danilo y Lenin; por su apoyo y cariño, quienes estuvieron apoyándome en las buenas y en las malas.

A mi abuelita Regina quien, con sus consejos, vivencias, me ayudaron a caminar por el sendero de la rectitud y humildad, llegando a culminar esta etapa de mis estudios.

Diego Lascano.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme la fortaleza, para llegar a las metas que planteo al inicio del ciclo universitario.

Mi total gratitud a la Universidad Técnica de Ambato, de forma particular a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por haberme permitido formar parte de ella y culminar mi vida estudiantil.

A mi tutor: Ing. Mg. Jorge López por quien fue posible dar inicio y dar fin a esta investigación, gracias a su invaluable apoyo y colaboración.

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
CAPÍTULO I.....	1
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Tema.....	1
1.2 Antecedentes Investigativos	1
1.3 Justificación.....	2
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos específicos	5
1.5 Marco Teórico	6
1.5.1 Madera.....	6
1.5.2 Tipos de madera	6
1.5.3 MDF	8
1.5.4 Ciencia e ingeniería de los materiales	10
1.5.4.1 Materiales compuestos.....	10
1.5.4.2 Propiedades mecánicas de fibras	12
1.5.4.3 Clasificación de materiales compuestos	12
1.5.4.4 Clasificación de materiales por matriz.....	13

1.5.4.5	Compuesto con matriz polimérica	14
1.5.4.6	Matriz termoestable	14
1.5.4.7	Clasificación de materiales por refuerzo	15
1.5.5	Resinas	17
1.5.6	Beneficios de mecanizado a materiales compuestos.....	18
1.5.7	Router CNC.....	19
1.5.7.1	Sistemas mecánicos – motrices del router CNC.....	20
1.5.8	Parámetros de maquinado	22
1.5.9	Clasificación de controles	24
1.5.9.1	Programación en el control numérico.....	24
1.5.9.2	Códigos de programación	24
1.5.9.3	Velocidad de corte (V_c).....	27
1.5.9.4	Velocidad del husillo	27
1.5.9.5	Avance por revolución (F).....	27
1.5.9.6	Profundidad de corte (d)	27
1.5.9.7	Velocidad de avance de mesa (V_f)	28
CAPÍTULO II	29
METODOLOGÍA	29
2.1	Materiales y recursos	29
2.1.1	Materiales	29
2.1.1.1	Acero ASTM A 36.....	29
2.1.1.2	Tubo estructural ASTM A-500.....	30
2.1.1.3	El husillo	30
2.1.1.4	Cama de corte	31
2.1.1.5	Motor para Router CNC	31
2.1.1.6	Guías de movimiento lineal	32
2.2	Metodología aplicada al proyecto	32
2.2.1	Fases de desarrollo del proyecto	33
CAPITULO III	35
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
3.1	Selección de alternativas	35
3.1.1	Selección de alternativas en el sistema de transmisión de potencia y movimiento	35

3.1.1.1	Alternativas	35
3.1.1.2	Criterios a considerar	36
3.1.1.3	Selección de alternativa para el sistema de transmisión	40
3.1.2	Selección de alternativas en el sistema de guiado	41
3.1.2.1	Alternativas	41
3.1.2.2	Criterios a considerar	41
3.1.2.3	Selección de alternativa para el sistema de guías lineales	44
3.1.3	Sistema de control (movimiento)	44
3.1.4	Finales de carrera (elemento de seguridad)	46
3.1.5	Eje Z (Movimiento Horizontal)	46
3.2	Diseño del eje Z	47
3.2.1	Cálculo de Diámetro de eje de guías	47
3.2.2	Cálculo sistema de transmisión eje Z	51
3.2.3	Cálculo torque eje Z	55
3.3	Diseño del eje X	56
3.3.1	Cálculo del sistema de guiado eje X	56
3.3.2	Cálculo diámetro piñón eje X	60
3.3.3	Cálculo del torque eje X	61
3.3.4	Cálculo soporte eje X	61
3.4	Diseño del eje Y	64
3.4.1	Cálculo del sistema de guiado eje Y	64
3.4.2	Cálculo diámetro piñón eje Y	68
3.4.3	Cálculo del torque eje Y	69
3.4.4	Cálculo soporte eje Y	70
3.5	Selección de guías para el sistema X, Y	73
3.5.1	Carga dinámica eje X	74
3.5.2	Carga dinámica eje Y	76
3.6	Diseño de la mesa de soporte	77
3.6.1	Cálculo de pandeo estructura metálica	82
3.7	Acople de husillo de bolas a motor NEMA 23	85
3.8	Cálculo de Velocidades	86
3.8.1	Cálculo de velocidad de avance de mesa	87
3.8.2	Cálculo de velocidad del husillo	87
3.9	Sistema de control	87

3.9.1	Prueba de mecanizado.....	95
3.9.2	Diagramas de flujo	96
3.9.3	Sistema de control del proceso de fresado CNC.....	97
3.9.4	Diagrama eléctrico conexión motores.....	99
3.9.5	Sistema de procesos del router CNC.....	100
3.10	Análisis de costo	100
3.11	Especificaciones técnicas.....	102
3.12	Resultados de mecanizado por router CNC.....	106
3.13	Manual de uso y mantenimiento.....	107
3.13.1	Manual de uso	107
3.13.2	Montaje	109
3.13.3	Medidas de seguridad.....	109
3.13.4	Manual de mantenimiento.....	109
CAPITULO IV.....		113
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		113
4.1	CONCLUSIONES.....	113
4.2	RECOMENDACIONES	114
BIBLIOGRAFÍA		115
ANEXOS		119
PLANOS		128

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Clasificación de la madera por su origen.....	7
Figura 1-2: Espectro del conocimiento de materiales.....	10
Figura 1-3: Configuración básica de un material compuesto.	13
Figura 1-4: Composición de un material compuesto.....	13
Figura 1-5: Clasificación de materiales compuestos por refuerzo.....	16
Figura 1-6: Material compuesto estructural.....	17
Figura 1-7: Router CNC.	19
Figura 1-8: Eje X.	21
Figura 1-9: Eje y.	21
Figura 1-10: Eje Z.....	22
Figura 1-11: Mesa de trabajo.	22
Figura 2-1: Planchas de acero ASTM A-36.....	30
Figura 2-2: Tubería rectangular en acero ASTM A-500	30
Figura 2-3: Husillo para CNC de 16 mm x 400 mm paso 05	30
Figura 2-4: Mesa o cama de corte.....	31
Figura 2-5: Servomotor y controlador de husillo de enrutador CNC	31
Figura 2-6: Kit CNC de Carril de Guía Lineal para máquinas CNC.....	32
Figura 3-1: Kit Sfu1204.....	46
Figura 3-2: Guías SCS	47
Figura 3-3: Elementos pertenecientes al eje Z.....	47
Figura 3-4: Recorrido eje Z & carga.....	49
Figura 3-5: Cargas en la viga simplemente apoyada del sistema eje Z	49
Figura 3-6: Construcción de las líneas de falla en una columna y las líneas de falla por las diferentes condiciones en los extremos	52
Figura 3-7: Longitud efectiva de recorrido.....	54
Figura 3-8: Recorrido eje X & carga	57
Figura 3-9: Cargas en la viga simplemente apoyada del sistema eje X.....	57
Figura 3-10: Guía HGR	59
Figura 3-11: Momentos de inercia y centro de gravedad	59
Figura 3-12: Modelado de Piñón	60

Figura 3-13: Diseño eje X.....	62
Figura 3-14: Soporte Eje X.....	62
Figura 3-15: Recorrido eje Y & carga	65
Figura 3-16: Calculo reacciones y momento flector Eje Y	65
Figura 3-17: Guía SBR	67
Figura 3-18: Momentos de inercia y centro de gravedad.....	68
Figura 3-19: Modelado de Piñón (Geartrax).....	69
Figura 3-20: Recorrido eje Y & carga total	70
Figura 3-21: Diagrama de cuerpo libre soporte eje Y	71
Figura 3-22: Distribución de guías eje X.....	73
Figura 3-23: Distribución de guías eje Y	74
Figura 3-24: Vista en corte de guías HGR 15.....	74
Figura 3-25: Velocidad Vs Torque NEMA 34	76
Figura 3-26: Denominación de perfiles estructurales	78
Figura 3-27: Colocación de refuerzos.....	78
Figura 3-28: Colocación de sujeciones fijas	79
Figura 3-29: Implementación de la gravedad	79
Figura 3-30: Colocación de <i>WT</i>	80
Figura 3-31: Selección de material	80
Figura 3-32: Análisis de Stress (Von-Mises).....	81
Figura 3-33: Análisis de desplazamiento máximo.....	81
Figura 3-34: Fuerza ejercida en la pata.....	82
Figura 3-35: Colocación de acople flexible	85
Figura 3-36: Acople JH2.....	86
Figura 3-37: Características acoples JH1-JH2.....	86
Figura 3-38: Modelado para prueba de funcionamiento.....	88
Figura 3-39: Archivo formato DXF.....	88
Figura 3-40: Archivo en Estlcam.....	89
Figura 3-41: Colocación de trayectoria de corte exterior	89
Figura 3-42: Colocación de trayectoria de corte interior	90
Figura 3-43: Colocación de punto de inicio de corte.....	90
Figura 3-44: Colocación de punto lateral para corte interno	91
Figura 3-45: Colocación de herramientas y parámetros de corte	91

Figura 3-46: Trayectoria de corte	92
Figura 3-47: Generación de archivo para mach 3	92
Figura 3-48: Interfase software Estelcam	93
Figura 3-49: load G-Code	93
Figura 3-50: Programa cargado	94
Figura 3-51: Set Point ejes X, Y, Z	94
Figura 3-52: Comandos para ciclo de mecanizado	95
Figura 3-53: Ruta de mecanizado	95
Figura 3-54: Fin de mecanizado	96
Figura 3-55: Producto final	96
Figura 3-56: Diagrama de flujo	97
Figura 3-57: Diagrama de control laso cerrado	97
Figura 3-58: Diagrama de procesos	100
Figura 3-59: Corte interno y externo	106
Figura 3-60: Grabado de figuras complejas	107
Figura 3-61: Tallado de figuras complejas	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Composición química en porcentaje de algunas fibras vegetales [16]....	11
Tabla 1-2: Propiedades mecánicas de fibras [16].	12
Tabla 1-3: Matrices poliméricas para materiales compuestos [17].....	15
Tabla 1-4: Matrices poliméricas para materiales compuestos [16].....	17
Tabla 1-5: Parámetros de maquinado de materiales compuestos [23].....	22
Tabla 1-6: Parámetros de avance por carga de viruta [23].	23
Tabla 1-7: Parámetros de avance por carga de material [23].....	24
Tabla 1-8: Funciones M [11].	25
Tabla 1-9: Funciones G [25].	26
Tabla 1-10. Avance por diente de herramientas más comunes [27].	28
Tabla 3-1. Peso general de los factores para sistema transmisión de potencia y movimiento	37
Tabla 3-2. Peso relativo respecto a la eficiencia	38
Tabla 3-3. Peso relativo respecto a la precisión	38
Tabla 3-4. Peso relativo respecto al costo	38
Tabla 3-5. Peso relativo respecto a la construcción	39
Tabla 3-6. Peso relativo respecto a la vida útil	39
Tabla 3-7. Alternativas para el sistema de transmisión.....	40
Tabla 3-8. Peso general de los factores para sistema de guiado	41
Tabla 3-9. Peso relativo respecto a la eficiencia	42
Tabla 3-10. Peso relativo respecto a la precisión	42
Tabla 3-11. Peso relativo respecto al costo	43
Tabla 3-12. Peso relativo respecto a la construcción	43
Tabla 3-13. Peso relativo respecto a la vida útil	43
Tabla 3-14. Alternativas para el sistema de guiado	44
Tabla 3-15. Características de motores a utilizar [37].	45
Tabla 3-16: Masa de elementos pertenecientes al eje Z.....	48
Tabla 3-17: Dimensiones guía tipo SBR [41].....	67
Tabla 3-18: Aplicaciones en maquinarias y vida requerida (Referencia) [45].	75
Tabla 3-19: Costos de materiales	100
Tabla 3-20: Tabla de procesos realizados	102
Tabla 3-21: Costo de fabricación	102

RESUMEN

El presente trabajo de diseño y construcción se desarrolló acorde a las necesidades presentadas por la empresa VISTA, el cual inició con la obtención de figuras simples o complejas a partir del MDF, El principal factor para el desarrollo de este proyecto fue la disminución de tiempos y dificultades al momento de la obtención del producto final, mediante investigaciones se aplicaron varios conceptos y parámetros de precisión, de acabados que superaron a la capacidad manual del operario en cuanto a la realización de figuras con elementos en MDF, en las que se evidenció la necesidad de la implementación de un elemento controlado por un software con resultados aceptables, donde se pudo ingresar mediante código G generado por software especializado, él cual permitió una precisión mayor a la que puede presentar un operador artesanal sin el conocimiento de los beneficios que presenta una máquina de precisión.

Se aplicaron elementos cualitativos y cuantitativos los cuales demostraron disminución de tiempos, aumentando la calidad del producto a obtener con la facilidad de mecanizar, para esto se aplicaron los principios básicos de funcionamiento de una máquina de precisión, teniendo como resultado la fabricación del mini router CNC.

Palabras claves: CNC, Control de calidad, Router, Acero ASTM, Motor CNC, MDF, Cargas dinámicas

ABSTRACT

The present design and construction work was developed according to the needs presented by the VISTA company, which began with obtaining simple or complex figures from MDF. The main factor for the development of this project was the reduction of time and difficulties at the time of obtaining the final product, through research several concepts and precision parameters were applied, of finishes that exceeded the manual capacity of the operator in terms of making figures with elements in MDF, in which the need was evidenced of the implementation of an element controlled by software with acceptable results, where it was possible to enter by means of a G code generated by specialized software, which allowed a greater precision than what a craft operator can present without the knowledge of the benefits that a machine presents of precision.

Qualitative and quantitative elements were applied which demonstrated a reduction in time, increasing the quality of the product to be obtained with the ease of machining, for this the basic principles of operation of a precision machine were applied, resulting in the manufacture of the mini CNC router.

Keywords: CNC, Quality Control, Router, ASTM Steel, CNC Motor, MDF, Dynamic Loads

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Tema

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MINI RÚTER CNC PARA MAQUINAR TABLEROS DE FIBRA DE DENSIDAD MEDIA (MDF), PARA LA EMPRESA “VISTA” DE LA CIUDAD DE AMBATO

1.2 Antecedentes Investigativos

Los antecedentes investigativos referentes al proyecto son:

Según Racines [1], menciona que el tiempo y el costo de corte de piezas fuera de la empresa es alto, lo cual se puede reducirse optimizando recursos y tiempo de montaje de muebles introduciendo una máquina CNC, además de fabricar piezas, también producir elementos de forma más eficiente. Mobiliario con diseños variados y creativos a pedido, donde se puede elegir entre dos fuentes de alimentación Leadshine RPS4810, que alimentan el sistema de drivers, consumiendo 16A a máxima carga para evitar pérdidas de corriente, junto con una fresa de 3 mm de diámetro, con alimentación y velocidades sugeridas para maquinar MDF correctamente y sin despostillarlo.

Mientras que Gauna [2] propone que el objetivo principal del proyecto es preparar un diseño CNC donde se utiliza el programa SolidWorks para modelar la estructura junto con los componentes mecánicos elegidos; en tanto que se usa el programa universal G code sender, para controlar el enrutador CNC, así como los motores NEMA 17, incrementando la potencia al acoplar los motores rotatorios y otras herramienta de corte a la estructura, lo cual mejora la profundidad de corte, para disminuir los tiempos de mecanizado, lo cual se da dependiendo de los materiales a mecanizar, que pueden ser madera, mapresa en crudo, nylon y aluminio.

De igual manera Cortez, Pérez y Recinos [3], dicen que el proyecto tuvo la finalidad de ensamblar una máquina CNC para la creación de placas de circuitos impresos o PCB's, para lo cual la elaboración de un análisis, es lo adecuado para todas las pruebas y experimentos realizados, donde se da el desarrollo de una máquina CNC con tres ejes en el plano cartesiano, para cada cara, en función de los puntos X, Y, Z; desde la aplicación empleada en la creación de una baquelita; donde el análisis toma en cuenta la durabilidad y confiabilidad de la resistencia de la máquina, la cual varía ajustando por revoluciones por segundo, cuando no logra el movimiento del motor en el lugar deseado.

En tanto que Julon [4], menciona que para realizar el corte de piezas con cortadoras láser o routers CNC, permite obtener piezas de alta calidad y evitar la desalineación del eje guía, que se utiliza para soportar los ejes X, Y, Z, asegurando el funcionamiento continuo del motor paso a paso, utilizando un controlador con potencia superior a la requerida por el motor, evitará que el controlador se caliente y genere pérdida de pasos, concluyendo que se debe extremar el cuidado en la alineación de los ejes guía de apoyo para él, los ejes X, Y y Z, ya que si no se cuida este detalle se producirían interferencias al resbalar las partes móviles del aparato, también cabe señalar que el sistema no es totalmente automático, pues el único inconveniente que surge es cuando el cambio de herramienta se tiene que hacer manualmente.

Finalmente, Castillo [5], manifiesta que en el diseño e implementación de un router CNC, se procedió al análisis y selección de componentes, así como la fabricación de piezas para distinto uso y funcionamiento realizadas de materiales como: aluminio, madera, acrílico, entre otros; donde el maquinado forma parte de las funciones del mismo, la cual es una herramienta eficaz para la elaboración de cortes especializados, placas electrónicas, etc., donde su funcionamiento, representa una alternativa efectiva y de fácil entendimiento para la construcción de diferentes diseños.

1.3 Justificación

El presente trabajo de investigación se enfoca en el diseño y construcción de un mini rúter CNC para madera, debido a que la tecnología ha venido evolucionando a grandes pasos, donde las industrias deben adaptarse a el uso de este tipo de maquinaria, ya que

al utilizar un equipo de control numérico computarizado (CNC) se logra alcanzar precisión al realizar elementos mecánicos al ser controlados por una computadora [6].

Este proyecto responde a la necesidad que tiene la empresa, la cual se origina por tener un mercado altamente competitivo, tecnológico; por lo que apoyará a la empresa, a manufacturar las tarjetas de madera, los moldes, así como los adornos y en especial los elementos modulares en MDF, con costos accesibles, disminuyendo los gastos que se dan al tener que realizar los trabajos en talleres externos, incrementando los ingresos económicos al realizar detalles de grabado en madera.

En función de la alta demanda que se dan en la actualidad en los mercados locales y nacionales, obliga a “VISTA” a generar cambios con un nuevo enfoque que brinde mayor precisión de trabajo al acabado de sus productos.

La factibilidad de realización es amplia, envista que se cuenta con el interés a aprobación del propietario de la empresa “VISTA”, obteniendo datos importantes del desarrollo del proceso de moldurado.

El rúter brinda grandes ventajas, debido a que se puede realizar modificaciones que el operario necesite, en el código fuente, logrando así que se hagan trabajos personalizados [7].

Para la construcción del rúter, se adquirirían elementos que se encuentren en los mercados locales o nacionales.

En el mini rúter CNC hay pruebas que se pueden realizar como de rugosidad, velocidad, prueba de herramientas, estas pruebas son parte de la metrología que se ha de poder analizar cuando la máquina esté en funcionamiento y así influir en los estudiantes un análisis crítico en las líneas de ensamblaje es decir tener decisión en el momento de utilizar calibres pasa no pasa [8].

El mecanizado de madera consiste en dar forma o acabado a una determinada pieza, mediante un proceso que implica una pérdida de material mínimo, en un tiempo mínimo determinado, en función del arranque de viruta, definida geoméricamente, optimizando

y reduciendo los recursos utilizados para el proceso de construcción, como la mano de obra, las herramientas y materiales que suelen emplearse para el proceso [9].

Según Delgado [9], expresa que en el mecanizado los parámetros a tomar en cuenta son:

- Fresa, la cual es considerada con una herramienta útil a la hora de realizar un corte o tallado.
- Parámetros de corte de la herramienta, estos parámetros son:
 - a) Diámetro de la fresa
 - b) Numero de dientes
- Velocidades y avances, esta sección se da:
 - a) Velocidad del husillo
 - b) Velocidad de corte
 - c) Avance por diente
 - d) Avance por revolución
 - e) Avance por minuto
- Parámetros de la pieza a maquinar
 - a) Profundidad de corte axial
 - b) Anchura de corte radial
- Potencia neta, par y fuerza de corte específica
 - a) Par
 - b) Potencia neta
 - c) Fuerza de corte específica
- El número de ejes que manejan estas máquinas son:
 - Dos ejes, se mueve solo el cabezal en dirección de “x” e “z”
 - Tres ejes, el fresado básico, se mueve en “x”, “y” e “z”
 - Cuatro ejes con un cabezal indexado
 - Cinco ejes, con un cabezal indexado con pivote hacia arriba y hacia abajo

Con la manufacturación de la máquina se busca una técnica que permita el mejoramiento del funcionamiento de una determinada máquina o proceso de producción, obteniendo más altos rendimientos con un aumento de productividad.

Por lo que incorpora las tres funciones básicas que son:

- Control automático de la máquina
- Algún sistema de autorregulación o de realimentación
- Manejo coordinando del material

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Diseñar y construir un mini rúter CNC para tableros de fibra de densidad media (MDF), para la empresa “VISTA”.

1.4.2 Objetivos específicos

Estudiar diseños y funcionamiento de rúters CNC existentes en el mercado, mediante fuentes bibliográficas y fichas técnicas.

Por medio de una investigación bibliográfica, delimitada por fuentes y fichas técnicas, se determinará routers para el proceso de manufactura en madera, destacando sus tipos, funcionamiento, así como la fundamentación de automatización, tecnología CNC, control numérico computarizado y códigos de programación, donde se destacan los de tipo M, G y N, entre otros.

Mediante criterios de diseño se determinaría, los parámetros necesarios requeridos como son la fuerza, la velocidad y la potencia de corte, en función de la madera MDF que requiere maquinar.

Construir un mini rúter CNC para tableros de fibra de densidad media (MDF) con capacidad de corte en media plancha en varios tamaños de plancha.

Este objetivo se cumplirá con la construcción del rúter CNC, definido en el diseño, el cual se dará en función de los parámetros determinados para maquinar tableros de fibra de densidad media MDF.

Evaluar el funcionamiento del mini rúter CNC para madera mediante aplicaciones prácticas.

Finalmente, este último objetivo, se cumplirá con pruebas de funcionamiento empleando el mini rúter CNC en aplicaciones prácticas, donde se evaluará los parámetros delimitados, para cortar planchas de madera MDF.

1.5 Marco Teórico

1.5.1 Madera

La madera es un material ortótropo, duro y fibroso, formado a partir de troncos de árboles que se desarrollan a lo largo de los años, formando anillos concéntricos correspondientes al crecimiento de la biomasa, recubierta de lignina, que es un componente muerto, por lo que es dura y resistente; el cual es utilizado para decorar, tapizar o fabricar muebles, como el nogal, tiene vetas rectas y paralelas y un color oscuro que le da un aspecto muy atractivo, con su dureza se convierte en una de las maderas más adecuadas [10].

1.5.2 Tipos de madera

Por su origen en la naturaleza, la madera se clasifica según la figura 1-1 en:

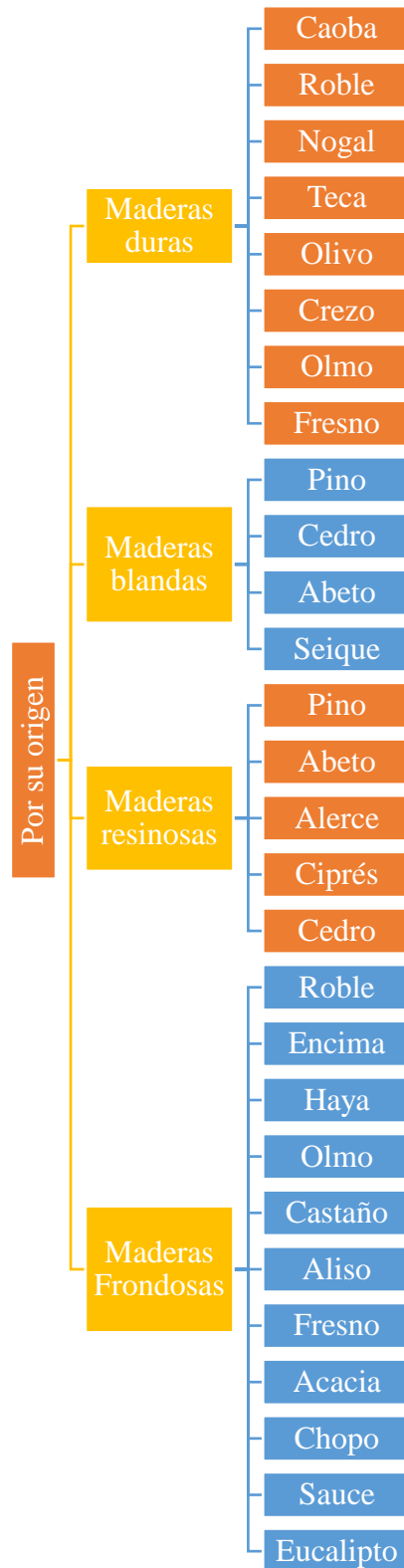


Figura 1-1: Clasificación de la madera por su origen [11].

Por lo que:

- Maderas duras, son aquellas que provienen de árboles de un crecimiento lento.

- Maderas blandas, estas se dan de árboles de crecimiento rápido.
- Maderas resinosas, son aquellos que se dan de árboles de zonas frías y templadas.
- Maderas frondosas, provienen de árboles característicos de zonas templadas y tropicales [11].

Según [11], la clasificación de la madera, según su densidad es:

- Madera ligera, la cual tiene una densidad menor a 500 kg/m³.
- Madera medio ligera, esta tiene una densidad que va desde 500 – 599 kg/m³.
- Madera de peso medio, en este grupo se encuentra aquel material que tienen una densidad de 600 - 699 kg/m³.
- Madera pesada, en este grupo se ubica aquellos que están de 700 – 799 kg/m³.
- Madera muy pesada, en este grupo se encuentra aquellas que tienen una densidad mayor a los 800.

1.5.3 MDF

Es un tipo de madera empleado para completar varios tipos de acabados, el cual es resistente, donde las propiedades físicas y mecánicas del material, dependen de la cantidad de fibra acumulada, su orientación o la estructura del manto, el desempeño de los adhesivos y los parámetros tecnológicos de prensado en caliente, por lo que su nombre parte de las siglas en inglés que significa Medium Density Fibreboard, que traducido quiere decir Fibra de Madera de Densidad Media [12].

Según [12], los insumos para la elaboración de tableros MDF, son:

- Pulpa celulósica, la cual es una masa de fibras vegetales separadas por el rompimiento de enlaces entre las fibras de la madera mediante acción mecánica, térmica o química por el proceso llamado pulpeo.
- La lignina es un compuesto básicamente hidrófobo, característico en los compuestos de tipos aromáticos.
- Las formas de romper los enlaces de la madera se dan por la acción mecánica y química.

Los tipos de pulpas que componen la madera MDF, según [12]es:

- a) Pulpa mecánica (RMP), esta proviene de “refiner mechanical pulp”, que se da triturando la madera contra una piedra o entre placas metálicas, útiles para separar las fibras.
- b) Pulpa químico – mecánica (CMP), esta proviene de las palabras “chemi-mechanical pulp”, la cual es un método que combina acciones mecánicas con químicas, caracterizadas principalmente por la desfibrilación del material, por lo que se tiene como ventajas que son el menor consumo de energía, la mayor resistencia de las fibras, teniendo como principal desventaja el menor rendimiento.

Las ventajas de la madera MDF, según [13]es:

- a) Permite ser tallada o fresada de manera similar a la madera maciza.
- b) Su costo es mínimo.
- c) No es necesario utilizar herramientas para trabajar con madera maciza o contrachapada.
- d) La superficie de este tipo de madera es ideal para la utilización pinturas y barnices.
- e) Es también un excelente soporte para chapas de madera, con las que se consigue una apariencia de madera de maciza.
- f) Uniformidad en sus superficies que tiene adhesivos y colas sobre estas.

Las desventajas de la madera MDF, según [13] es:

- a) Poca resistencia al agua
- b) A la hora de atornillar se recomienda avellanar para evitar roturas en la cabeza, especialmente en la zona del canto.
- c) Por su densidad mínima, producen desgastes de las herramientas a la hora de maquinar.
- d) Es bastante porosa
- e) La resistencia a la torsión y a impactos es mínima.

El proceso de fabricación de los tableros MDF, según [13] es:

- Descortezado, en esta fase se procede al retirado de la corteza del tronco
- Astillado, este parámetro se da en distintos tamaños, seleccionando los distintos procesos productivos.

- Desfibrilador, en esta etapa la pulpa ingresa a una línea de soplado, donde se procede a la mezcla con resina que transporta la fibra al secador ciclónico
- Presando, en esta fase se da la formación y prensado de la esfera, mediante prensas.
- Lijado, en este punto se da la reducción gradual del grosor del grano que conforma el tablero.
- Dimensionado, en esta última parte se procede al dimensionado del tablero, según lo requerido.

1.5.4 Ciencia e ingeniería de los materiales

Los materiales y la ingeniería han evolucionado en el transcurso del tiempo, donde la producción y la elaboración de materiales forman parte principal de la economía actual, porque son útiles para diseñar la mayoría de los productos manufacturados y los sistemas de producción, en vista que son necesarios para construir productos.

Por lo que el objetivo principal de la ciencia de los materiales según la figura 1-2 es el conocimiento básico de la estructura interna, las propiedades y la elaboración de los materiales. En tanto que la ingeniería de los materiales se interesa por el empleo del conocimiento y el aplicado de los materiales, de modo que estos puedan ser convertidos en productos que se necesiten [14].

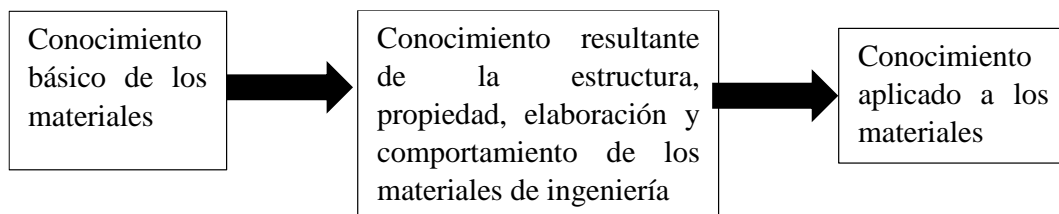


Figura 1-2: Espectro del conocimiento de materiales [14].

1.5.4.1 Materiales compuestos

Son materiales constituidos por la unión de dos o más materiales para formar un nuevo, obteniendo propiedades distintas a las conformadas, donde su composición se da por la unión de un material de relleno, conocido como de refuerzo, con una resina aglomerante que permita lograr obtener características y propiedades deseadas [15].

Entre los materiales compuestos más empleados son:

a) Fibra de vidrio, es un material de refuerzo en matrices de plásticos, formando compuestos estructurales para moldeo, los cuales son constituidos por plásticos y fibra de vidrio, brindando ventajas como son:

- Relación resistencia – peso muy alto
- Estabilidad dimensional apropiado
- Resistencia al calor, frío, a la humedad y a la corrosión
- Excelentes propiedades de aislamientos tipo eléctrico [15].
- Alto poder de aislamiento

Fibras naturales, son sustancias que se generan por medio de plantas o de lanas de animales de forma alargadas, las mismas que pueden ser hilados en hebras o trozos de hilos, por lo que se clasifican en dos tipos que son vegetales y animales [15].

c) Fibras vegetales, está compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina, por lo que son conocidos como fibras lignocelulósicas, la cual se encuentra constituidas por parámetros como proteínas, resinas, ceras y productos inorgánicos [15].

Los componentes de las fibras vegetales por su tipo de constitución según la tabla 1-1 son:

Tabla 1-1: Composición química en porcentaje de algunas fibras vegetales [16].

Fibra	Celulosa	Hemicelulosa	Lignina
	(% peso)	(% peso)	(% peso)
Lino	71.2	18-20	2.2
Cáñamo	70-75	17-22	3.7-5.7
Yute	61-71	13-20	8.1-13
Kenaf	45-57	21	8-13
Ramio	68-76	13-16	0.6-0.7
Abacá	63-70	20-21	5-6
Sisal	67-78	10-14	8-14

Algodón	82-93	3-6	---
Bambú	35-61	15	27-32
Coco	32-43	0.15-0.25	40-45
Banana	63-64	10	5
Formio	71.3	---	---

1.5.4.2 Propiedades mecánicas de fibras

Las propiedades mecánicas de las fibras de vidrio, vegetales y naturales, más empeladas según la tabla 1-2 son:

Tabla 1-2: Propiedades mecánicas de fibras [16].

Fibras	Densidad (g/cm³)	Resistencia a la tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)	Elongación Fractura (%)	Absorción de humedad (%)
Vidrio—S	2.5	2000-3500	70	2.5	---
Vidrio—E	2.5	4750	86	2.8	---
Aramida	1.4	3000-3150	63-67	3.3-3.7	---
Carbón	1.4	4000	230-240	1.4-1.8	---
Cáñamo	1.4	690	35	1.6	8
Yute	1.3	393-773	26.5	1.5-1.8	12
Ramio	1.5	400-938	61.4-128	3.6-3.8	12-17
Coco	1.2	175-220	4-6	15-30	10
Sisal	1.5	511-635	9.4-22.0	2.0-2.5	11
Abacá	1.3	400-1289	45	2.7	8-10
Lino	1.5	345-1035	27.6	2.7-3.2	7
Algodón	1.2	393-773	26.5	7-8	8-25

1.5.4.3 Clasificación de materiales compuestos

Los materiales compuestos según la figura 1-3 se clasifican por la matriz y por el refuerzo.

- a) Por la matriz, se presenta en la fase continua
- b) Por el refuerzo, está compuesto por una fase embebida o inmersa en el compuesto.

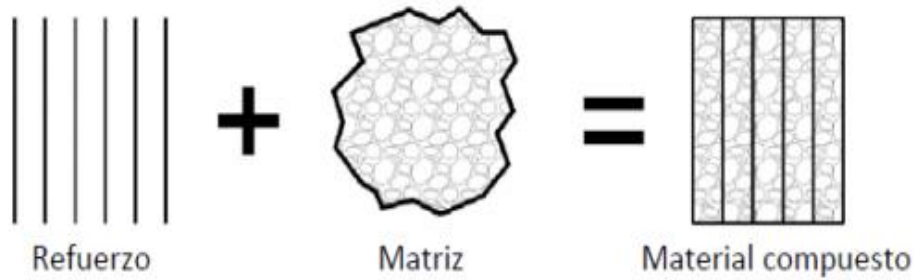


Figura 1-3: Configuración básica de un material compuesto [16].

La matriz y el refuerzo según la figura 1-4 son los componentes principales de un compuesto, mientras que la superficie de conexión definida como interfaz, tiene la posibilidad de adicionar agentes de acoplamiento, rellenos y revestimientos [16].

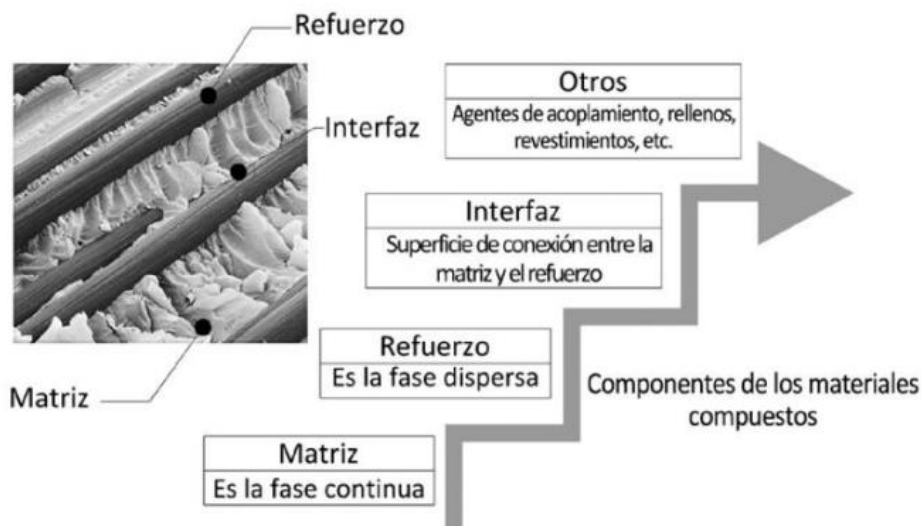


Figura 1-4: Composición de un material compuesto [16].

1.5.4.4 Clasificación de materiales por matriz

Los materiales por matriz se dividen en:

a) Compuesto con matriz metálica

Es aquel donde su composición está conformada por los elementos metálicos como el aluminio, cobre y aleaciones [17].

Los refuerzos empleados con compuestos de matrices metálicas, según [16] son:

- Baja densidad
- Compatibilidad mecánica
- Compatibilidad química

- Estabilidad térmica
- Alto módulo de elasticidad
- Alta resistencia a la tracción y a la compresión

b) Compuesto con matriz cerámica

Son aquellos materiales compuestos con una matriz cerámica que proporcionan alta estabilidad termodinámica, por lo que los más empelados son la fibra de carburo de silicio y oxido de aluminio [17].

Estos materiales comúnmente son reforzados con carburo de silicio (SiC), nitruro de Silicio (Si₃N₄), alumínica (Al₂O₃), vidrios cerámicos y zirconia (ZrO₂), los cuales son componentes que presentan relativa facilidad de procesamiento, por lo que presenta alta resistencia a la oxidación, así como al deterioros y temperaturas elevadas [16].

1.5.4.5 Compuesto con matriz polimérica

Son aquellos materiales compuestos con matriz polimérica, útil para brindar una gran facilidad de adaptarse al compuesto y fácil maleabilidad, permitiendo manufacturar elementos a una temperatura ambiente, obteniendo altos valores en las propiedades mecánicas [17].

1.5.4.6 Matriz termoestable

Es un polímero que no fluye por consecuencia de las altas temperaturas, por lo que no se puede reutilizar sus residuos [18].

Por lo que este material da:

- Mayor dureza
- Alta fragilidad

Los tipos de matriz polimérica según la tabla 1-3 son:

Tabla 1-3: Matrices poliméricas para materiales compuestos [17].

Resinas	Clasificación
Termoplásticos	Polipropileno (PP)
	Poliamidas (PA)
	Poliésteres Saturados (PET, PBT)
	Poliacetales (POM)
	Polieteretercetonas (PEEK)
	Polímeros fluorados (PF)
Termoestables	Poliésteres insaturados (UP)
	Poliepóxicos (EP)
	Poliamidas (PI)
	Poliesterilpirioínas (PSP)
	Fenoplastos (PF)
Elastoméricas	Poliuretanos (PU)
	Silicona (SI)

- **Matriz termoplástica**

Tiene su característica principal, que al aplicar una temperatura definida su forma cambia, derritiéndose el material, el cual puede ser ablandado con las altas temperaturas, por lo que las más conocidas son el polietileno, el poliestireno entre otros [19].

- **Matriz elastoméricas**

Con el empleo de esfuerzos en este material, se logra deformar en forma clara, en vista que se puede lograr su forma original al dejar de emplear dicha carga, por lo que entre estos polímeros tenemos el caucho natural, el sintético, entre otros [18].

1.5.4.7 Clasificación de materiales por refuerzo

Son aquellos materiales que pueden tener partículas, fibra o elementos estructurales, los cuales se dan para incrementar las propiedades de un determinado compuesto,

como son la resistencia, la rigidez, la resistencia a la abrasión y altas temperaturas como se puede observar en la figura 1-5.

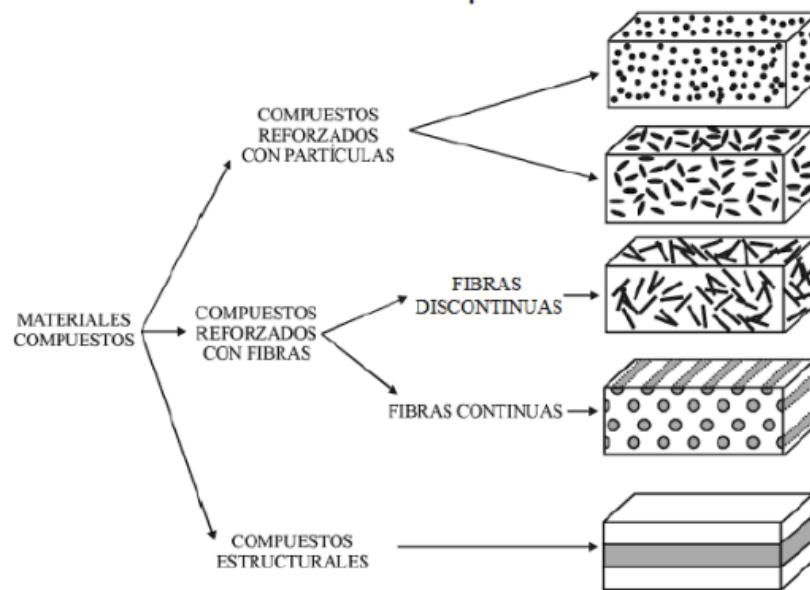


Figura 1-5: Clasificación de materiales compuestos por refuerzo [20].

Los materiales compuestos son:

a) Materiales reforzados con partículas

Son materiales compuestos por dispersión con partículas grandes y pequeñas, donde se emplean diámetros entre 10 y 100 μm [20].

b) Materiales reforzados con elementos estructurales

Son elementos reforzados cuyas propiedades no dependen de los materiales contribuyentes, sino de la geometría que constituyen [20].

La estructura sándwich está constituida por tres componentes, los cuales según [20] son:

- Alas de sándwiches, que con materiales constituidos por láminas delgadas y resistentes.
- Núcleo de sándwich, en función de un material ligero, permite separar las alas y transmitir los esfuerzos cortantes de un ala a la otra.
- Fase de unión entre las alas y el núcleo, son aquellos que permiten aumentar la rigidez de un elemento el cual se somete a flexión o a compresión.

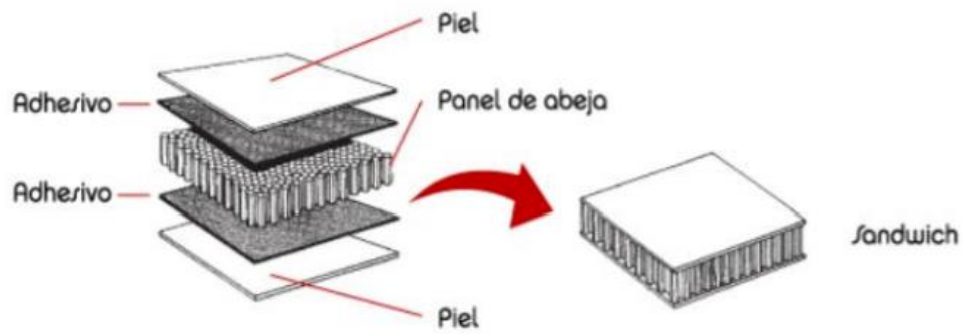


Figura 1-6: Material compuesto estructural [20].

c) Materiales reforzados con fibras naturales

Son compuestos debido a la biodegradabilidad, compuestos por un alto grado de orientación, buena resistencia, flexibilidad y rigidez específica, los cuales se obtienen empleando métodos de tipo tecnológicos, utilizados para obtener compuestos de tipo tradicionales y termoplásticos con fibra sintética [20].

1.5.5 Resinas

Son sustancias pastosas o solidas que se logran obtener de manera natural a partir de una secreción orgánica de ciertas plantas. Las resinas se clasifican en:

a) Resina epóxica

Son materiales poliméricos termofijos que producen reacción cuando son endurecidos, en función de las bajas de contracción que se dan al curar, por lo que poseen buena adhesión a otros materiales.

Las propiedades físicas de diferentes resinas se pueden observar en la tabla 1-4:

Tabla 1-4: Matrices poliméricas para materiales compuestos [16].

Propiedad	Resinas				
	Poliéster Insaturado UP	Resina Epoxi	Resina Fenólica	Resina Vinilester	Resina Pliimida
Densidad (gr/cm ³)	1.17-1.26	1.17-1.25	1.25-1.3	1.17-1.25	1.27-1.42
Alargamiento a la rotura	<3	6-8	<3	3.5-7	6-10
Fluencia	Muy baja				

Temperatura de moldeo (°C)	Temp Ambiente hasta 180	Temp ambiente hasta 170	150-190	Temp ambiente hasta 175	350
Temperatura de reblandecimiento	80-160	80-130	100-150	100-150	260 en periodos cortos
Propiedades reológicas	Muy buenas				Fabricante
Calor de reacción	Reacción exotérmica dependiendo de la geometría				
Contracción del fraguado (%)	6-10 lineal entre 1.8 y	1-3	0.5-1.5	0.1-1	0.5-0.7
Contracción Posterior (%)	Hasta 3	Prácticamente ninguna	Hasta 0.4	Hasta 1	Prácticamente ninguna
Tiempo de almacenamiento	Temp. Amb. 6 meses	Bajas Temp. 6 meses	Temp. Amb. 6 meses	Temp. Amb. 6 meses	Temp Amb 6 meses

1.5.6 Beneficios de mecanizado a materiales compuestos

Los beneficios de mecanizado de los materiales compuestos son:

- Resistencia a tensión específica, entre 4 y 6 veces mayor que el aluminio o el acero.
- La rigidez específica (la relación entre la rigidez y la densidad) es entre 3 y 5 veces superior al aluminio o al acero.
- Los materiales compuestos ayudan a reducir el peso significativamente. Esta reducción depende del tipo de restricción y es tanto más importante cuanto que las restricciones son más uniaxiales. En este caso, es posible reducir el peso de la estructura de aluminio entre un 25 y un 50%.
- Excelentes propiedades amortiguadoras, por un lado debido a la discontinuidad de las fases y por otro lado debido a las propiedades elásticas de la matriz polimérica.

- Resistencia a fatiga superior a la de materiales metálicos tradicionales, acercándose al 60% de la resistencia a rotura (muy superior a la del acero y el aluminio).
- Desgaste de la herramienta mínima.
- Diámetro de agujeros requeridos precisos.
- De laminación mínima de entrada.
- Degradación de la matriz mínima.
- Salida de agujeros acentuadas.
- Fuerza de corte mínima [21].

1.5.7 Router CNC

Es una máquina controlada por una computadora, donde su función es de maquinar de forma automatizada, por lo que las trayectorias de los cortes a través de un control numérico, desde un ordenador con la presión milimétrica deseada.

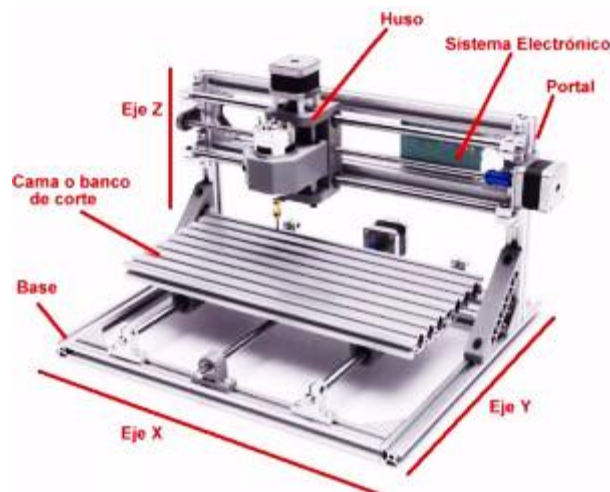


Figura 1-7: Router CNC [1].

Por lo que el gran desarrollo de las Tecnologías de Control Numérico Computarizado (CNC), junto con la integración de Diseño Asistido por Computador (CAD), así como la Manufactura Asistida por Computador (CAM) [1].

Las partes principales de un router CNC son:

- El husillo, es la parte que realiza el corte
- La cama de corte es la zona donde se produce toda la operación
- Enrutador

Las máquinas se categorizan según:

- Números de ejes
- Sistemas de control
- Tipos de actuadores
- Sistemas de movimiento

Los router se clasifican en:

- Por el número de ejes que los manejan
- El tipo de material que trabajan [1].

Según [1], el número de ejes que manejan los router CNC son:

- Dos ejes, únicamente tienen movimiento en el eje “x” y “z” o “y” y “z”
- Tres ejes, que es el sistema básico, con movimientos en “x”, “y” y “z”.
- Cuatro ejes, donde se incluyen el movimiento del cabezal o torreta
- Cinco ejes, donde se da movimiento al cabezal hacia arriba y hacia abajo.

Según [1], el material que trabaja se divide en:

- Plástico
- Madera
- Metal

1.5.7.1 Sistemas mecánicos – motrices del router CNC

Los sistemas mecánicos básicos que conforman el router CNC es:

1. Sistemas de movimiento en dirección “X”

Implica el uso de un sistema de desplazamiento que permiten trasladar la barra que contiene el router.

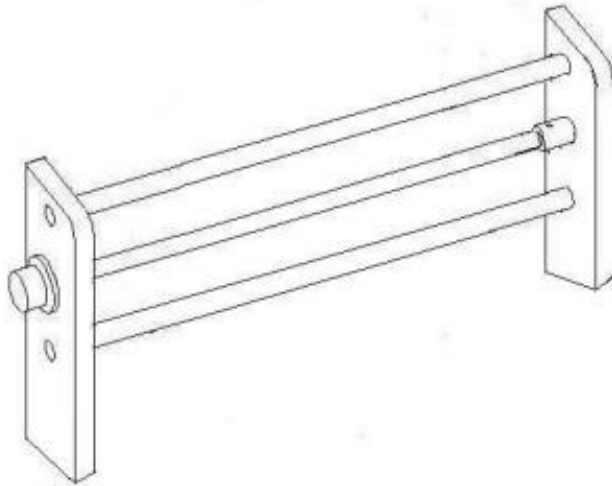


Figura 1-8: Eje X [22].

2. Sistema de movimiento en dirección “Y”

Este sistema se produce deslizamiento sobre las guías en función horizontal.

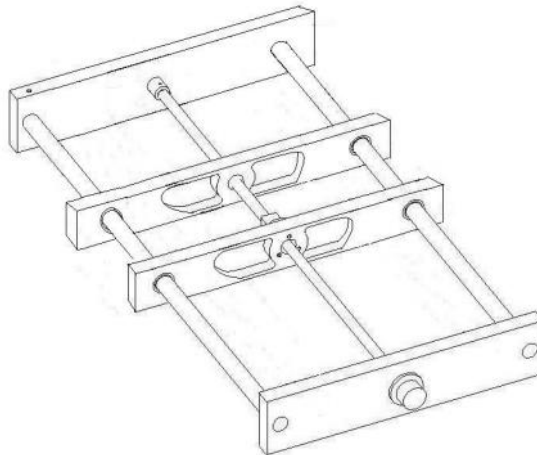


Figura 1-9: Eje y [22].

3. Sistema de movimiento en dirección “Z”

Es el sistema comprobado de un desplazamiento vertical, para llevar a cabo la profundidad.

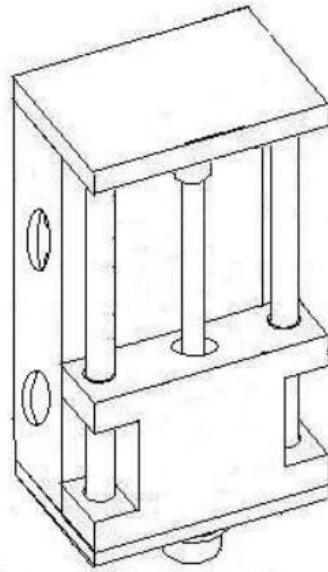


Figura 1-10: Eje Z [22].

4. Sistema de sujeción para el PCB (Mesa de Maquinado)

El objetivo primordial es poder maquinar y fungir como mesa de la máquina, nivelando y estabilizando a la hora de maquinar.

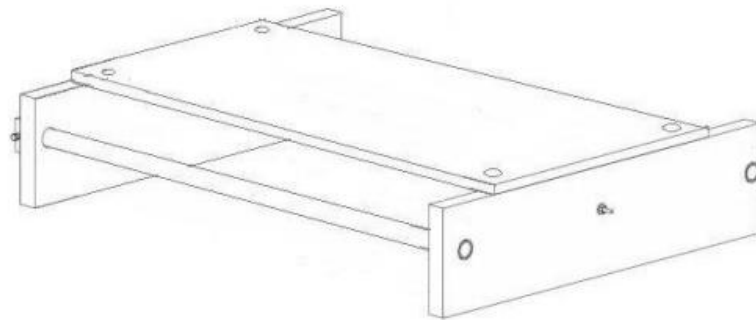


Figura 1-11: Mesa de trabajo [22].

1.5.8 Parámetros de maquinado

Entre los principales parámetros de maquinado en materiales compuestos están:

Tabla 1-5: Parámetros de maquinado de materiales compuestos [23].

Materiales	Mecanizado	Velocidad de Corte	Avance (f) mm/rev				
			Vc (m/min)	1.6	3	6	10

Fibra de Carbono, Fibra de Aramida	R	120	0.030	0.060	0.120	0.230	0.305
	C	150	0.030	0.060	0.120.	0.230	0.305
	A	250	0.070	0.140	0.280	0.525	0.700
Fibra de vidrio	R	100	0.030	0.060	0.120	0.230	0.305
	C	120	0.030	0.060	0.120.	0.230	0.305
	A	200	0.070	0.140	0.280	0.525	0.700
Carbono, Grafito	R	145	0.040	0.075	0.150	0.290	0.380
	C	185	0.040	0.075	0.150	0.290	0.380
	A	300	0.090	0.175	0.350	0.655	0.875
Plástico	R	245	0.040	0.075	0.150	0.290	0.380
	C	305	0.040	0.075	0.150	0.290	0.380
	A	505	0.090	0.175	0.350	0.655	0.875
Cerámica y Cristal Mecanizable	R	10	0.015	0.030	0.060	0.115	0.150
	C	15	0.015	0.030	0.060	0.115	0.150
	A	25	0.035	0.070	0.135	0.260	0.350

- R = Ranurado
- C = Contorneado
- A = Acabado

Las velocidades de corte en madera, según [23], son

- Madera dura = 400 m/min
- Madera blanda = 600 m/min
- Contrachapado = 600 m/min

Mientras que el avance en maderas, plásticos y aluminio según su herramienta es:

Tabla 1-6: Parámetros de avance por carga de viruta [23].

Maderas (mm)				
Dura	Blanda-contrachapado	DM/DMF	Agglomerados/Laminados	Fenólicos duros
0,06-0,13	0,10-0,15	0,09-0,18	0,07-0,13	NA
0,14-0,28	0,2-0,33	0,18-0,41	0,16-0,30	0,12-0,30

0,29-0,46	0,4-0,51	0,35-0,58	0,31-0,46	0,17-0,45
0,4-0,54	0,53-0,59	0,5-0,69	0,42-0,64	0,27-0,56

Tabla 1-7: Parámetros de avance por carga de material [23].

Material (mm)				
Plástico Blando	Plástico Duro	Composites / Superficie sólidas	Acrílicos / Metacrilato	Aluminio
0,08-0,15	0,05-0,10	0,05-0,10	0,08-0,13	0,08-0,10
0,18-0,26	0,15-0,23	0,15-0,23	0,20-0,25	0,13-0,18
0,25-0,31	0,20-0,26	0,20-0,25	0,25-0,30	0,15-0,20
0,30-0,41	0,25-0,31	0,25-0,30	0,30-0,38	0,20-0,25

1.5.9 Clasificación de controles

Los controles se clasifican, según [24], en:

Máquinas de Control Numérico por Computadora (CNC), el cual es empleado como la unidad de control, que están constituido por dispositivos de entrada y salida de una memoria delimitada.

Control Numérico Directo (DNC), posee la gran versatilidad de recibir y transmitir datos desde un ordenador remoto por medio de red.

Control Numérico Adaptivo, es empleado para la optimización de los procesos de mecanizado porque los tiempos productivos se incrementan de manera considerable.

1.5.9.1 Programación en el control numérico

- a) Programación manual, esta se describe mediante razonamiento y cálculos necesarios que realizan el operario.
- b) Programación automática, esta opción permite al ordenador actuar de manera automática.

1.5.9.2 Códigos de programación

Son caracteres de funcionamiento según la codificación deseada empleada el sistema automático a utilizar.

- Código N

Es la dirección que corresponden al número de bloques o secuencia, seguida de un número de tres o cuatro cifras por lo que puede programarse desde N999 a N0000 [25].

- Código M

Es la dirección correspondiente a las funciones auxiliares o complementarias para indicar que la máquina debe realizar operaciones delimitadas, pudiendo configurar hasta 100 funciones auxiliares diferentes [11].

Las funciones de los códigos M según el código de Misceláneos M, en base a las operaciones a realizar son.

Tabla I-8: Funciones M [11].

Código M	Función
M00	Parada
M01	Parada opcional
M02	Reset del programa
M03	Hacer girar el husillo en sentido horario
M04	Hacer girar el husillo en sentido antihorario
M05	Frenar el husillo
M06	Cambiar de herramienta
M08	Abrir el paso del refrigerante
M09	Cerrar el paso de los refrigerantes
M10	Abrir mordazas
M11	Cerrar mordazas
M13	Hacer girar el husillo en sentido horario y abrir el paso de refrigerante
M14	Hacer girar el husillo en sentido antihorario y abrir el paso de refrigerante
M30	Finalizar programa y poner el puntero de ejecución en su inicio
M38	Abrir la guarda
M39	Cerrar la guarda
M62	Activar salida auxiliar 1
M67	Esperar hasta que la entrada 2 esté en ON

M71	Activar el espejo en Y
M80	Desactivar el espejo en X
M81	Desactivar el espejo en Y
M98	Llamada a subprograma
M99	Retorno de subprograma

- **Código G**

Es el conjunto de órdenes que la máquina CNC receptorá y ejecutar para mecanizar una determinada pieza, en función de un lenguaje de programación vectorial, que permite la activación y desactivación de los actuadores de la máquina para poder configurar los parámetros del maquinado como velocidades, avance y herramientas.

Las funciones de los códigos G, más utilizados son:

Tabla 1-9: Funciones G [25].

Código	Descripción
G00	Posicionamiento rápido
G01	Interpolación lineal
G02	Interpolación Circular en sentido horario
G03	Interpolación circular en sentido antihorario
G04	Temporizador
G05	Arista matada
G06	Interpolación circular con centro en absolutas
G07	Arista viva
G08	Arco tangente a la trayectoria anterior
G09	Interpolación circular definida por tres puntos
G10	Anulación imagen espejo
G20	Llamada a sub-rutina standard
G21	Llamada a sub-rutina paramétrica
G28	Llamada condicional si menor
G32	Recuperar origen de coordenadas
G36	Redondeo controlado de aristas
G37	Entrada tangencial
G40	Anulación de compensación de radio
G41	Compensación de radio a la izquierda
G42	Compensación de radio a la derecha
G70	Programación en pulgadas
G71	Programación en milímetros
G72	Escalado definido por K
G73	Giro de sistema de coordenadas
G74	Búsqueda de cero máquina
G76	Creación de bloques
G96	F constante

G97	F del tipo constante
G98	Vuelta al plano de seguridad
G99	Vuelta al plano de referencia

1.5.9.3 Velocidad de corte (V_c)

Es la distancia en pies que la superficie de la pieza de trabajo o filo de corte recorren en un minuto. Se mide en pies superficiales por minuto (sfpm) [26].

$$V_c = \frac{D_c \cdot \pi \cdot n}{1000} \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

Dónde:

n : número máximo de revoluciones del motor de la herramienta [RPM]

D_c : diámetro del corte de la fresa en milímetros

1.5.9.4 Velocidad del husillo

La velocidad de corte y la de rotación se relacionan mediante:

$$n = \frac{V_c \cdot 1000}{D_c \cdot \pi} \text{ [rpm]}$$

1.5.9.5 Avance por revolución (F)

Es la distancia lineal que la herramienta avanza durante una rotación de la pieza de trabajo o herramienta de corte. En la fresadora, el avance por revolución (feed per revolution) puede utilizarse para convertir el avance por diente ya sea a pulgadas por minuto o a milímetros por minuto [26].

1.5.9.6 Profundidad de corte (d)

Es el espesor de material removido en una pasada de la herramienta de corte.

1.5.9.7 Velocidad de avance de mesa (Vf)

Corresponde a la velocidad que avanza la herramienta de corte con respecto a la pieza en el plano X-Y [26].

$$V_f = f_z \cdot n \cdot Z_c \left[\frac{\text{m m}}{\text{min}} \right]$$

Dónde:

f_z : avance por diente

n : número máximo de revoluciones del motor de la herramienta [RPM]

Z_c : número de dientes de la fresa.

El avance por diente se encuentra tabulado en función del diámetro de la herramienta y del material a trabajar, en la Tabla se observa los diferentes valores [26].

Tabla 1-10. Avance por diente de herramientas más comunes [27].

Material	Avance por diente de herramientas comunes (mm)			
	Ø 3mm	Ø 6mm	Ø 10mm	Ø 13mm y >
Madera Dura	0,08-0,13	0,23-0,28	0,41-0,46	0,48-0,54
Madera Blanda	0,10-0,15	0,28-,033	0,43-0,51	0,54-0,59
MDF	0,10-0,18	0,33-0,41	0,51-0,59	0,64-0,69
Compuestos	0,08-0,13	0,23-0,31	0,41-0,46	0,59-0,64
Fenólicos	0,10-0,13	0,28-0,31	0,43-0,46	0,61-0,66
Plásticos ABS	0,05-0,10	0,15-0,23	0,20-0,26	0,26-0,31
Plásticos Suaves	0,08-0,15	0,18-0,26	0,26-0,31	0,31-0,41
Superficies Solidas	0,05-0,10	0,15-0,23	0,20-0,26	0,26-0,31
Acero al Carbono	0,08-0,13	0,20-,026	0,26-0,31	0,31-0,41
Aluminio	0,08-0,13	0,13-0,18	0,15-0,20	0,20-0,26

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

El marco metodológico es la parte central de la investigación, es decir, se ocupa de la construcción del estudio, de definir la población que será objeto de estudio y selección de la muestra, pero sobre todo se centrará en el diseño de instrumentos para la recolección de datos. Además, en esta parte del trabajo, se presentarán los métodos necesarios para el desarrollo de la investigación.

2.1 Materiales y recursos

A continuación, se describen los materiales y equipos utilizados en el desarrollo del proyecto de investigación.

2.1.1 Materiales

Los materiales que se pretende utilizar en el desarrollo de la de la investigación se muestran a continuación tomando en cuenta los elementos principales que conforman el rúter CNC para corta madera MDF.

2.1.1.1 Acero ASTM A 36

Es un tipo de acero al carbono de calidad estructural también conocido como hierro negro, presenta buenas propiedades físicas y mecánicas que lo han convertido en uno de los aceros más utilizados para la fabricación de estructuras remachadas, atornilladas o soldadas [28].

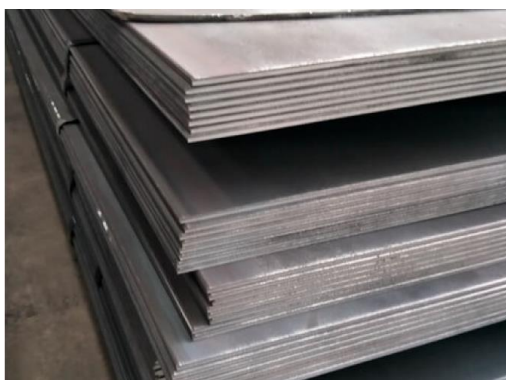


Figura 2-1: Planchas de acero ASTM A-36 [28].

2.1.1.2 Tubo estructural ASTM A-500

Son tubos estructurales de acero al carbono, sin soldadura en frío y en formas cuadradas, circulares o rectangulares, y su uso principal es en la construcción de estructuras soldadas, remachadas o roscadas, generalmente con fines estructurales [29].



Figura 2-2: Tubería rectangular en acero ASTM A-500 [29].

2.1.1.3 El husillo

Es la parte de la máquina encargada de realizar el corte. Los husillos CNC se clasifican según su capacidad, existen muchos tipos de husillos, algunos son de madera, algunos son de metal, algunos son para láser y así sucesivamente. Muchos factores entran en juego al elegir un husillo para su máquina CNC. El tornillo de avance está directamente relacionado con las capacidades de la máquina. Cuando el husillo gira, tiene un soporte de corte como brocas, que en realidad hace el corte girando a diferentes velocidades. Las velocidades de los husillos diseñados para cortar madera, plástico u otros materiales blandos suelen oscilar entre 8000 y 30000 rpm, y los diseños para cortar metal oscilan entre 2000 y 10 000 rpm. [30]



Figura 2-3: Husillo para CNC de 16 mm x 400 mm paso 05 [31].

2.1.1.4 Cama de corte

La cama o mesa de corte es donde se llevan a cabo todas las operaciones de la máquina. La cama de corte está diseñada para sujetar la pieza de material a cortar. La parte superior de la mesa del enrutador CNC, también conocida como plataforma de corte, es donde ocurre el corte.



Figura 2-4: Mesa o cama de corte [32].

2.1.1.5 Motor para Router CNC

Son motores que giran un determinado número de pasos por cada señal que reciben, normalmente 1,8 grados, es decir, en una vuelta dan 200 pasos. Esta propiedad es útil para una determinación muy precisa de la ubicación. Estos motores vienen en una variedad de tamaños y torques [33].



Figura 2-5: Servomotor y controlador de husillo de enrutador CNC [33].

2.1.1.6 Guías de movimiento lineal

Las correderas de movimiento lineal consisten en una amplia gama de componentes de máquinas que son necesarios para reducir la fricción del movimiento lineal en los mecanismos de posicionamiento de la máquina. La aplicación de la corredera de movimiento lineal está muy extendida en varios campos. Es aplicable a grandes máquinas herramienta o equipos utilizados en la construcción [34].



Figura 2-6: Kit CNC de Carril de Guía Lineal para máquinas CNC [35].

2.2 Metodología aplicada al proyecto

Este proyecto de investigación contempla parámetros de diseño estructural que evalúan la resistencia de la estructura que soportara la cama de corte, fuerza de corte de la madera (MDF), y demás elementos necesarios para el correcto funcionamiento de la máquina todos estos parámetros de diseño serán calculados en el desarrollo del siguiente capítulo.

Por lo tanto, este proyecto técnico tiene el enfoque de realizar un mini router CNC para maquinar tableros de fibra de densidad media (MDF), para la empresa “VISTA” de la ciudad de Ambato. De esta manera se recurre al diseño experimental porque se tiene información y sustento en referentes teóricos como libros, tesis, artículos científicos y

páginas web sobre el diseño y construcción de router CNC para cortar madera que es el objetivo principal de esta investigación.

Además, con el mini router construido se verificará su funcionamiento para comprobar hasta que espesor de tablero corta para ellos se realizada un programa mediante códigos G que validen la capacidad de trabajo de la máquina.

Finalmente se utilizará programas de control numérico y de diseño CAD como Solidworks para el ensamble de los diferentes elementos de la CNC además se comprobará mediante simulación de elementos finitos la resistencia de los materiales seleccionados, para concluir con la tabulación y documentación final del proyecto de investigación.

2.2.1 Fases de desarrollo del proyecto

Las fases del proyecto se detallan en el grafico 1, para la ejecución del proyecto técnico.

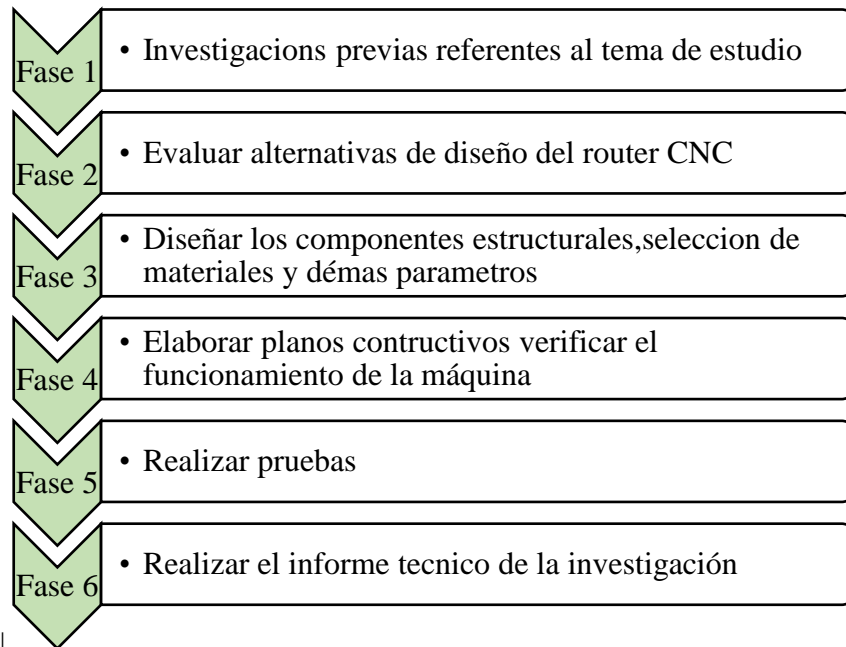


Gráfico 2-7. Fases del desarrollo de la investigación

Fase 1. En este acápite se realiza una búsqueda bibliográfica como se explicó anteriormente esto permite desarrollar el marco teórico y comprender el funcionamiento del router CNC así como conocer las partes principales de la misma.

Fase 2. En esta fase se analiza la selección de materiales, modelos para determinar la mejor alternativa en cuanto a las necesidades de la empresa permitiendo calcular los parámetros principales de la máquina.

Fase 3. Con los datos calculados de la fase 2, se procede a realizar el diseño de todos los componentes principales como la estructura que soporta todos los elementos, la cama de corte, etc. Además, se realiza pruebas de resistencia mediante programas de simulación que validen el diseño propuesto para posteriormente realizar los planos constructivos de la máquina CNC.

Fase 4. En esta fase y con los planos se procede a construir el router CNC es importante tener una tolerancia $\pm 0,1$ mm para su construcción porque se trabaja con diseños o prototipos que deben tener un buen acabado, en esta etapa también se realizara una programación para mediante códigos G comprobar el funcionamiento del router CNC.

Fase 5. En esta fase realizamos pruebas de funcionamiento para poder determinar o corregir algún fallo existente en la máquina para poder cumplir con las necesidades planteadas por la empresa “VISTA”

Fase 6. Finalmente, en esta fase se recopila toda la información obtenida para armar el documento final que consta del marco teórico, metodológica, interpretación de resultados, cálculos, comprobación de funcionamientos costos, conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos que validen todo el proyecto realizado.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Selección de alternativas

Para poder tener un buen número de alternativas debemos tener en cuenta muchos factores los cuales son primordiales para poder tomar una buena decisión al momento del desarrollo del proyecto, dentro de los cuales tenemos la resistencia del material que vamos a mecanizar en este caso (MDF), la disponibilidad de los elementos tanto mecánicos como estructurales que se van a utilizar para la construcción de la máquina ya sean estos de origen nacional o extranjero.

3.1.1 Selección de alternativas en el sistema de transmisión de potencia y movimiento

Esta selección se da en función de la construcción, velocidad, eficiencia, costo, funcionamiento y lo primordial que es la precisión ya que este tipo de máquinas deben ser o tener una precisión exacta para poder tener los resultados requeridos y estimados.

El método ocupado para dicho proceso es denominado como método de criterios ponderados donde ponemos a consideración distintas alternativas en cuanto a los mecanismos y materiales que están ligados al sistema de transmisión de potencia y movimiento.

3.1.1.1 Alternativas

➤ Piñón – Cremallera

Características

- ✓ Solidez y precisión en largos desplazamientos
- ✓ Vida útil extensa
- ✓ Tiene como valor de dos centésimas de milímetro en cuanto a su precisión.
- ✓ Muy buena transmisión de movimiento uniforme, silencioso y sin vibraciones
- ✓ Eficiencia del 90%
- ✓ Posee un valor del 0.1 en cuanto a la fricción

➤ **Correas de caucho o banda dentada**

Características

- ✓ Tiene una eficiencia del 90% al 96%.
- ✓ Su valor económico es bajo.
- ✓ Fácil de reemplazar en caso de que se estire o se rompa.
- ✓ No posee mucha precisión debido a que la banda puede estirarse.
- ✓ Su valor de fricción es mínimo.

➤ **Tornillo de bolas recirculares**

Características

- ✓ Garantiza una marcha suave (muy liviana y cero juego).
- ✓ Mínimo rozamiento por lo que se puede decir que es despreciable.
- ✓ Tiene una eficiencia del 96% al 99%.
- ✓ Dependiendo de la distancia de desplazamiento tiende a pandearse.
- ✓ Su precisión se da de manera adecuada ya que tiene una centésima de milímetro.
- ✓ Velocidad controlada y con mucha precisión al momento de su desplazamiento.
- ✓ Vida útil extensa. [36]

Una vez que hemos puesto a consideración los distintos parámetros de cada uno de los elementos que transmiten movimiento y potencia procedemos a realizar el método mencionado anteriormente, donde vamos a ocupar el método de riba para poder ponderar los criterios que van a tener los siguientes valores.

- 1 = Cuando el criterio de las filas es superior al de las columnas
- 0,5 = Cuando el criterio de las filas es igual al de las columnas
- 0 = Cuando el criterio de las filas es inferior al de las columnas

3.1.1.2 Criterios a considerar

Para la determinación del elemento que va a realizar el movimiento y transmisión de potencia vamos a sumar las distintas ponderaciones asignadas con relación a los sobrantes:

- **Eficiencia:** Este parámetro delimita el valor que va a tener el elemento
- **Precisión:** Es un elemento indispensable ya que el uso o funcionamiento de esta máquina debe ser preciso en cuanto a avance del elemento.
- **Costo:** Este se refiere al valor en el que podemos encontrar en el mercado Nacional o internacional ya que varios de los elementos son de difícil obtención.
- **Construcción:** debe ser de fácil adquisición o de fácil construcción dentro
- **Vida útil:** Debe tener un valor elevado ya que esto también depende el valor del elemento costo beneficio.

Se realiza esto para poder determinar los parámetros o criterios más importantes se realiza en la siguiente tabla donde se evalúa el peso general de cada característica en general.

Tabla 3-1. Peso general de los factores para sistema transmisión de potencia y movimiento

Criterio	Eficiencia	Precisión	Costo	Construcción	Vida Útil	$\Sigma+1$	Ponderación
Eficiencia		1	0,5	1	1	4,5	0,250
Precisión	1		1	0,5	0,5	4	0,222
Costo	0	0,5		1	1	3,5	0,194
Construcción	1	0	0,5		0,5	3	0,167
Vida útil	1	0,5	0	0,5		3	0,167
					SUMA	18	1

En la tabla anterior se pudo determinar la ponderación de cada uno de los elementos tomados a consideración donde la eficiencia con un valor del 0,250 y la precisión con 0,222 indicándonos que son los factores más relevantes para el diseño y construcción del mini router CNC.

Basándonos en dichos elementos vamos a evaluar el peso relativo de cada alternativa planteada anteriormente y de cada elemento evaluador para así poder obtener el sistema de transmisión de potencia y movimiento.

Tabla 3-2. Peso relativo respecto a la eficiencia

Peso	Piñón - Cremallera	Correa de caucho - Banda dentada	Tornillo de bolas recirculares	$\sum+1$	Ponderación
Piñón - Cremallera		0	0,5	1,5	0,333
Correa de caucho - Banda dentada	0		0	1	0,222
Tornillo de bolas recirculares	1	0		2	0,444
SUMA				4,5	1

La tabla anterior nos muestra el peso relativo respecto a la eficiencia en el sistema de transmisión de potencial, de los cuales el elemento ganador o que mayor valor tubo es el tornillo de bolas recirculares con el valor de 0,444.

Tabla 3-3. Peso relativo respecto a la precisión

Peso	Piñón - Cremallera	Correa de caucho - Banda dentada	Tornillo de bolas recirculares	$\sum+1$	Ponderación
Piñón - Cremallera		0,5	1	2,5	0,417
Correa de caucho - Banda dentada	0,5		0	1,5	0,250
Tornillo de bolas recirculares	1	0		2	0,333
SUMA				5,5	1

Esta tabla nos muestra el peso relativo respecto a la precisión en el sistema de transmisión de potencial, donde el piñón-cremallera sobresalió con un valor de 0,417.

Tabla 3-4. Peso relativo respecto al costo

Peso	Piñón - Cremallera	Correa de caucho - Banda dentada	Tornillo de bolas recirculares	$\Sigma+1$	Ponderación
Piñón - Cremallera		1	0,5	2,5	0,385
Correa de caucho - Banda dentada	1		0	2	0,308
Tornillo de bolas recirculares	1	0		2	0,308
SUMA				6,5	1

En esta tabla se evalúa el valor económico de cada componente ya que debemos tener en cuenta el costo – beneficio en función de la construcción y funcionamiento de la máquina, donde sobresalió el piñón-cremallera con un valor de 0,385.

Tabla 3-5. Peso relativo respecto a la construcción

Peso	Piñón - Cremallera	Correa de caucho - Banda dentada	Tornillo de bolas recirculares	$\Sigma+1$	Ponderación
Piñón - Cremallera		1	0,5	2,5	0,455
Correa de caucho - Banda dentada	0		0	1	0,182
Tornillo de bolas recirculares	1	0		2	0,364
SUMA				5,5	1

Dentro de los valores determinados en esta tabla el que posee mayor relevancia es el de piñón-cremallera debido a que es de fácil construcción por lo que es de fácil adquisición y utilización en cuanto al desarrollo del modelo, este elemento predominante posee un valor de 0,455.

Tabla 3-6. Peso relativo respecto a la vida útil

Peso	Piñón - Cremallera	Correa de caucho - Banda dentada	Tornillo de bolas recirculares	$\Sigma+1$	Ponderación
------	--------------------	----------------------------------	--------------------------------	------------	-------------

Piñón - Cremallera		1	1	3	0,462
Correa de caucho - Banda dentada	0		0	1	0,154
Tornillo de bolas recirculares	0,5	1		2,5	0,385
SUMA				6,5	1

La vida útil es un factor de menor validez en cuanto a la selección del elemento de transmisión pero que también nos muestra el uso que se va a dar al elemento y relacionándolo con su costo ya que es un valor que se toma al momento de reemplazar el elemento en un determinado tiempo de uso el que posee mayor valor en esta tabla es el de piñón-cremallera que es 0,462.

3.1.1.3 Selección de alternativa para el sistema de transmisión

Una vez obtenidas las tablas realizamos una sumatoria de los valores determinados en cuanto a la eficiencia, precisión, costo, construcción y vida útil con relación a las alternativas planteadas.

Tabla 3-7. Alternativas para el sistema de transmisión

Criterio	Eficiencia	Precisión	Costo	Construcción	Vida Útil	Σ	Alternativa
Piñón - Cremallera	0,333	0,417	0,385	0,455	0,462	2,052	A1
Correa de caucho - Banda dentada	0,222	0,25	0,308	0,182	0,154	1,116	A2
Tornillo de bolas recirculares	0,444	0,333	0,308	0,364	0,385	1,834	A3

Se determinó que la alternativa más adecuada para el desarrollo de este proyecto es la A1 que obtuvo un valor de 2,05 seguida de la A3 con un valor de 1,834, donde la A1 va a ser utilizada para el movimiento del pórtico eje Y debido al peso del mismo junto con sus componentes y la A3 va a ser utilizada para el movimiento en el eje Z, se tomó esta decisión debido a que las 2 alternativas poseen un valor alto en la parte de precisión y eficiencia.

3.1.2 Selección de alternativas en el sistema de guiado

En esta sección se toma los mismos criterios de la selección de transmisión de potencia y movimiento ya que este sistema debe tener la misma exactitud en cuanto al funcionamiento de los distintos componentes.

Se aplicará el método de criterios ponderados donde ponemos a consideración distintas alternativas presentes en cuanto a la selección del sistema de guías.

3.1.2.1 Alternativas

➤ Sistema de guías lineales

Características

- ✓ Su costo es elevado.
- ✓ La eficiencia de estos elementos es del 85% al 99%.
- ✓ Fácil de ensamblar.
- ✓ Trabaja a velocidades altas.
- ✓ La fricción es despreciable.

➤ Sistema de rodamientos

Características

- ✓ Baja precisión en largos desplazamientos.
- ✓ Posee una fricción con un valor del 60%.
- ✓ Eficiencia del 70%.
- ✓ Es de fácil adquisición por lo que su costo es mínimo.
- ✓ Trabajo a velocidades considerables.

Una vez que hemos puesto a consideración los distintos parámetros de cada uno de los elementos que están dentro del sistema de guiado procedemos a realizar el método mencionado anteriormente.

3.1.2.2 Criterios a considerar

Determinamos el peso general de los valores en cuanto a las distintas consideraciones del sistema guiado y poder saber cuál posee el mayor valor y que se tomara en consideración para la selección del sistema de guiado.

Tabla 3-8. Peso general de los factores para sistema de guiado

Criterio	Eficiencia	Precisión	Costo	Construcción	Vida Útil	$\Sigma+1$	Ponderación
Eficiencia		0,5	0,5	0	1	4,5	0,25
Precisión	1		1	0	0,5	4	0,222
Costo	0	0		0,5	0,5	3,5	0,194
Construcción	0,5	0,5	0		0,5	3	0,167
Vida útil	1	0	0	0		3	0,167
SUMA						18	1

En la tabla anterior de cada uno de los elementos tomados a consideración se puede decir que la eficiencia con un valor del 0,250 y la precisión con 0,222 que nos muestra que son los valores más relevantes que nos van a permitir tomar una decisión al momento de la selección de los componentes, por lo que vamos a evaluar el peso relativo de cada alternativa planteada anteriormente y de cada elemento evaluador para así poder obtener el sistema de guía.

Tabla 3-9. Peso relativo respecto a la eficiencia

Peso	Sistema de guías lineales	Sistema de rodamientos	$\Sigma+1$	Ponderación
Sistema de guías lineales		1	2	0,67
Sistema de rodamientos	0		1	0,33
SUMA			3	1

La tabla anterior nos muestra el peso relativo respecto a la eficiencia en el sistema de guiado, de los cuales el elemento ganador o que mayor valor tubo es el sistema de guías lineales con el valor de 0,67.

Tabla 3-10. Peso relativo respecto a la precisión

Peso	Sistema de guías lineales	Sistema de rodamientos	$\Sigma+1$	Ponderación
Sistema de guías lineales		1	2	0,57

Sistema de rodamientos	0,5		1,5	0,43
		SUMA	3,5	1

Esta tabla nos muestra el peso relativo respecto a la precisión en el sistema de guiado, donde el sistema de guías lineales sobresalió con un valor de 0,57.

Tabla 3-11. Peso relativo respecto al costo

Peso	Sistema de guías lineales	Sistema de rodamientos	$\sum+1$	Ponderación
Sistema de guías lineales		1	2	0,67
Sistema de rodamientos	0		1	0,33
		SUMA	3	1

En esta tabla evaluamos el valor económico de cada componente ya que debemos tener en cuenta el costo – beneficio en función de la construcción y funcionamiento de la máquina, donde sobresalió el sistema de guías lineales con un valor de 0,67 dicho valor se dio en base a la obtención de los elementos en el mercado.

Tabla 3-12. Peso relativo respecto a la construcción

Peso	Sistema de guías lineales	Sistema de rodamientos	$\sum+1$	Ponderación
Sistema de guías lineales		0,5	1,5	0,50
Sistema de rodamientos	0,5		1,5	0,50
		SUMA	3	1

Los valores determinados en esta tabla las dos alternativas tuvieron el mismo puntaje por lo que en cuanto a la construcción podemos tomar cualquiera de las dos opciones.

Tabla 3-13. Peso relativo respecto a la vida útil

Peso	Sistema de guías lineales	Sistema de rodamientos	$\sum+1$	Ponderación
------	---------------------------	------------------------	----------	-------------

Sistema de guías lineales		1	2	0,67
Sistema de rodamientos	0		1	0,33
		SUMA	3	1

El sistema de guías lineales sobresalió con un valor de 0,67 debido a que este elemento posee un menor factor de fricción lo que aumentaría el tiempo de vida y soportara pesos elevados y no tiene obstrucciones al momento de su movimiento.

3.1.2.3 Selección de alternativa para el sistema de guías lineales

Ya realizadas las distintas tablas podemos obtener la suma de los valores de cada una de las variables y proceder a la selección de la alternativa más adecuada para el diseño y construcción del mini router CNC.

Tabla 3-14. Alternativas para el sistema de guiado

Criterio	Eficiencia	Precisión	Costo	Construcción	Vida Útil	Σ	Alternativa
Sistema de guías lineales	0,67	0,57	0,67	0,5	0,67	3,08	A1
Sistema de rodamientos	0,33	0,43	0,33	0,5	0,33	1,92	A2

Una vez echa la suma de los valores se determinó que la variable A1 es la más adecuada ya que obtuvo un valor de 3,08 por lo que esta cumple con los requerimientos principales como es la eficiencia y la precisión en el sistema de guiado.

3.1.3 Sistema de control (movimiento)

- **Motores a pasos.** – el motor que se ocupa en la construcción de un router CNC es denominado o conocido como MENA que posee distintos códigos que determinan o mencionan las características de cada uno de ellos dichos motores so para ensamblar a sistemas X, Y, Z.

Estos motores convierten una secuencia de pulsos en desplazamientos angulares que en este caso es de 1,8 grados por cada vuelta que da, por lo que su comportamiento es similar a un conversor digital y su precisión al momento de realizar su función es muy alta.

Tabla 3-15. Características de motores a utilizar [37].

Motor	Voltaje Por Fase	Numero De Fases	Corriente	Torque	Angulo Por Paso
Mena 34	2,7 Vc	2	5,5 A	11,8 N.M	1,8°
Mena 23	5,2 Vc	2	2 A	1,2 N.M	1,8°

- **Control.** – Podemos utilizar el Mach 3 o el NC studio ya que estos son softwares libres, pueden ejecutarse en cualquier sistema operativo y leen archivos realizados en estlcam el cual genera códigos G e interactúan directamente con la máquina ya que los motores a pasos y servomotores como se mencionó anteriormente aceptan comunicación de pulsos ya sean en Ac o Dc [38].
- **Tarjeta de control.** – por medio de este elemento podemos conectar los motores a pasos junto con los finales de carrera de ser el caso que se utilicen, esta tarjeta es un complemento al software de control que utilicemos siendo en este caso la tarjeta nMotion Mach 3 que tiene como ventaja su conexión accesible. siendo varias de sus características:
 - ✓ Control y conexión de 4 ejes
 - ✓ No es necesario instalar controladores USB adicionales
 - ✓ Posee 16 puertos de entrada y 8 de salida
 - ✓ Se puede utilizar con el software libre seleccionado
 - ✓ Posee chips para tener un mejor procesamiento [39].
- **Programación.** – se va a utilizar los softwares CAD especializados ya que estos una vez obtenido el modelo tienen la opción de obtener códigos G los cuales van acorde al utilizado para el control.

3.1.4 Finales de carrera (elemento de seguridad)

Para un buen funcionamiento al momento de parada de los diferentes motores utilizados se coloca finales de carrera que al momento de estos ser accionados van a enviar una señal para que los motores no sigan funcionando y así prevenir o contrarrestar el descarrilamiento de las guías o el giro excesivo de un motor, de acuerdo al diseño preliminar de la máquina se van a utilizar 6 finales de carrera, cabe destacar que estos son colocados al final de cada eje de movimiento.

3.1.5 Eje Z (Movimiento Horizontal)

Se ha optado por implementar un sistema de eje z que es conocido como GGP1610 300mm que posee un tornillo de bola carril el cual convierte el movimiento rotacional en movimiento lineal, dicho esto, este elemento permite que la fresadora se desplace en el eje z



Figura 3-1: Kit Sfu1204 [40].

Juego de 4 unidades SCS12UU de 1.417 x 1.654 x 1.102 in de aluminio con rodamiento de bolas de movimiento lineal para piezas de bricolaje CNC.

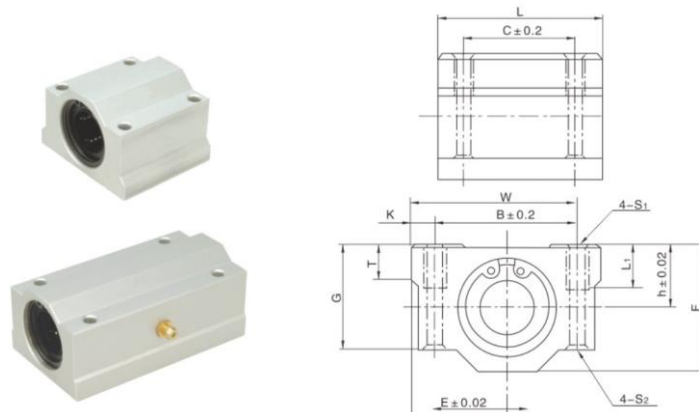


Figura 3-2: Guías SCS [41].

3.2 Diseño del eje Z

3.2.1 Cálculo de Diámetro de eje de guías

Una vez obtenidos las distintas dimensiones tanto de funcionamiento como de peso de cada uno de los elementos que conforman procedemos a calcular el diámetro del eje colocado de forma vertical que va a estar en contacto con las guías SCS

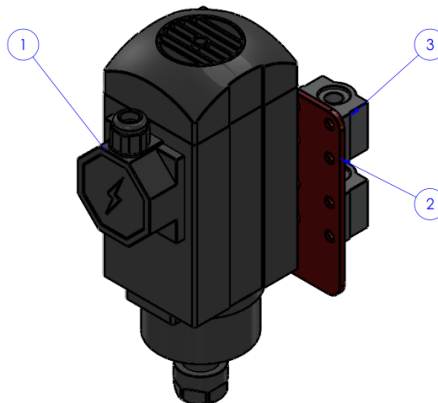


Figura 3-3: Elementos pertenecientes al eje Z

Teniendo todos los elementos que conforman el eje Z o que van a estar sobre los ejes guías y que van a influir en el peso, en la siguiente tabla nos muestra la masa de cada elemento.

Tabla 3-16: Masa de elementos pertenecientes al eje Z

Masa total de elementos en eje Z				
Cantidad	Elemento	Masa	Masa total por elemento	Unidad
1	Fresadora OMC spindle 1.5kW GDZ93×82-1.5	6	6	Kg
1	Platina Soporte	0,66	0,66	Kg
4	Guías lineales	0,082	0,33	Kg
Masa Total			6,99	Kg

Calculamos el peso total de los elementos ya con la influencia de la gravedad por medio de la fórmula 3.1 [42] donde multiplicamos la masa total por la gravedad.

$$P = (Masa\ total) \times g$$

$$P = 6.99Kg \times 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$P = 68.59 Kg \frac{m}{s^2}$$

$$P = \mathbf{68.59 N}$$

Para poder determinar el diámetro del eje analizamos al eje guía como una viga doblemente empotrada sabiendo que la distancia de recorrido es de 212,75 mm, la carga determinada anteriormente se va a colocar de manera puntual a la mitad del eje ya que es la parte donde se podría producir un fallo.

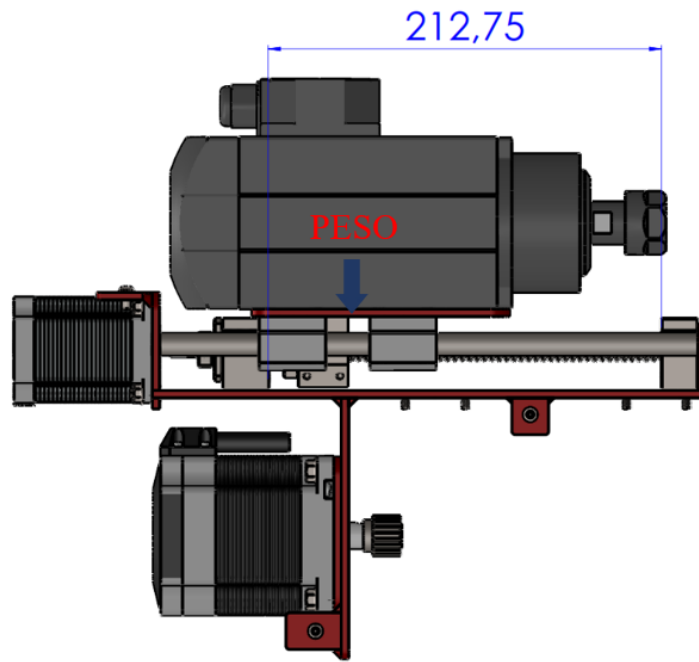


Figura 3-4: Recorrido eje Z & carga

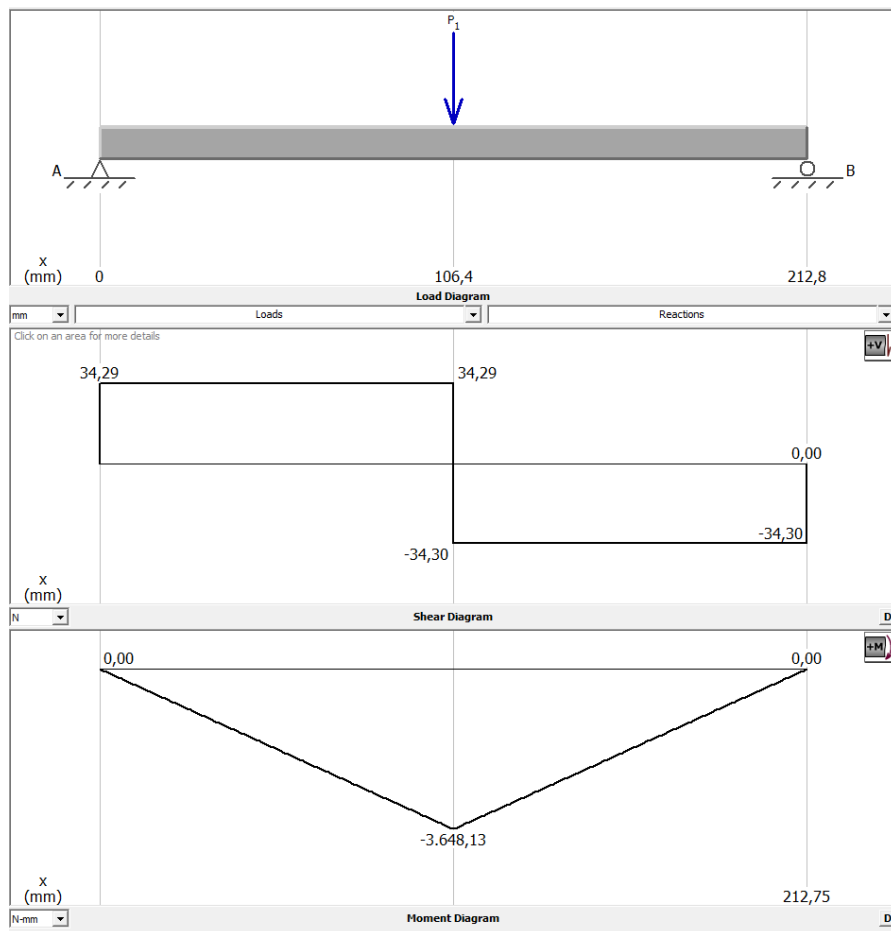


Figura 3-5: Cargas en la viga simplemente apoyada del sistema eje Z

Realizamos el cálculo de las reacciones en cada punto de apoyo por medio de una sumatoria de fuerzas aplicando la ecuación 3.11 [42]

$$\uparrow + \sum Fy = 0$$

$$Ra - P + Rb = 0$$

$$Ra - 68.59 N + Rb = 0$$

$$Ra + Rb = 68.59 N \therefore Ra = Rb$$

$$2Ra = 68.59 N$$

$$Ra = \frac{68.59}{2} N$$

$$Rb = Ra = 34.29 N$$

Teniendo las reacciones calculamos el momento flector máximo por medio de la ecuación 3.13 [42]

$$M_{max} = P x \left(\frac{212.75}{2} mm \right)$$

$$M_{max} = 34.29 N x (106.375 mm)$$

$$M_{max} = 3647.59 Nmm$$

Para la fabricación de los ejes guías se va a utilizar el Acero AISI 1018 con ($S_{ut} = 400$ Mpa, y el $S_y = 220$ Mpa) [43], se va a tomar un valor de 5 para el factor de seguridad debido a que este elemento va a estar sometido a fricción constante ya que está en contacto directo a las guías SCS12UU.

Por medio de la ecuación 3.15 [42] determinamos el σ_{max} que nos muestra el valor máximo en cuanto al esfuerzo de fluencia (S_y)

$$\sigma_{max} = \frac{S_y}{f_s}$$

$$\sigma_{max} = \frac{220}{5} Mpa$$

$$\sigma_{max} = 44 \text{ Mpa}$$

Con lo que podemos determinar el valor de S de la sección circular del eje (ecuación 3.16) [42].

$$S = \frac{M_{max}}{\sigma_{max}}$$

$$S = \frac{3647.59}{44} \text{ Mpa}$$

$$S = 82.89 \text{ Mpa}$$

Por último, vamos a determinar el diámetro necesario del eje para que sea capaz de soportar el peso mencionado anteriormente (ecuación 3.17) [42].

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \times S}{\pi}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \times 82.89 \text{ Mpa}}{\pi}}$$

$$d = 9.45$$

$$d = -4.725$$

$$d = -4.725$$

$$d = 9.45 \text{ mm}$$

El sistema a utilizar en cuanto al eje Z es GGP1610 que posee un eje de 12mm de diámetro el cual cumple con lo calculado anteriormente

3.2.2 Cálculo sistema de transmisión eje Z

Para el husillo de bolas se seleccionó el acero inoxidable 420, donde los valores en cuanto al $S_y = 276 \text{ Mpa}$ y $E = 200 \text{ Gpa}$ [43] y el peso que va a levantar el husillo es 68.59 N.

Se va a tomar el punto tangente como se muestra en la figura, de esta manera se determinará el diámetro requerido para la carga a soportar, se va a realizar por el cálculo de columnas (ecuación 3.18) [42]

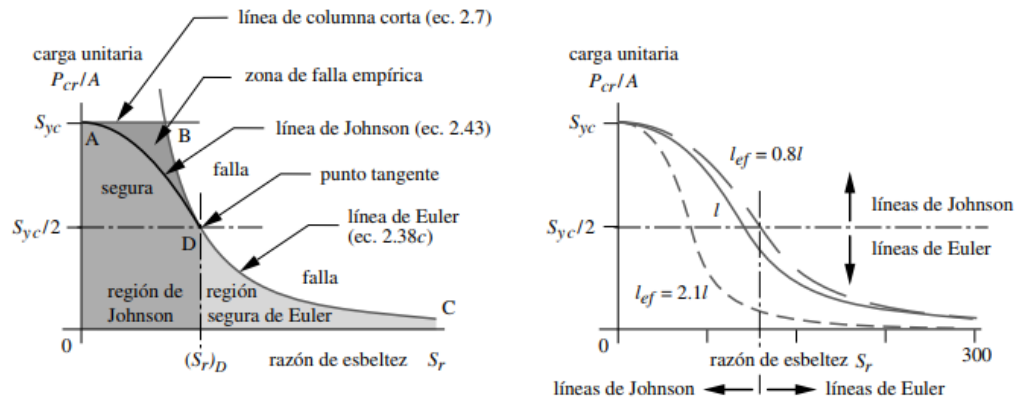


Figura 3-6: Construcción de las líneas de falla en una columna y las líneas de falla por las diferentes condiciones en los extremos [41].

$$(SR)_D = \pi x \sqrt{\frac{2 x E}{S_y}}$$

$$(SR)_D = \pi x \sqrt{\frac{2 x 200 \text{ Gpa}}{276 \text{ Mpa}}}$$

$$(SR)_D = 119.59$$

Una vez obtenido la razón de esbeltez en el punto D, colocamos el diámetro del sistema GGP 1610 que posee un valor de 12mm al tratarse de husillo de bolas, con lo que se puede calcular el área (ecuación 3.19) [42]

$$A = \left(\frac{\pi x d^2}{4} \right)$$

$$A = \left(\frac{\pi x 12^2}{4} \right)$$

$$A = 113.097 \text{ mm}^2$$

El momento de inercia (ecuación 3.20) [42].

$$I = \left(\frac{\pi x d^4}{64} \right)$$

$$I = \left(\frac{\pi \times 12^4}{64} \right)$$

$$I = 1017.87 \text{ mm}^4$$

El radio de giro (ecuacion3.21) [42].

$$Rg = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$Rg = \sqrt{\frac{1017.87 \text{ mm}^4}{113.097 \text{ mm}^2}}$$

$$Rg = 2.79 \text{ mm}$$

Dentro del usillo de bolas se utiliza un sistema SFU 1605 lo que dispone una longitud efectiva de 212,75mm como se muestra en la Figura 3-4 por lo que se procede a calcular la razón de esbeltes

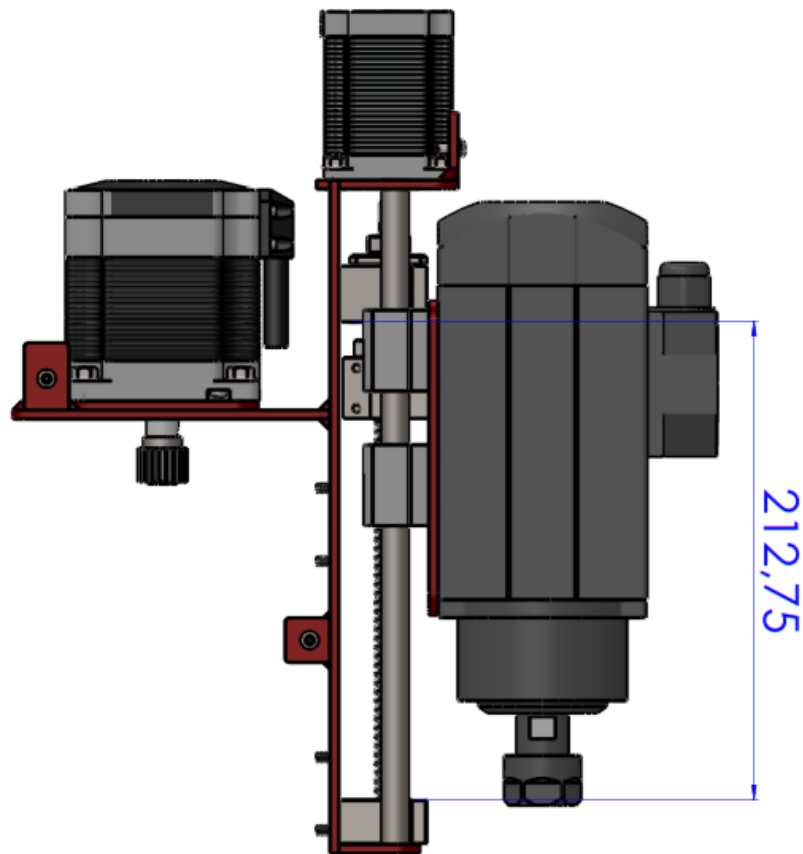


Figura 3-7: Longitud efectiva de recorrido

Se determina la razón de esbeltez real (ecuacion3.22) [42]

$$S_R = \frac{le}{Rg}$$

$$S_R = \frac{212.75 \text{ mm}}{2.79 \text{ mm}}$$

$$S_R = 77.93$$

Obteniendo un valor de $(SR)_D$ el cual es mayor que SR , podemos decir que esta columna se encuentra en la región denominada de JOHNSON, donde se puede determinar la fuerza critica de esta columna (ecuacion3.23) [42].

$$P_{crit} = A \times \left[S_y - \frac{1}{E} \times \left(\frac{S_y \times S_R}{2 \times \pi} \right)^2 \right]$$

$$P_{crit} = \frac{113.097 \text{ mm}^2}{(1000 \text{ mm})^2} \times \left[276 \times 10^6 \left[\frac{N}{\text{m}^2} \right] - \frac{1}{200 \times 10^9 \left[\frac{N}{\text{m}^2} \right]} \times \left(\frac{276 \times 10^6 \left[\frac{N}{\text{m}^2} \right] \times 77.93}{2 \times \pi} \right)^2 \right]$$

$$P_{crit} = 24588.20 \text{ N} \gg 24.58 \text{ KN}$$

Esta carga es la que va a soportar el husillo de bolas por lo que para saber si el husillo soporta o no dicha carga asumimos un factor de diseño ($f_s = 4$), y calculamos el P_{per} (ecuacion3.24) [42].

$$P_{per} = \frac{P_{crit}}{f_s}$$

$$P_{per} = \frac{24.58 \text{ KN}}{4}$$

$$P_{per} = 6.145 \text{ KN}$$

Una vez encontrada la fuerza permisible que soporta el usillo de bolas se determinó que soporta la carga sin ningún problema ya que esta es menos a la fuerza crítica

$$P_{per} \leq P_{crit} \therefore 6.145 \text{ KN} \leq 24.58 \text{ KN}$$

3.2.3 Cálculo torque eje Z

Al tener un peso de 68.59 N perteneciente al eje Z y valores de fricción, y paso de $\mu = 0.03 - p = 4 \text{ mm}$ respectivamente calculamos el torque necesario (ecuacion3.25) [42].

$$T_{sub} = \left(\frac{d_m \times W}{2} \right) \times \left(\frac{\mu + \text{tang}(\lambda)}{1 - \mu \text{tang}(\lambda)} \right)$$

Calculamos el diámetro de paso d_m (ecuacion3.26) [42].

$$d_m = d_{ext} - \frac{P}{2}$$

$$d_m = 12 \text{ mm} - \frac{4 \text{ mm}}{2}$$

$$d_m = 10 \text{ mm}$$

Determinamos el Angulo de hélice λ (ecuacion3.27) [42].

$$\lambda = \tan^{-1} \left(\frac{\text{avance}}{\pi \times d_m} \right)$$

$$\lambda = \tan^{-1} \left(\frac{4 \text{ mm}}{\pi \times 10 \text{ mm}} \right)$$

$$\lambda = 7.25^\circ$$

Calculamos T_{sub} necesario para poder mover eje Z en dirección negativa

$$T_{sub} = \left(\frac{d_m \times W}{2} \right) \times \left(\frac{\mu + \text{tang}(\lambda)}{1 - \mu \text{tang}(\lambda)} \right)$$

$$T_{sub} = \left(\frac{10mm \times 68.59 N}{2} \right) \times \left(\frac{0.03 + \text{tang}(7.25^\circ)}{1 - 0.03 \times \text{tang}(7.25^\circ)} \right)$$

$$T_{sub} = 54.123 N.m \gg 0.054 N.m$$

Calculamos T_{baj} necesario para poder mover eje Z en dirección positiva

$$T_{baj} = \left(\frac{d_m \times W}{2} \right) \times \left(\frac{\mu - \text{tang}(\lambda)}{1 + \mu \text{tang}(\lambda)} \right)$$

$$T_{baj} = \left(\frac{10mm \times 68.59 N}{2} \right) \times \left(\frac{0.03 - \text{tang}(7.25^\circ)}{1 + 0.03 \times \text{tang}(7.25^\circ)} \right)$$

$$T_{baj} = -33.213 N.m \gg -0.033 N.m$$

Para el sistema del eje z se dispuso un motor NEMA 23 23HS30-2804S, el cual posee un torque de 1.29 $N.m$ el cual cumple con el valor máximo calculado ANEXO 1

3.3 Diseño del eje X

3.3.1 Cálculo del sistema de guiado eje X

Las guías lineales pertenecientes al eje X se denominan como HGR las cuales son fabricadas de acero AISI 1045 que posee un $S_y = 310 MPa$ [43], sabiendo que la masa a la cual va a estar sometido es de 10.33 Kg

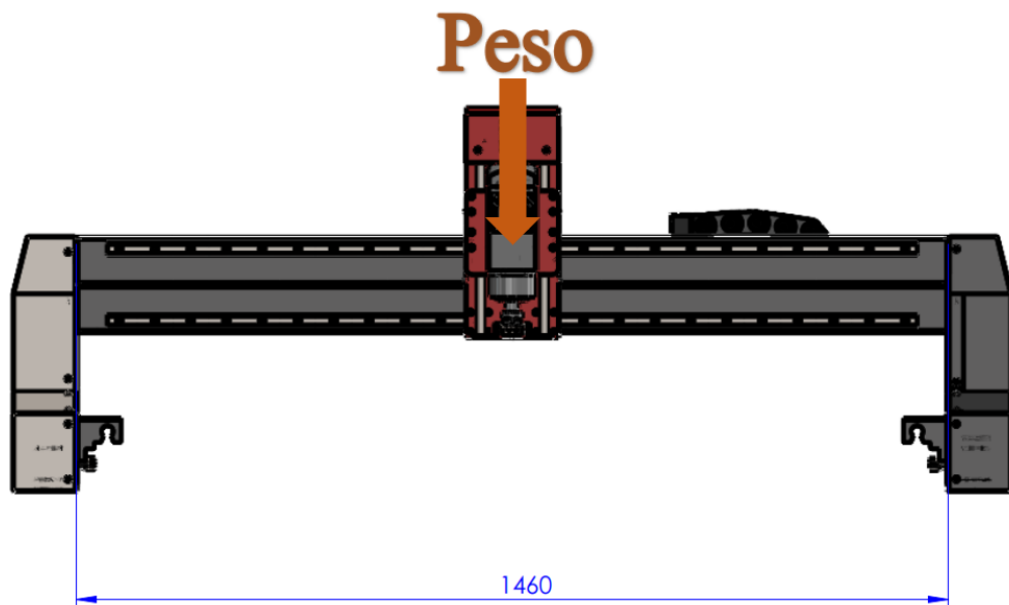


Figura 3-8: Recorrido eje X & carga.

$$W_x = m_x * g$$

$$W_x = 10.33 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W_x = 101.34 \text{ N}$$

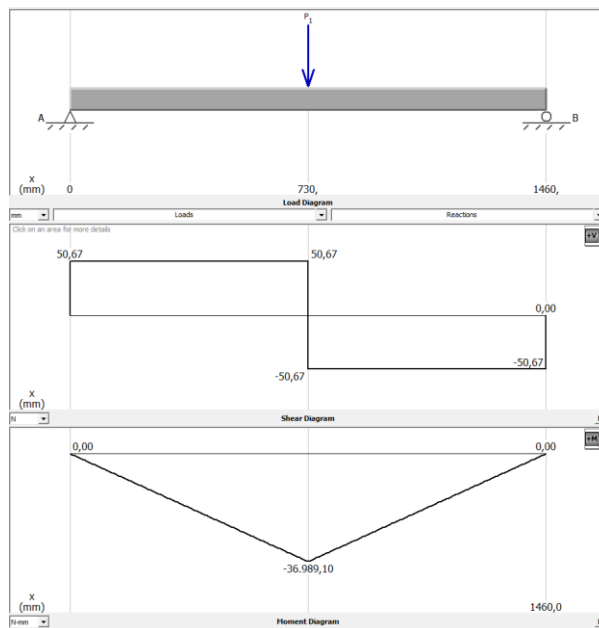


Figura 3-9: Cargas en la viga simplemente apoyada del sistema eje X

Realizamos el cálculo de las reacciones en cada punto de apoyo por medio de una sumatoria de fuerzas aplicando la ecuación 3.11 [42].

$$\uparrow + \sum Fy = 0$$

$$Ra - P + Rb = 0$$

$$Ra - 101.34 + Rb = 0$$

$$Ra + Rb = 101.34 \text{ N} \therefore Ra = Rb$$

$$2Ra = 101.34 \text{ N}$$

$$Ra = \frac{101.34}{2} \text{ N}$$

$$Rb = Ra = 50.67 \text{ N}$$

Teniendo las reacciones calculamos el momento flector máximo por medio de la ecuación 3.13 [42].

$$M_{max} = P \times \left(\frac{1460}{2} \text{ mm} \right)$$

$$M_{max} = 50.67 \text{ N} \times (106.375 \text{ mm})$$

$$M_{max} = 36989.1 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Para la fabricación de las guías se va a utilizar el Acero AISI 1045 con ($S_{ut} = 565 \text{ Mpa}$, y el $S_y = 310 \text{ Mpa}$) [43], se va a tomar un valor de 5 para el factor de seguridad debido a que este elemento va a estar sometido a fricción constante ya que está en contacto directo a las guías HGW 15CC

Determinamos el σ_{max} que nos muestra el valor máximo en cuanto al esfuerzo de fluencia (S_y) (ecuación 3.15) [42].

$$\sigma_{max} = \frac{S_y}{fs}$$

$$\sigma_{max} = \frac{310}{5} \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{max} = 77.5 \text{ Mpa}$$

Con lo que podemos determinar el valor de S de la sección circular del eje X (ecuación 3.16) [42].

$$S_{req} = \frac{M_{max}}{\sigma_{max}}$$

$$S_{req} = \frac{36959.1 \text{ N} - \text{mm}}{77.5 \text{ Mpa}}$$

$$S_{req} = 445.88 \text{ mm}^3 \gg 0.445 \text{ cm}^3$$

Una vez determinado el valor de S requerido comparamos con la sección que más se acerque a la necesitada siendo la guía HGR 15

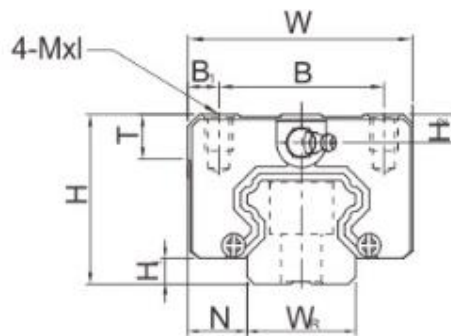


Figura 3-10: Guía HGR [41].

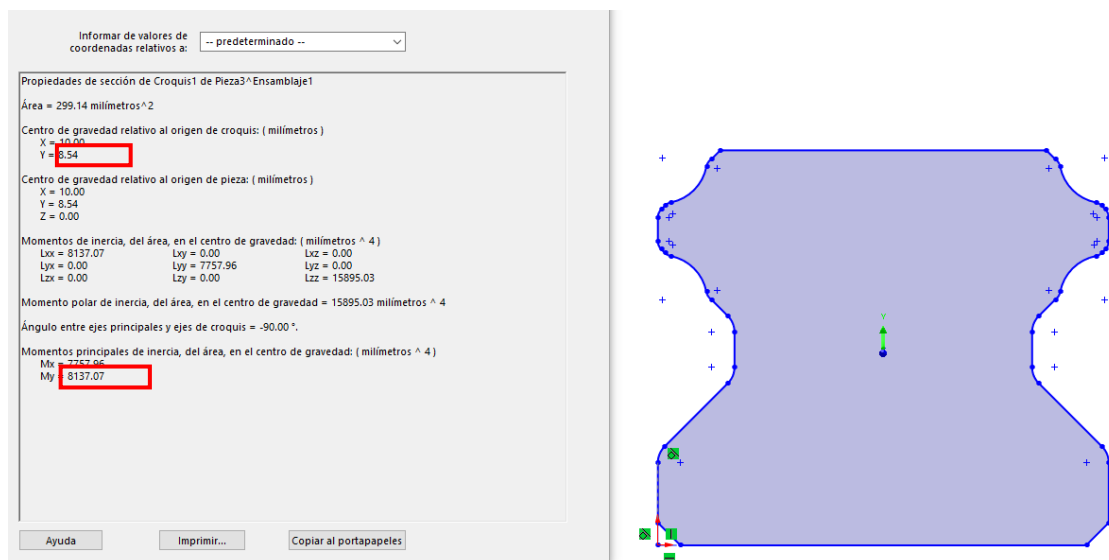


Figura 3-11: Momentos de inercia y centro de gravedad

$$S_{elem} = \frac{M_{inercia}}{Y}$$

$$S_{elem} = \frac{8137.07 \text{ mm}^4}{8.54 \text{ mm}}$$

$$S_{elem} = 925.881 \text{ mm}^3$$

$$S_{elem} \geq S_{req} = 925.881 \text{ mm}^3 \geq 445.88 \text{ mm}^3 \text{ OK}$$

3.3.2 Cálculo diámetro piñón eje X

Teniendo en cuenta el mercado en el cual se va a desarrollar el proyecto se encontró el piñón y cremallera de modulo 1.25 donde el piñón va a tener Z 16 (número de dientes) con 20° en cuanto al ángulo de presión, con los cuales se procese al cálculo y modelado del sistema de transmisión.

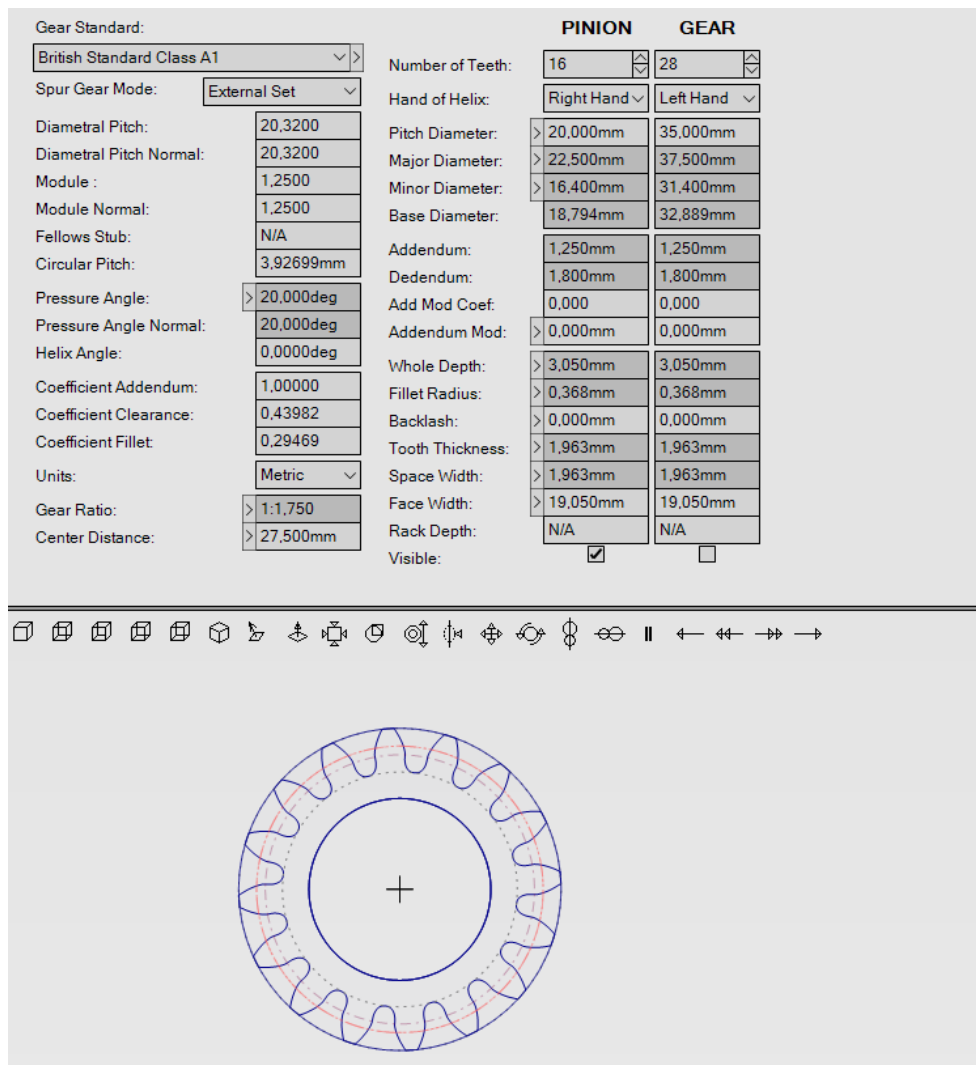


Figura 3-12: Modelado de Piñón

3.3.3 Cálculo del torque eje X

Para el cálculo del torque colocamos la fuerza que va moverse a lo largo del eje X siendo $Wx = 50.67 N$ donde el coeficiente de fricción del piñon cremallera es $\mu = 0.03$ y un paso diametral $dm = 20.32mm$

$$dm = d_{ext} - \frac{P}{2}$$

$$-dm + d_{ext} = \frac{P}{2}$$

$$P = 2(d_{ext} - dm)$$

$$P = 2(22.5mm - 20.32mm)$$

$$P = 4.36mm$$

Calculamos el torque necesario (ecuacion3.25) [42].

$$T = \left(\frac{d_m \times W}{2} \right) \times \left(\frac{\mu + \tan(\lambda)}{1 - \mu \tan(\lambda)} \right)$$

$$T = \left(\frac{20.32 \times 50.67N}{2} \right) \times \left(\frac{0.03 + \tan(20)}{1 - 0.03 \tan(20)} \right)$$

$$T = \left(\frac{20.32 \times 50.67N}{2} \right) \times \left(\frac{0.03 + \tan(20)}{1 - 0.03 \tan(20)} \right)$$

$$T = 225.24 N \cdot mm \gg 0.225N \cdot m$$

Por lo que seleccionamos el motor NEMA 34 que posee un valor de 3.06 N.mm

ANEXO 1

3.3.4 Cálculo soporte eje X

Para la fabricación de la estructura se utilizó tubos rectangulares de dimensiones $40 \times 80 mm$, $e = 2 mm$ y $S_{mat} = 6.35 cm^3$ los cuales soportan el peso en si del eje X, esta tubería es de Acero A36 el cual posee un $S_y = 250 MPa$ [43], la masa que va a soportar dicho elemento tiene un valor de $m = 65009.43 gr$, dicho cálculo es necesario para poder determinar se la sección o perfil utilizado es el adecuado para las condiciones de trabajo a las cuales va a ser sometido.

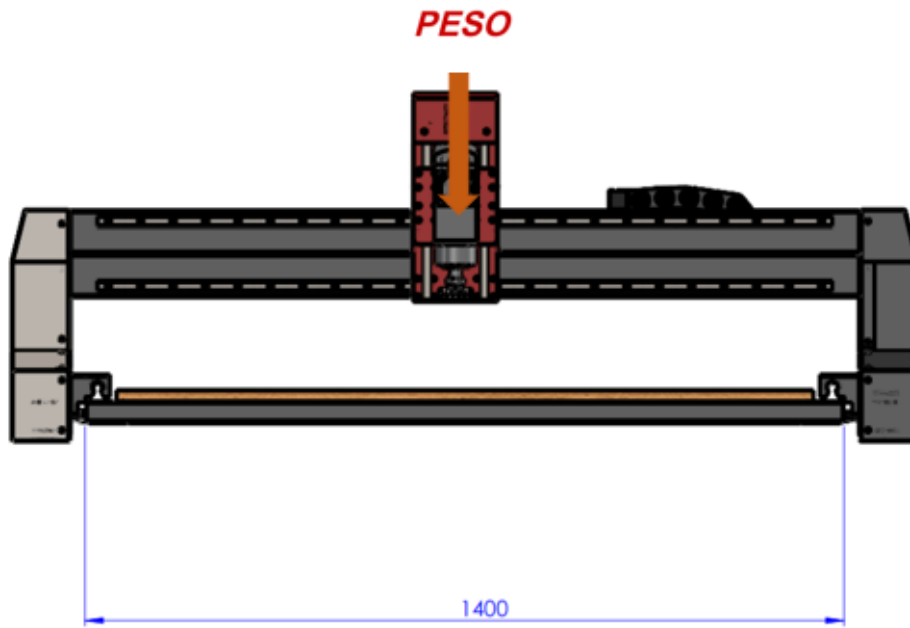


Figura 3-13: Diseño eje X

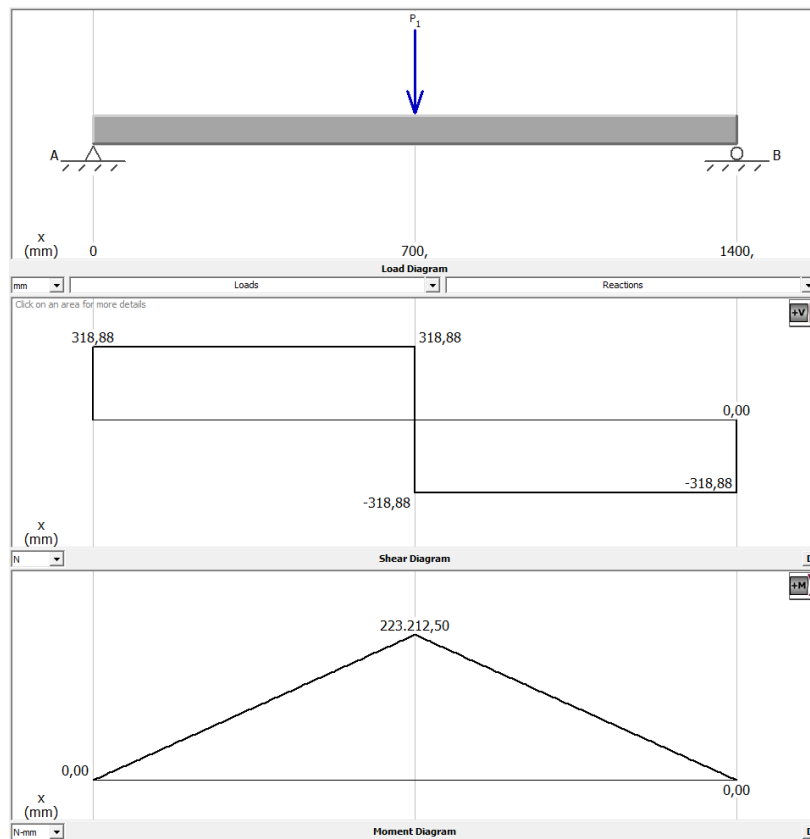


Figura 3-14: Soporte Eje X

$$m = 65009.43 \text{ gr} \gg 65.009 \text{ Kgr}$$

$$P = m \times g$$

$$P = 65.009 \text{ Kgr} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$P = 637.78 \text{ N}$$

Realizamos el cálculo de las reacciones en cada punto de apoyo por medio de una sumatoria de fuerzas aplicando la ecuación 3.11 [42].

$$\uparrow + \sum Fy = 0$$

$$Ra - P + Rb = 0$$

$$Ra - 637.78 + Rb = 0$$

$$Ra + Rb = 637.78 \text{ N} \therefore Ra = Rb$$

$$2Ra = 637.78 \text{ N}$$

$$Ra = \frac{637.78}{2} \text{ N}$$

$$Rb = Ra = 318.89 \text{ N}$$

Teniendo las reacciones calculamos el momento flector máximo por medio de la ecuación 3.13 [42].

$$M_{max} = P \times \left(\frac{1400}{2} \text{ mm} \right)$$

$$M_{max} = 318.89 \text{ N} \times (700 \text{ mm})$$

$$M_{max} = 223223 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Para la fabricación de la estructura se va a utilizar el Acero A36 con ($S_{ut} = 400 \text{ Mpa}$, y el $S_y = 250 \text{ Mpa}$) [43], se va a tomar un valor de 5 para el factor de seguridad debido a que este elemento va a soportar todas las cargas pertenecientes al eje X en conjunto con el eje Z.

Determinamos el σ_{max} que nos muestra el valor máximo en cuanto al esfuerzo de fluencia (S_y) (ecuación 3.15) [42].

$$\sigma_{max} = \frac{Sy}{fs}$$

$$\sigma_{max} = \frac{250}{4} Mpa$$

$$\sigma_{max} = 62.5 Mpa$$

Con lo que podemos determinar el valor de S de la sección circular del eje X (ecuación 3.16) [42].

$$S_{req} = \frac{M_{max}}{\sigma_{max}}$$

$$S_{req} = \frac{223223 N - mm}{62.5 Mpa}$$

$$S_{req} = 3571.568 mm^3 \gg 3.57 cm^3$$

Una vez determinado el valor de S requerido se observa que el perfil rectangular 40x80 mm, con $e = 2 mm$ de Acero A36 si soporta la carga.

$$S_{mat} \geq S_{req}$$

$$6.35 cm^3 \geq 3.57 cm^3$$

3.4 Diseño del eje Y

3.4.1 Cálculo del sistema de guiado eje Y

Los rieles lineales pertenecientes al eje Y se denominan como SBR las cuales son fabricados de acero AISI 1045 que posee un $Sy = 310 MPa$ [43], sabiendo que la masa a la cual va a estar sometido es de 65.009 Kgr

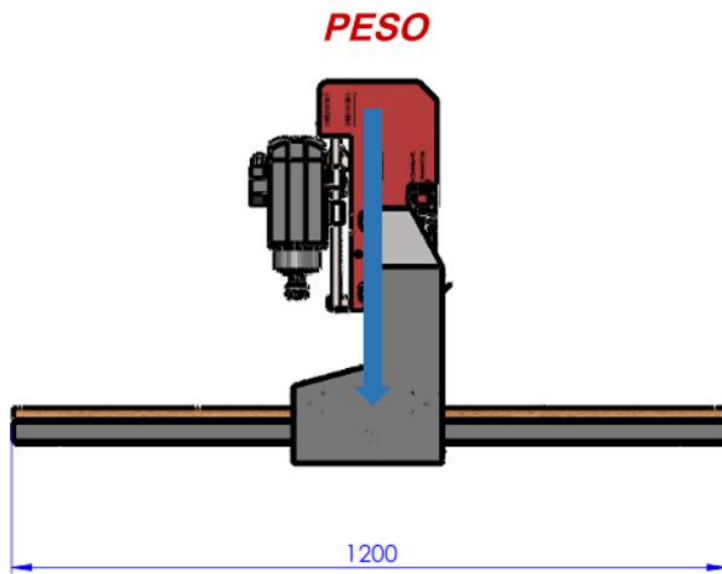


Figura 3-15: Recorrido eje Y & carga

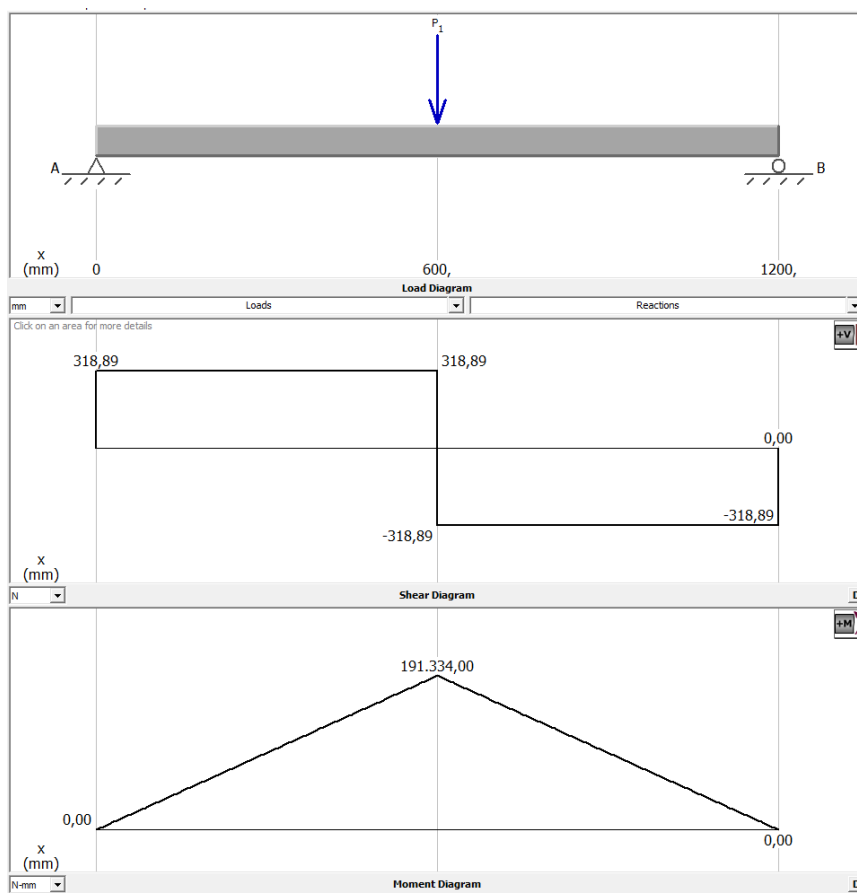


Figura 3-16: Cálculo reacciones y momento flector Eje Y

$$m = 65009.43 \text{ gr} \gg 65.009 \text{ Kgr}$$

$$P = m \times g$$

$$P = 65.009 \text{ Kgr} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$P = 637.78 \text{ N}$$

Realizamos el cálculo de las reacciones en cada punto de apoyo por medio de una sumatoria de fuerzas aplicando la ecuación 3.11 [42].

$$\uparrow + \sum Fy = 0$$

$$Ra - P + Rb = 0$$

$$Ra \mp 637.78 + Rb = 0$$

$$Ra + Rb = 637.78 \text{ N} \therefore Ra = Rb$$

$$2Ra = 637.78$$

$$Ra = \frac{637.78}{2} \text{ N}$$

$$Rb = Ra = 318.89 \text{ N}$$

Teniendo las reacciones calculamos el momento flector máximo por medio de la ecuación 3.13 [42].

$$M_{max} = P \times \left(\frac{1200}{2} \text{ mm} \right)$$

$$M_{max} = 318.89 \text{ N} \times (600 \text{ mm})$$

$$M_{max} = 191334 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Para la fabricación del riel se va a utilizar el Acero AISI 1045 que posee un $S_y = 310 \text{ MPa}$ [43], se va a tomar un valor de 5 para el factor de seguridad debido a que este elemento va a soportar todas las cargas pertenecientes al eje X en conjunto con el eje Z.

Determinamos el σ_{max} que nos muestra el valor máximo en cuanto al esfuerzo de fluencia (S_y) (ecuación 3.15) [42].

$$\sigma_{max} = \frac{S_y}{f_s}$$

$$\sigma_{max} = \frac{310}{5} \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{max} = 62 \text{ Mpa}$$

Con lo que podemos determinar el valor de S de la sección circular del eje X (ecuación 3.16) [42].

$$S_{req} = \frac{M_{max}}{\sigma_{max}}$$

$$S_{req} = \frac{191334 \text{ N} - \text{mm}}{62 \text{ Mpa}}$$

$$S_{req} = 3086 \text{ mm}^3 \gg 3.08 \text{ cm}^3$$

Una vez determinado el valor de S requerido comparamos con la sección que más se acerque a la necesitada siendo la guía SBR16

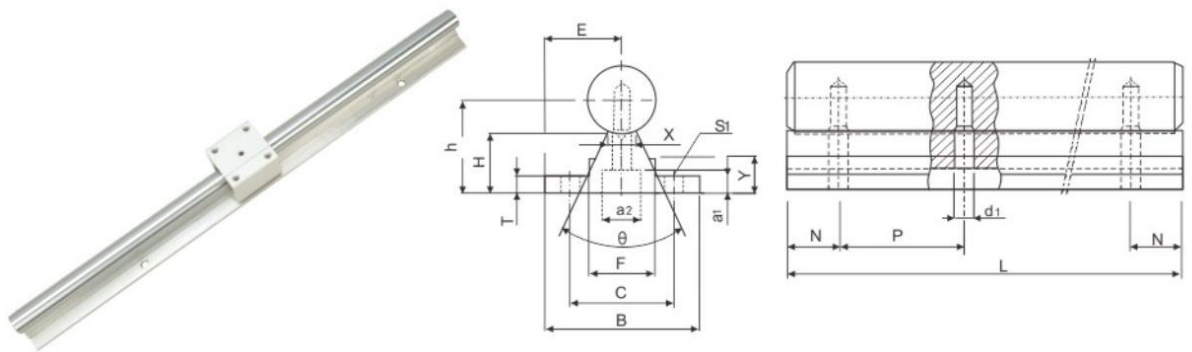


Figura 3-17: Guía SBR [41].

Dicho elemento posee las siguientes dimensiones mostradas en la siguiente tabla

Tabla 3-17: Dimensiones guía tipo SBR [41].

Type SBR Support Dimensions

Specification Type	Shaft diameter (mm)	Dimensions (mm)														Weight (g)
		E	h	B	H	T	F	X	Y	C	θ	S ₁	a ₁	a ₂	d ₁	
SBR10	φ 10	16	18	32/30	13.5	4	12.4	4.7	8.9	22/20	60°/80°	φ 4.5	5	8.5	4.5	1.10
SBR12	φ 12	17	20.46	34/32	15	4.5	15	6	9.8	25/22	60°/80°	φ 4.5	5	8.5	4.5	1.40
SBR13	φ 13	17	21	34/32	15	4.5	15	6	9.8	25/22	60°/80°	φ 4.5	5	8.5	5.5	1.55
SBR16	φ 16	20	25	40	17.8	5	18.5	8	11.7	30	60°/80°	φ 5.5	6	9.5	5.5	2.56
SBR20	φ 20	22.5	27	45	17.7	5	19	8	10	30	60°/50°	φ 5.5	6.5	11	66	3.50
SBR25	φ 25	27.5	33	55	21	6	21.5	8	12	35	60°/50°	φ 6.6	6.5	11	6.6	5.30
SBR30	φ 30	30	37	60	22.8	7	26.5	10.3	13	40	60°/50°	φ 6.6	8.5	14	9	7.38
SBR35	φ 35	32.5	43	65	26.6	8	28	13	15.5	45	60°/50°	φ 9	8.5	14	9	9.68
SBR40	φ 40	37.5	48	75	29.4	9	38	16	17	55	60°/50°	φ 9	8.5	14	9	12.69
SBR50	φ 50	47.5	62	95	38.8	11	45	20	21	70	60°/50°	φ 11	12.5	19	11	20.46

Con las dimensiones realizamos el modelado del elemento y determinamos los momentos de inercia y el centro de gravedad relativo al origen.

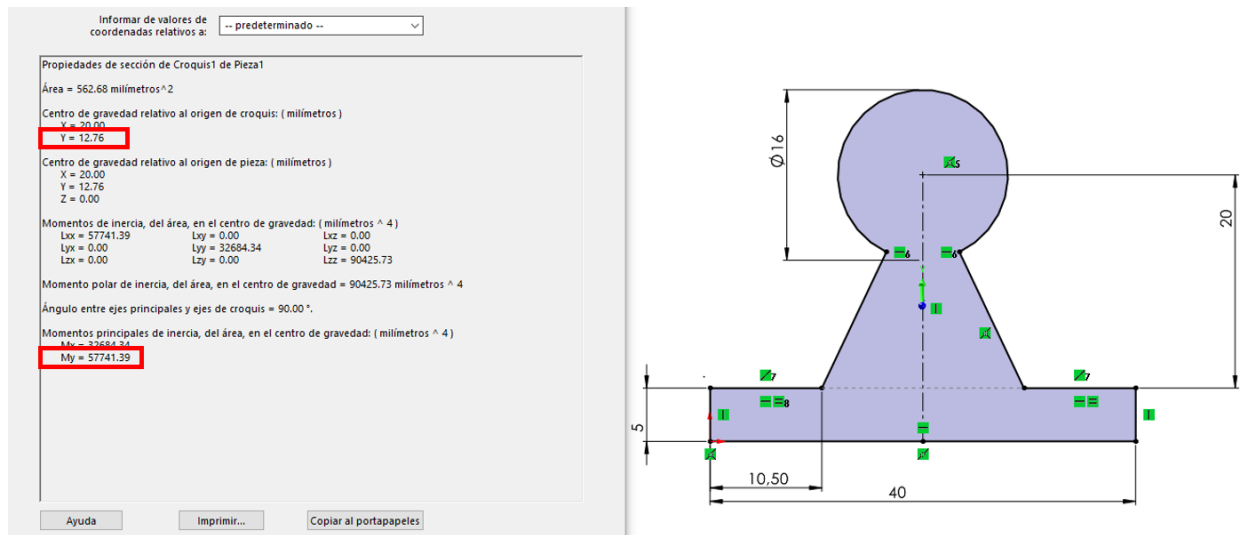


Figura 3-18: Momentos de inercia y centro de gravedad

$$S_{elem} = \frac{M_{inercia}}{Y}$$

$$S_{elem} = \frac{57741.39 \text{ mm}^4}{12.76 \text{ mm}}$$

$$S_{elem} = 4525.183 \text{ mm}^3$$

$$S_{elem} \geq S_{req} = 4525.183 \text{ mm}^3 \geq 3086 \text{ mm}^3 \text{ OK}$$

3.4.2 Cálculo diámetro piñón eje Y

Teniendo en cuenta el mercado en el cual se va a desarrollar el proyecto se encontró el piñón y cremallera de modulo 1.25 donde el piñón va a tener N 16

(número de dientes) con 20° en cuanto al ángulo de presión, con los cuales se procese al cálculo y modelado del sistema de transmisión.

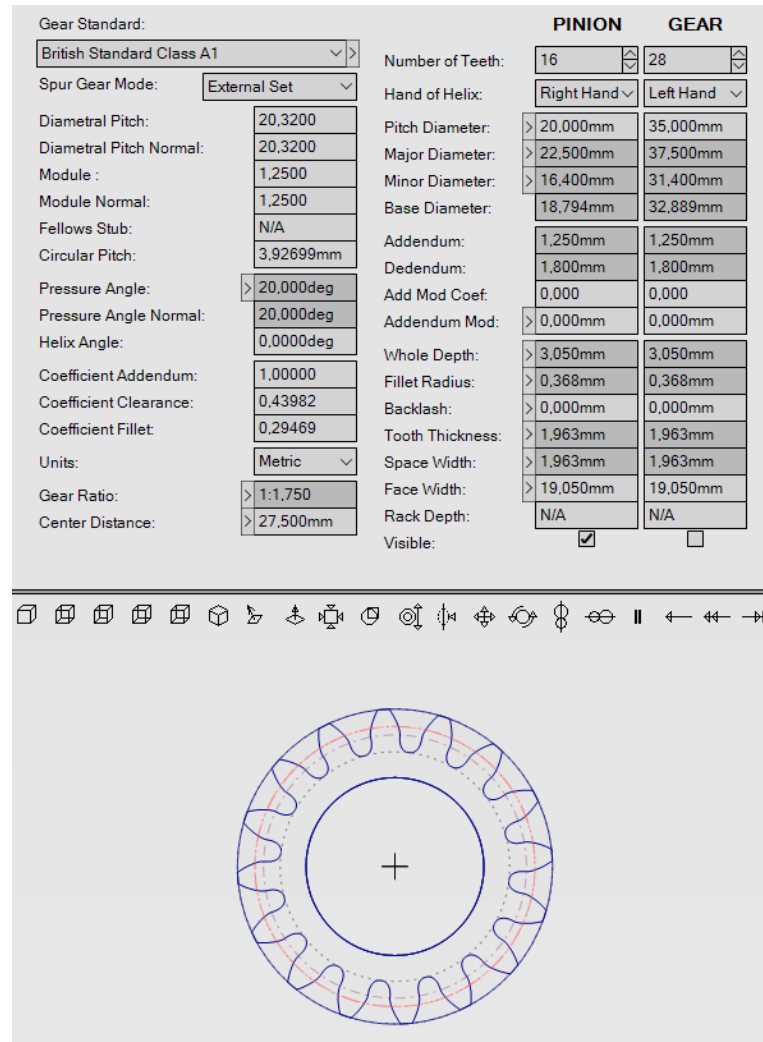


Figura 3-19: Modelado de Piñón (Geartrax)

3.4.3 Cálculo del torque eje Y

Para el cálculo del torque colocamos la fuerza que va moverse a lo largo del eje Y siendo $W_x = 50.67 N$ donde el coeficiente de fricción del piñón cremallera es $\mu = 0.03$ y un paso diametral $dm = 20.32mm$

$$dm = d_{ext} - \frac{P}{2}$$

$$-dm + d_{ext} = \frac{P}{2}$$

$$P = 2(d_{ext} - dm)$$

$$P = 2(22.5mm - 20.32mm)$$

$$P = 4.36mm$$

Calculamos el torque necesario (ecuacion3.25) [42].

$$T = \left(\frac{d_m \times W}{2} \right) \times \left(\frac{\mu + \text{tang}(\lambda)}{1 - \mu \text{tang}(\lambda)} \right)$$

$$T = \left(\frac{20.32 \times 637.78 \text{ N}}{2} \right) \times \left(\frac{0.03 + \text{tang}(20)}{1 - 0.03 \text{tang}(20)} \right)$$

$$T = 2835.088 \text{ N.mm} \gg 2.835 \text{ N.m}$$

Por lo que seleccionamos el motor NEMA 34 que posee un valor de 3.06 N.mm

ANEXO 1

3.4.4 Cálculo soporte eje Y

Para la fabricación de la estructura se utilizó tubos rectangulares de dimensiones 40x80 mm, $e = 2 \text{ mm}$ y $S_{mat} = 6.35 \text{ cm}^3$ los cuales soportan el peso en si del eje Y, esta tubería es de Acero A36 el cual posee un $S_y = 250 \text{ MPa}$ [43], la masa que va a soportar dicho elemento tiene un valor de $m = 130010.79 \text{ gr} \gg 130.01 \text{ Kg}$, dicho cálculo es necesario para poder determinar se la sección o perfil utilizado es el adecuado para las condiciones de trabajo a las cuales va a ser sometido.

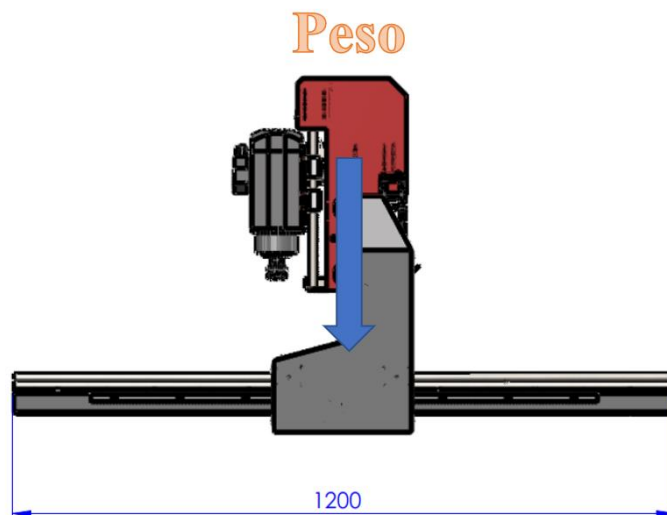


Figura 3-20: Recorrido eje Y & carga total

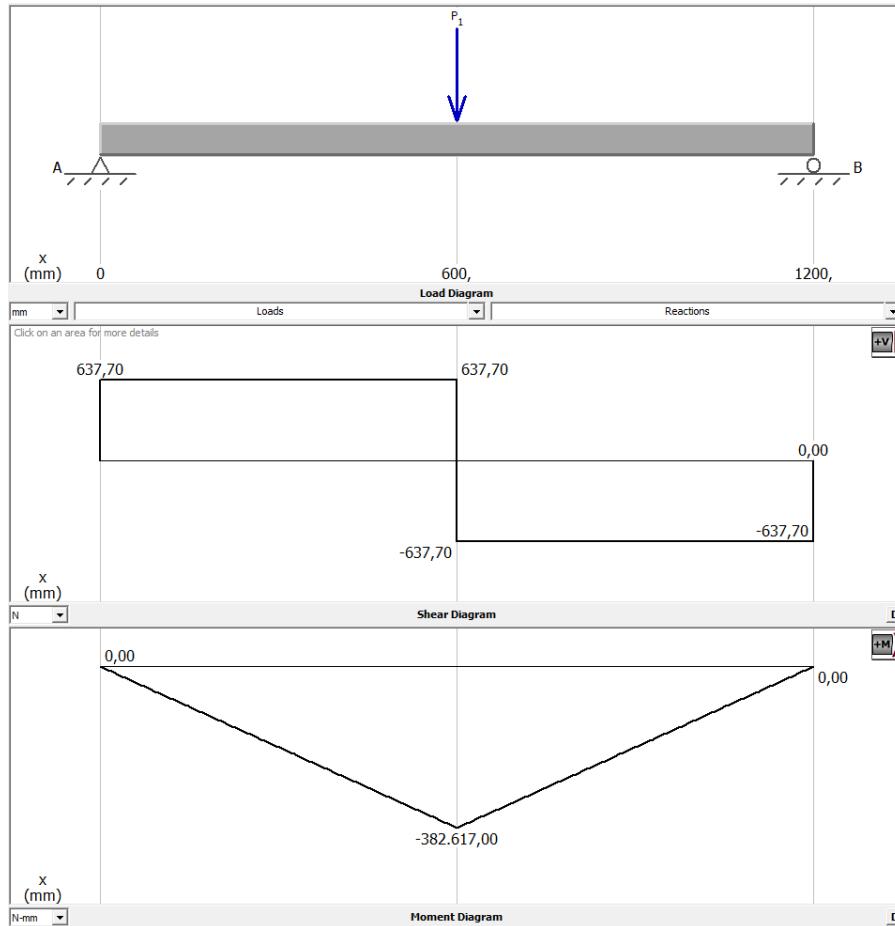


Figura 3-21: Diagrama de cuerpo libre soporte eje Y

$$m = 130010.79 \text{ gr} \gg 130.01 \text{ Kg}$$

$$P = m \times g$$

$$P = 130.01 \text{ Kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$P = 1275.39 \text{ N}$$

Realizamos el cálculo de las reacciones en cada punto de apoyo por medio de una sumatoria de fuerzas aplicando la ecuación 3.11 [42].

$$\uparrow + \sum Fy = 0$$

$$Ra - P + Rb = 0$$

$$Ra - 1275.39 + Rb = 0$$

$$Ra + Rb = 1275.39 \text{ N} \therefore Ra = Rb$$

$$2Ra = 1275.39 N$$

$$Ra = \frac{1275.39}{2} N$$

$$Rb = Ra = 637.695 N$$

Teniendo las reacciones calculamos el momento flector máximo por medio de la ecuación 3.13 [42].

$$M_{max} = P x \left(\frac{1200}{2} mm \right)$$

$$M_{max} = 637.695N x(600 mm)$$

$$M_{max} = 382617 N.mm$$

Para la fabricación de la estructura se va a utilizar el Acero A36 con ($S_{ut} = 400$ Mpa, y el $S_y = 250$ Mpa) [43], se va a tomar un valor de 5 para el factor de seguridad debido a que este elemento va a soportar todas las cargas pertenecientes al eje Y en conjunto con el eje Z.

Determinamos el σ_{max} que nos muestra el valor máximo en cuanto al esfuerzo de fluencia (S_y) (ecuación 3.15) [42].

$$\sigma_{max} = \frac{S_y}{f_s}$$

$$\sigma_{max} = \frac{250}{4} Mpa$$

$$\sigma_{max} = 62.5 Mpa$$

Con lo que podemos determinar el valor de S de la sección circular del eje Y (ecuación 3.16) [42].

$$S_{req} = \frac{M_{max}}{\sigma_{max}}$$

$$S_{req} = \frac{382617 \text{ N} - \text{mm}}{62.5 \text{ Mpa}}$$

$$S_{req} = 6121.87 \text{ mm}^3 \gg 6.12 \text{ cm}^3$$

Una vez determinado el valor de S requerido se observa que el perfil rectangular 40x80 mm, con $e = 2 \text{ mm}$ de Acero A36 si soporta la carga.

$$S_{mat} \geq S_{req}$$

$$6.35 \text{ cm}^3 \geq 6.12 \text{ cm}^3 \text{ OK}$$

3.5 Selección de guías para el sistema X, Y.

El sistema de guías para el eje X son HGW15cc el cual es el complemento del riel HGR15, estas guías se van a distribuir de manera horizontal colocando dos en la parte superior debido a que en esta parte va a existir una mayor carga en cuanto a la carga dinámica y una en la parte inferior sirviendo de apoyo a las guías superiores.

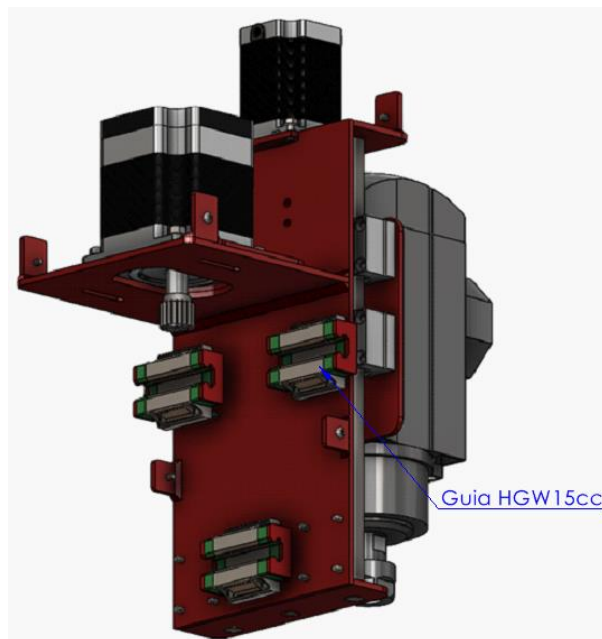


Figura 3-22: Distribución de guías eje X

El sistema de guías para el eje Y son SBR16lbbu el cual es el complemento del riel SBR16, estas guías se van a distribuir de manera que soporten las cargas dinámicas dadas por el eje X y Z colocando la cantidad de 4 guías distribuidas de manera pareja en cada uno de los apoyos.

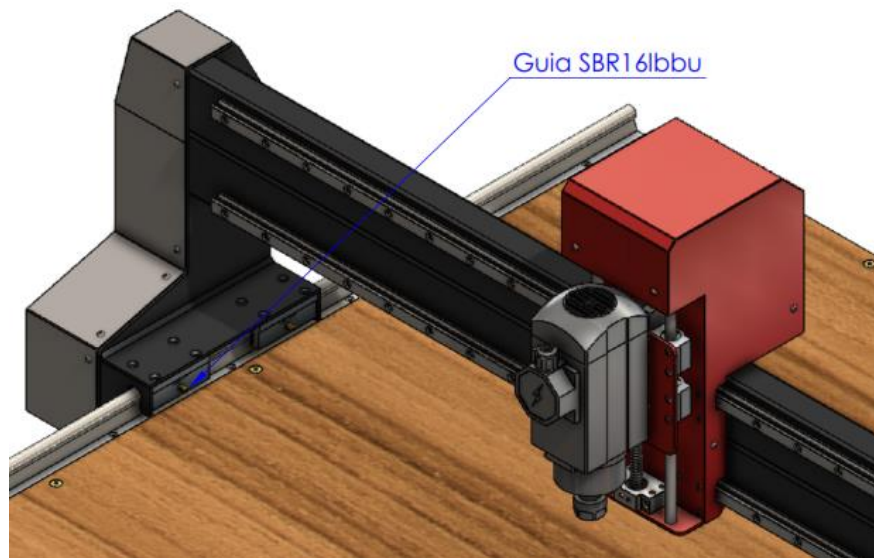


Figura 3-23: Distribución de guías eje Y

3.5.1 Carga dinámica eje X

Para poder determinar la carga dinámica a la que va a estar sometidas las guías se analiza con la fuerza aplicada en el eje X sabiendo que el peso del elemento posee $W_x = 0.101KN$, ésta carga se encuentra en función de las horas de servicio a las cuales va a estar sometida la máquina o elemento (formula 3.27) [42].

$$L_{10h} = \frac{1000000}{60 \times n} \times \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

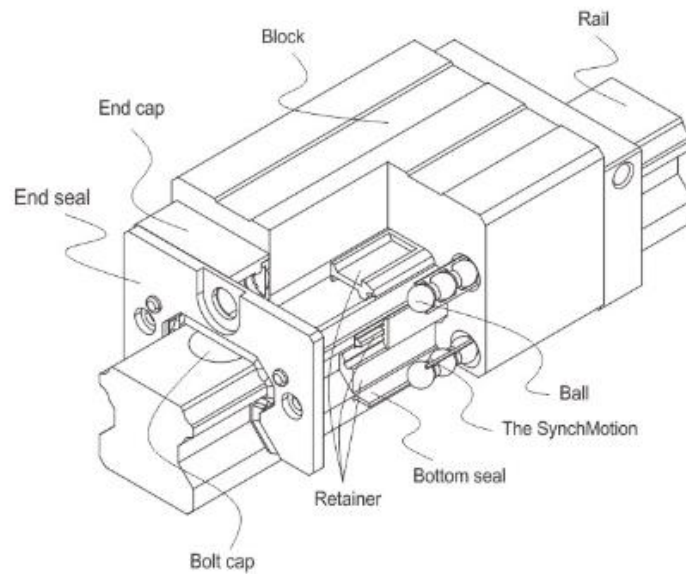


Figura 3-24: Vista en corte de guías HGR 15 [41].

Para los valores de L_{10h} se analiza la a partir de la tabla 3-18 la cual nos muestra los distintos tipos de servicio y las aplicaciones de las distintas máquinas, sabiendo que un router CNC no se usan constantemente, pero si por periodos largos y está sometido a movimientos realizados por motores que por ende se van a producir vibraciones.

Tabla 3-18: Aplicaciones en maquinarias y vida requerida (Referencia) [45].

Clasificación del servicio	Aplicaciones en maquinarias y vida requerida (referencia) L_{10h} $\times 10^3 h$				
	~ 4	~ 12	12 ~ 30	30 ~ 60	60 ~
Máquinas usadas por periodos cortos q utilizadas sólo ocasionalmente.	<ul style="list-style-type: none"> ● Aplicaciones domésticas ● Herramientas de mano eléctricas 	<ul style="list-style-type: none"> ● Maquinaria agrícola ● Equipos de oficina 			
Utilización durante periodos cortos e intermitentemente, pero con requerimientos de alta confiabilidad.	<ul style="list-style-type: none"> ● Equipos médicos ● Instrumentos de medición 	<ul style="list-style-type: none"> ● Motores de acondicionadores de aire residenciales ● Equipos de construcc. ● Elevadores ● Grúas 	<ul style="list-style-type: none"> ● Grúas (Poleas) 		
Máquinas que no se usan constantemente, pero se utilizan por periodos largos.	<ul style="list-style-type: none"> ● Automóviles ● Vehículos de dos ruedas 	<ul style="list-style-type: none"> ● Motores pequeños ● Buses camiones ● Transmisiones de engranes en general ● Máquinas madereras 	<ul style="list-style-type: none"> ● Husillos de máquinas ● Motores industriales ● Trituradores ● Cribas vibratorias 	<ul style="list-style-type: none"> ● Transmisiones de engranes principales ● Máquinas de caucho/plástico ● Rodillos de calandrias ● Máquinas de impresión 	
Máquinas en constante uso durante las 8 horas del día.		<ul style="list-style-type: none"> ● Laminadores ● Escaleras eléctricas ● Transportadores ● Centrifugas 	<ul style="list-style-type: none"> ● Ejes de vehiculos ferroviarios ● Acondicionadores de aire ● Motores grandes ● Centrifugas 	<ul style="list-style-type: none"> ● Ejes de locomotoras ● Motores de tracción ● Elevadores mineros ● Volantes a presión 	<ul style="list-style-type: none"> ● Máquinas de fabricación de papel ● Equipos de propulsión para barcos
24 horas de operación continua, no interrumpible.					<ul style="list-style-type: none"> ● Equipos de abastecimiento de agua ● Bombas de drenaje/ ventiladores para minería ● Equipos para generación de potencia

$$L_{10h} = 30 \times 10^3 h$$

La velocidad la tomamos a partir de la figura 3-23 donde colocamos la velocidad a partir del torque calculado anteriormente

$$T = 2835.088 \text{ N.m} \gg 283.5 \times 10^{-2} \text{ N.m}$$

STP-MTR-34066

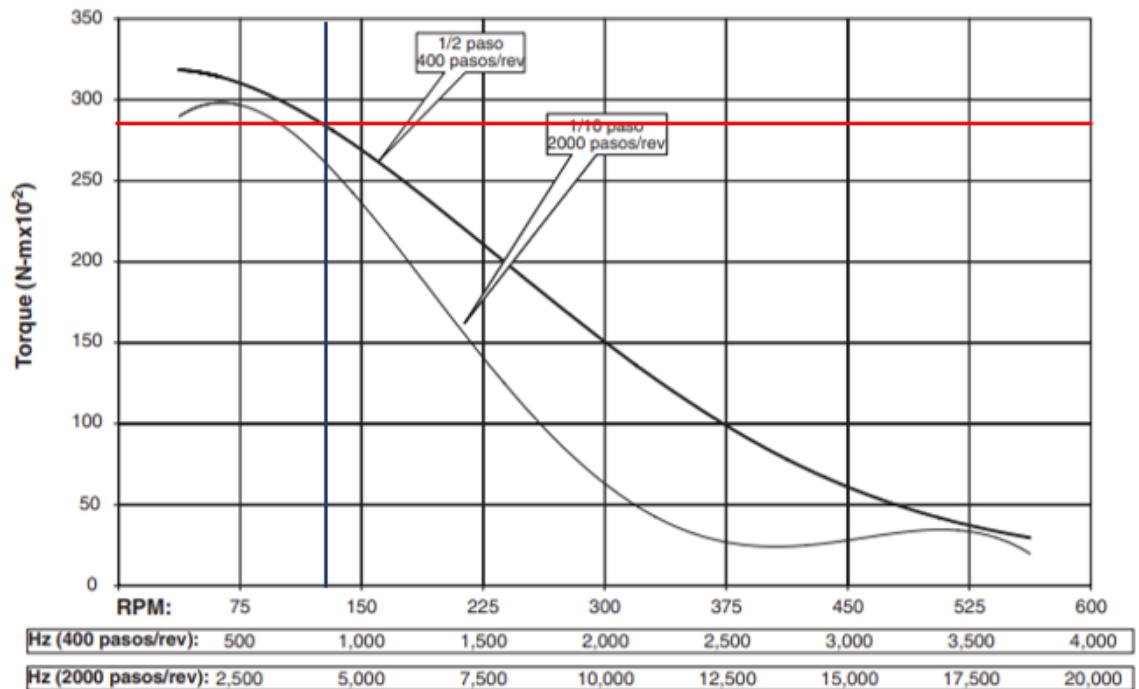


Figura 3-25: Velocidad Vs Torque NEMA 34 [46]

$$T = 2835.088 \text{ N.mm} \gg 283.5 \times 10^{-2} \text{ N.m} \therefore V = 128.57 \text{ rpm}$$

Calculamos la carga dinámica requerida de trabajo de los rodamientos presentes en las guías del eje X (formula 3.28) [42].

$$C_{req} = \sqrt[3]{\frac{L_{10h} \times 60 \times n}{1000000}} \times P$$

$$C_{req} = \sqrt[3]{\frac{30000 \times 60 \times 128.57}{1000000}} \times 0.101 \text{ KN}$$

$$C_{req} = 0.62 \text{ KN}$$

Sabiendo que para cada guía lineal la carga dinámica a soportar es de $C = 0.80 \text{ KN}$, teniendo en cuenta que esta carga va a estar distribuida en 3 guías por lo que trabajarían sin problema.

3.5.2 Carga dinámica eje Y

En la sección anterior se seleccionó el mayor torque que va a necesitar el motor para el movimiento de los ejes X,Y siendo $T = 2835.088 \text{ N.mm}$ y una velocidad de $V =$

128.57 rpm la carga dinámica a la que va a estar sometidas las guías se analiza con la fuerza aplicada en el eje Y sabiendo que el peso del elemento posee $W_y = 1.275 \text{ KN}$, ésta carga se encuentra en función de las horas de servicio a las cuales va a estar sometida la máquina o elemento (formula 3.27) [42].

Calculamos la carga dinámica requerida de trabajo de los rodamientos presentes en las guías del eje Y (formula 3.28) [42].

$$C_{req} = \sqrt[3]{\frac{L_{10h} \times 60 \times n}{1000000}} \times P$$

$$C_{req} = \sqrt[3]{\frac{30000 \times 60 \times 128.57}{1000000}} \times 1.275 \text{ KN}$$

$$C_{req} = 7.82 \text{ KN}$$

Sabiendo que para cada guía lineal SBR 16 LUU la carga dinámica a soportar es de $C = 2.16 \text{ KN}$, teniendo en cuenta que esta carga va a estar distribuida en 4 guías por lo que trabajarían sin problema.

3.6 Diseño de la mesa de soporte

Al culminar la selección de los distintos elementos obtenemos la masa total que va a soportar la mesa de trabajo $m = 130010.79 \text{ gr} \gg 130.01 \text{ Kg}$ con la cual calculamos la fuerza ejercida para poder determinar las tensiones, deformaciones y factor de seguridad mediante una simulación.

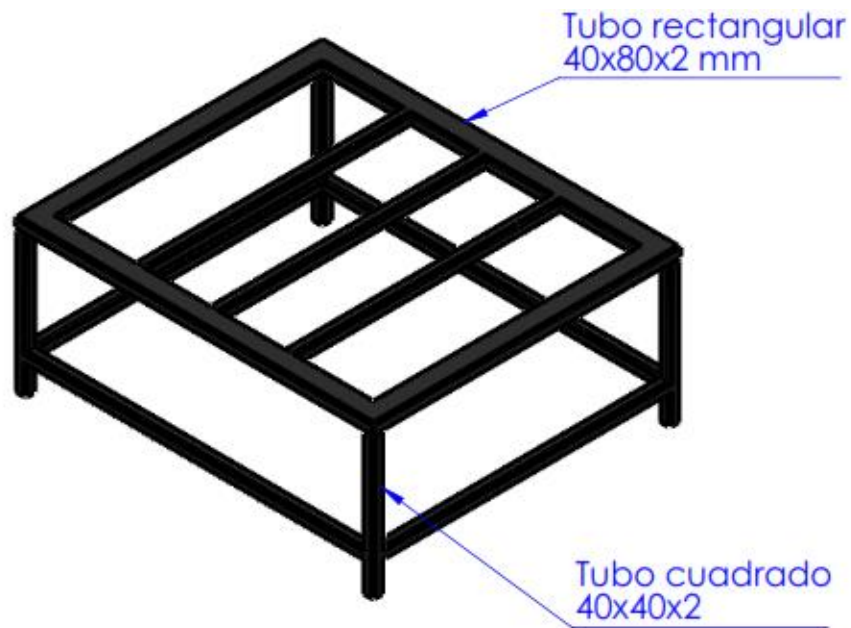


Figura 3-26: Denominación de perfiles estructurales

Se va a colocar distintos perfiles siendo tubos rectangulares de dimensiones $40 \times 80 \text{ mm}$, $e = 2 \text{ mm}$ y $S_{mat} = 6.35 \text{ cm}^3$ ANEXO 2 para la parte superior de la mesa y tubos cuadrados de dimensiones $40 \times 40 \text{ mm}$, $e = 2 \text{ mm}$ y $S_{mat} = 3.76 \text{ cm}^3$ ANEXO 3 para la parte inferior.

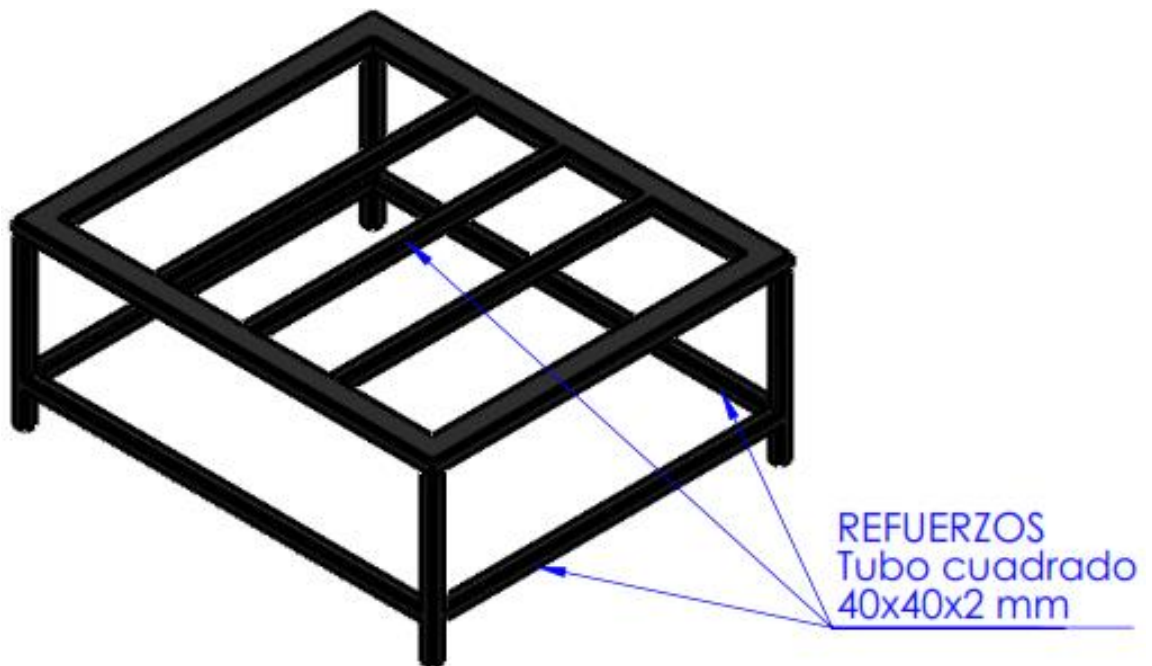


Figura 3-27: Colocación de refuerzos

Se va a colocar refuerzos colocados de forma horizontal debido a que el movimiento de los complementos va a producir vibraciones

Para la obtención de resultados es importante colocar las restricciones necesarias para que la respuesta o la obtención de los resultados sean favorables

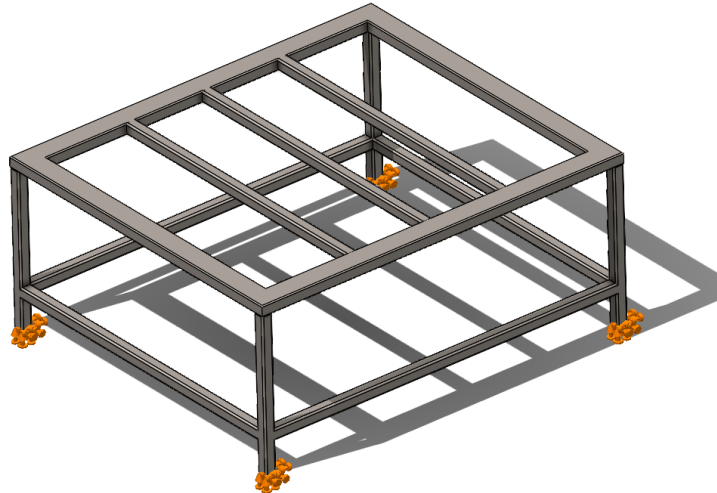


Figura 3-28: Colocación de sujeciones fijas

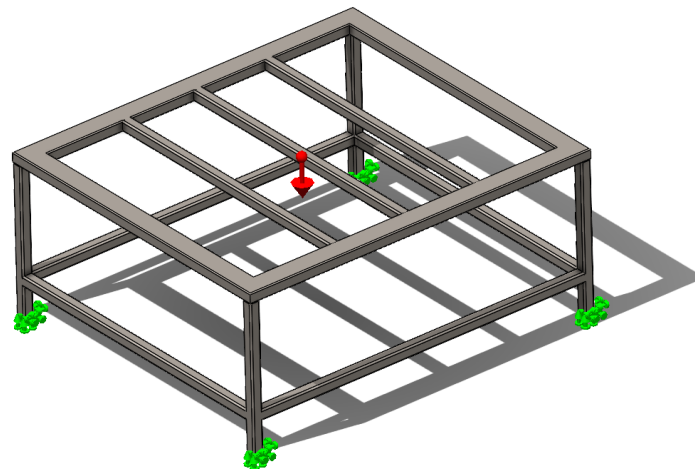


Figura 3-29: Implementación de la gravedad

La masa total que va a soportar la estructura es de $m = 130.01 \text{ Kg}$ que una vez multiplicada por la gravedad obtenemos el peso esta carga se la coloca sobre la cara superior de la tubería rectangular de dimensiones $40 \times 80 \text{ mm}$, $e = 2 \text{ mm}$ y $S_{mat} = 6.35 \text{ cm}^3$ ANEXO 2 con dirección negativa y colineal al de la gravedad

$$W_T = m \times g$$

$$W_T = 130.01 \text{ Kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W_T = 1275.39 \text{ N}$$

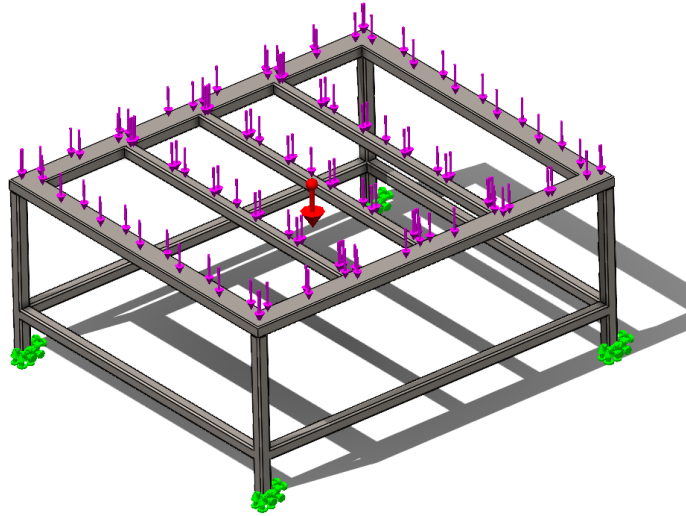


Figura 3-30: Colocación de W_T

El material del cual está fabricada la estructura es tubería es de Acero A36 el cual posee un $S_y = 250 \text{ MPa}$ [43], por lo que se la coloca en toda la estructura en cuanto a la selección del material dentro de la simulación

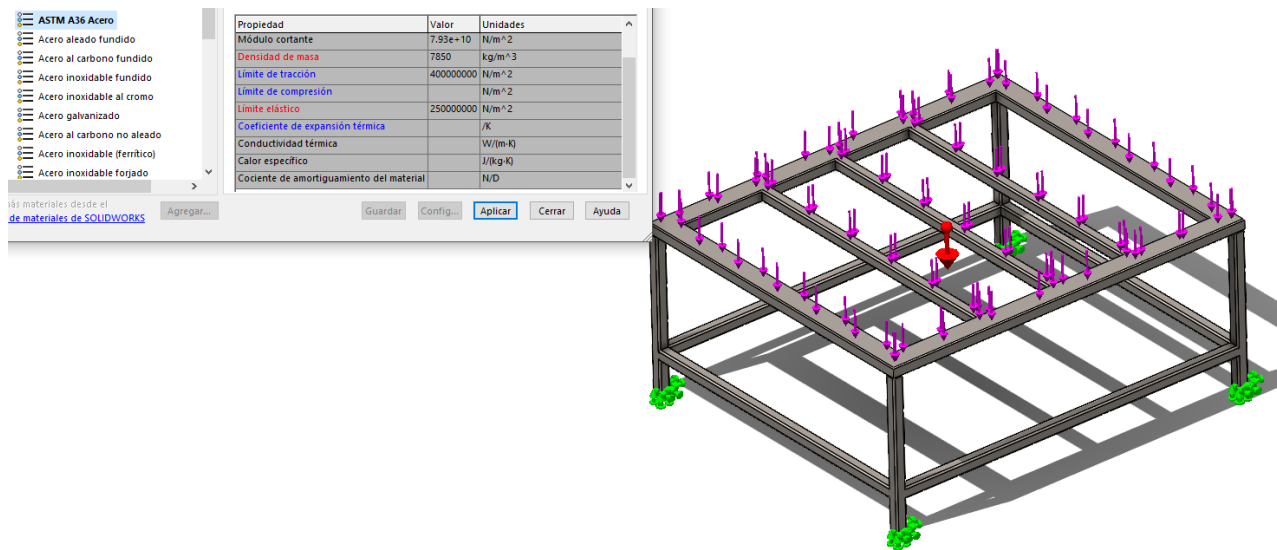


Figura 3-31: Selección de material

La carga al estar colocada sobre la tubería rectangular va a estar distribuida de forma simétrica sobre toda la estructura, se utilizó un análisis estático estructural (Static Structural), el tipo de sujeción fija se lo denomina como soporte fijo (Fixed support), el cual esta colocado en todas las caras que están en contacto al piso o placa inferior, para el mallado 68829 nodos y 35634 elementos

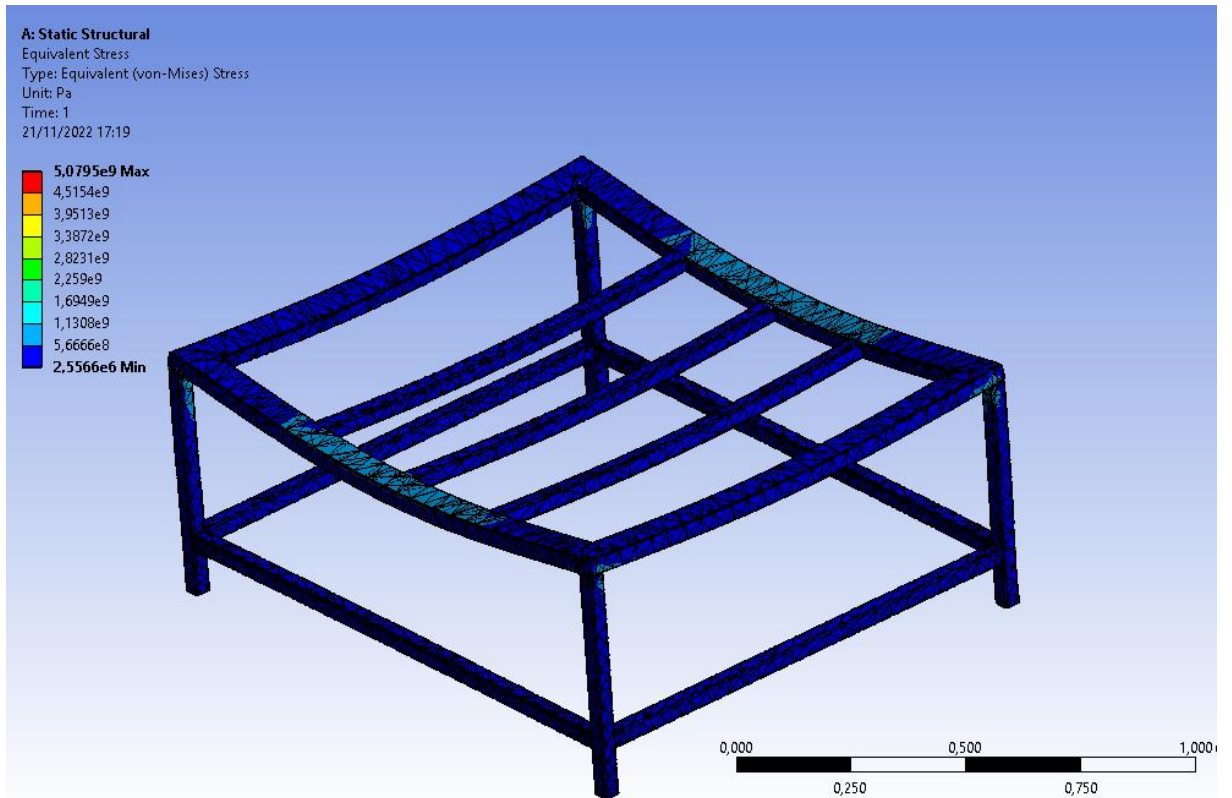


Figura 3-32: Análisis de Stress (Von-Mises)

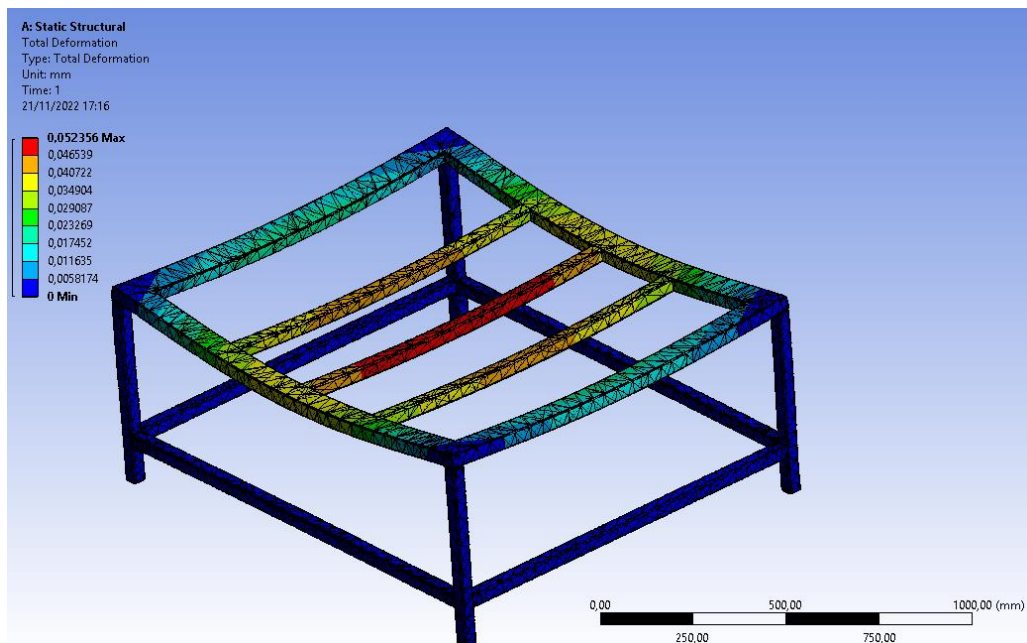


Figura 3-33: Análisis de desplazamiento máximo

3.6.1 Cálculo de pandeo estructura metálica

Realizamos el cálculo de pandeo para poder garantizar que las patas soporten la carga a la que van a estar sometidas, la carga a la que va a estar sometida es de $1275.39 N$

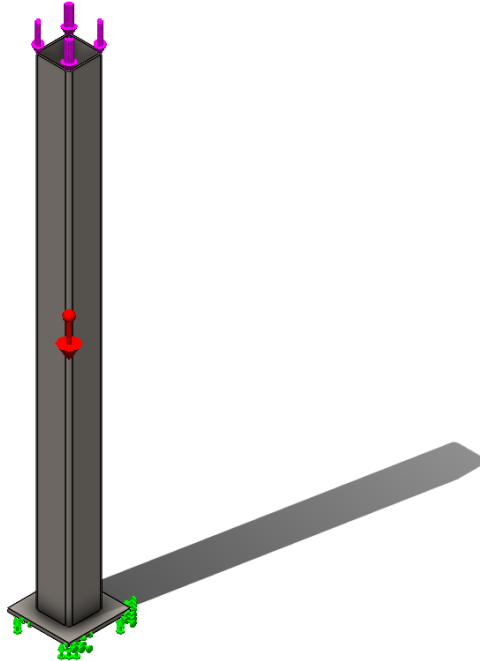


Figura 3-34: Fuerza ejercida en la pata

el material que se emplea para la construcción de la mesa es un tubo cuadrado de dimensiones $40 \times 40 \text{ mm}$, $e = 2 \text{ mm}$ y $S_{mat} = 3.76 \text{ cm}^3$, a partir de estas dimensiones determinamos el área transversal del tubo. (formula 3.31) [42].

$$A = B^2 - b^2$$

$$A = 40\text{mm}^2 - (40 - 4\text{mm})^2$$

$$A = 304 \text{ mm}^2$$

Ya obtenida el área del tubo calculamos el momento de inercia (formula 3.32) [42].

$$I = \frac{B^4}{12} - \frac{b^4}{12}$$

$$I = \frac{40^4}{12} - \frac{(40 - 4)^4}{12} \text{ mm}^4$$

$$I = \frac{40^4}{12} - \frac{(40 - 4)^4}{12} \text{ mm}^4$$

$$I = 73365.33 \text{ mm}^4$$

Determinamos la razón de esbeltes por medio de los valores calculados anteriormente

(formula 3.33) [42].

$$k = \sqrt{\frac{I}{A}}$$
$$k = \sqrt{\frac{73365.33 \text{ mm}^4}{304 \text{ mm}^2}}$$
$$k = \begin{matrix} 15.534 \\ -15.534 \end{matrix}$$

El tipo de empotramiento se detalla en el **ANEXO 4**, donde en un extremo la pata se encuentra empotrada y el otro extremo libre, dichos valores técnicos se evalúan en condiciones ideales y se toma valores de la AISC los cuales son recomendados para este tipo de empotramiento para la cual se calcula la longitud efectiva donde la longitud real de la pata es de 550 mm (formula 3.34) [42].

$$L_{efec} = 2.1L$$
$$L_{efec} = 2.1 (550 \text{ mm})$$
$$L_{efec} = 1155 \text{ mm}$$

Determinamos la razón de esbeltez (formula 3.35) [42].

$$S_r = \frac{L_{efec}}{K}$$
$$S_r = \frac{1155}{19.23} \text{ MPa}$$
$$S_r = 60.062 \text{ MPa}$$

Para el análisis de la columna se toma la ecuación tomada en el punto tangente (formula 3.18) [42].

$$(SR)_D = \pi x \sqrt{\frac{2 x E}{S_y}}$$

Las propiedades mecánicas se toman del Acero A36 el cual posee un $S_y = 250 \text{ MPa}$ y un módulo de Young de $E = 200 \text{ GPa}$ [43].

$$(SR)_D = \pi x \sqrt[2]{\frac{2 x E}{S_y}}$$

$$(SR)_D = \pi x \sqrt[2]{\frac{2 x 200 MPa}{250 MPa}}$$

$$(SR)_D = 3.97$$

Teniendo una relación de $(SR)_D \leq S_r$, determinamos que la columna es intermedia por lo que se calcula la presión crítica (formula 3.36) [42].

$$\frac{P_{crit}}{A} = S_y - \frac{1}{E} x \left(\frac{S_y x S_r}{2 x \pi} \right)^2$$

$$\sigma = S_y - \frac{1}{E} x \left(\frac{S_y x S_r}{2 x \pi} \right)^2$$

$$\sigma = 250 MPa - \frac{1}{200 GPa} x \left(\frac{250 MPa x 60.062 MPa}{2 x \pi} \right)^2$$

$$\sigma = 221.44 MPa$$

Calculamos la fluencia del material colocando un factor de diseño de 2 (formula 3.30) [42].

$$S_y = \sigma x n$$

$$S_y = 221.44 MPa x 2$$

$$S_y = 442.88 MPa$$

Sabiendo que la carga que va a soportar este elemento está distribuida a lo largo de 4 patas la dividimos y obtenemos un S_y por casa elemento.

$$S_y = \frac{442.88 MPa}{4}$$

$$S_y = 110.72 MPa$$

El material posee un $S_y = 250 MPa$ [43]. y el calculado un $S_y = 110.72 MPa$, lo cual nos muestra que la pata no sufrirá ninguna deformación de pandeo y además el

factor de diseño posee un valor de 2 lo que nos indica que va a soportar sin ningún inconveniente

3.7 Acople de husillo de bolas a motor NEMA 23

Para la unión de los elementos de transmisión se utiliza acoples neumáticos debido a que en las máquinas CNC ocurren fenómenos relacionados a la resonancia mecánica y la aplicación de los mismos reducen dichos fenómenos y además evita la pérdida de precisión en el sistema.

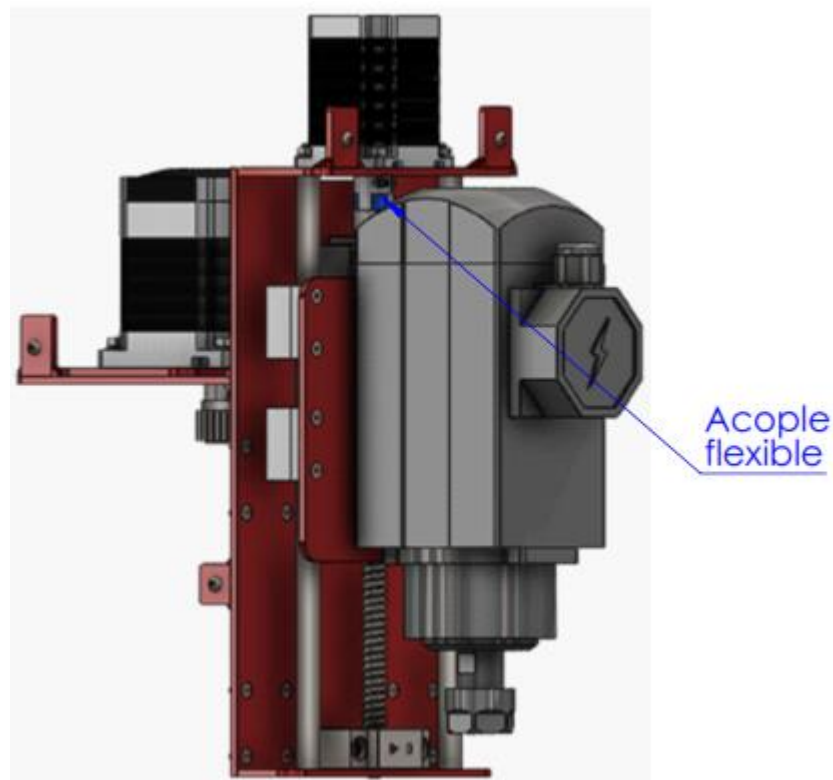
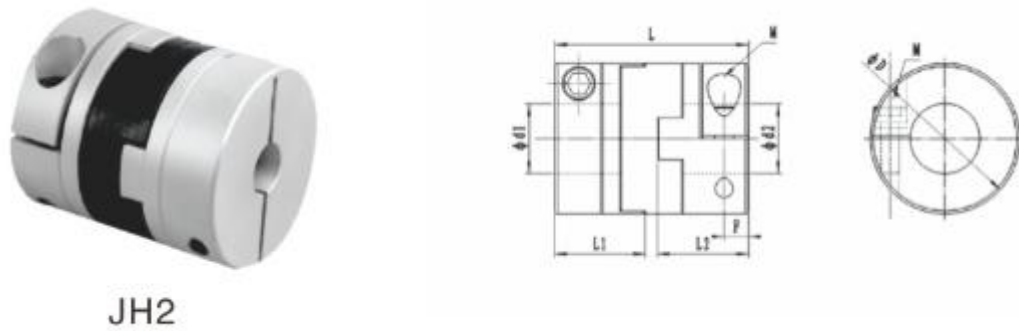


Figura 3-35: Colocación de acople flexible

Este tipo de acople está conformado por 3 elementos dos elementos que por lo general son de aluminio que se ensamblan al eje rotor del motor y a tornillo SFU 1204, y el elemento restante fabricado de plástico o polímeros resistentes, estos elementos están alineados entre sí y se clasifican según la utilización y el diámetro al cual va a estar conectado



JH2

Figura 3-36: Acople JH2 [41].

Dimension:(mm)

Model Number	bore dia.		D	L	L1/L2	F	G	M	(N.M)	Rated torque (N.m)	Max torque (TK max)	Allowable speed (min)	Torsional stiffness (N.m/rad)	Moment of inertia (kg.m ²)	Net weight (g)
	d1 (min)	d2 (max)													
JH1-16	3	6.35	16	18	7	3.5	M3	-	0.7	0.7	1.4	12000	31	0.32	7
JH2-16	4	6		29	12.5	3.5	-	M2.5	1.5					0.56	12
JH1-20	4	8	20	23	9	4.5	M4	-	1.7	1.2	2.4	10000	60	1.0	14
JH2-20	4	8		33	14	3.5	-	M3	1.5					1.5	19
JH1-25	5	12	25	28	11	5.5	M5	-	4	2	4	8000	140	3.0	27
JH2-25	5	12		39	16.5	3.5	-	M3	1.5					4.4	36
JH1-32	5	16	32	33	13	6.5	M6	-	7	4.5	9	7000	280	9.5	50
JH2-32	5	16		45	19	4.5	-	M4	2.5					14	69
JH1-40	8	20	40	35	14	7	M5	-	7	9	18	4800	540	23	80
JH2-40	8	20		50	23	7	-	M5	4					41	130
JH1-50	12	24	50	38	17	8.5	M8	-	15	18	36	3000	820	67	150
JH2-50	12	24		58	27	8	-	M6	8					120	230
JH1-63	14	30	63	47	21	10.5	M10	-	8	36	72	2800	1900	220	300
JH2-63	14	30		71	33	10	-	M8	16					370	450

Figura 3-37: Características acoples JH1-JH2 [41].

El diámetro del rotor del motor NEMA 23 es de $d = 8\text{mm}$ por lo que se selecciona un acople JH2-20 el cual soporta un Torque máximo de $T_{max} = 2.4\text{ N.m}$ el cual es mayor al torque máximo que nos proporciona el motor $T_{maxM} = 1.29\text{ N.m}$

3.8 Cálculo de Velocidades

Se seleccionan los siguientes datos a partir del Anexo 5, teniendo en cuenta que vamos a realizar el corte del MDF de espesor 12 mm en 2 pasadas

Se seleccionan los siguientes datos

$$\text{Velocidad de corte} \rightarrow V_c = 10 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

$$\text{Avance por diente} \rightarrow f_z = 0.05 \frac{\text{mm}}{\text{rev}}$$

$$\text{Profundidad de corte} \rightarrow a_p = 6\text{mm}$$

$$N^\circ \text{ de dientes} \rightarrow n = 4$$

$$N^\circ \text{ de dientes efectivos} \rightarrow Z_c = 4$$

3.8.1 Cálculo de velocidad de avance de mesa

$$V_f = f_z \times n \times Z_c$$

$$V_f = 0.05 \times 4 \times 4$$

$$V_f = 0.8 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

3.8.2 Cálculo de velocidad del husillo

$$n = \frac{V_c \times 12}{\pi \times D_{cap}}$$

$$n = \frac{10 \times 12}{\pi \times 5}$$

$$n = 7.63 \text{ rpm}$$

3.9 Sistema de control

El modelado del dibujo se lo realiza en un software CAM especializado, donde colocamos los distintos parámetros y se lo debe guardar en formato DXF para que posteriormente se lo pueda colocar en Estlcam poder generar el código G

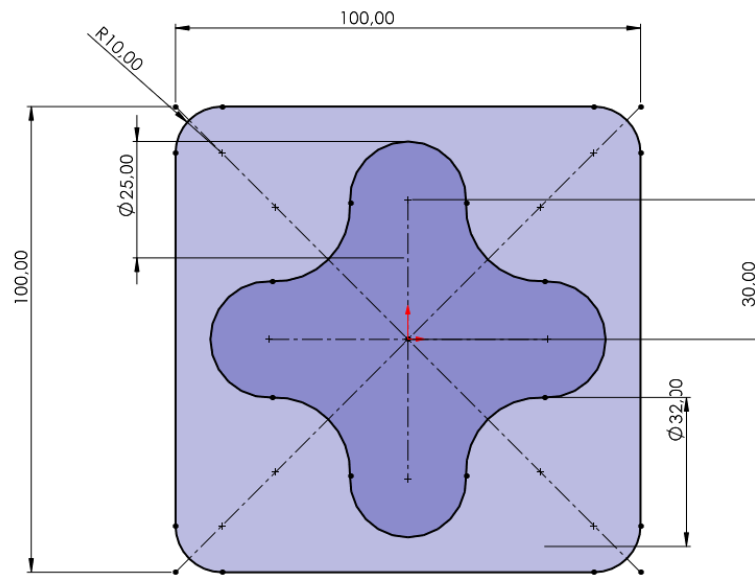


Figura 3-38: Modelado para prueba de funcionamiento

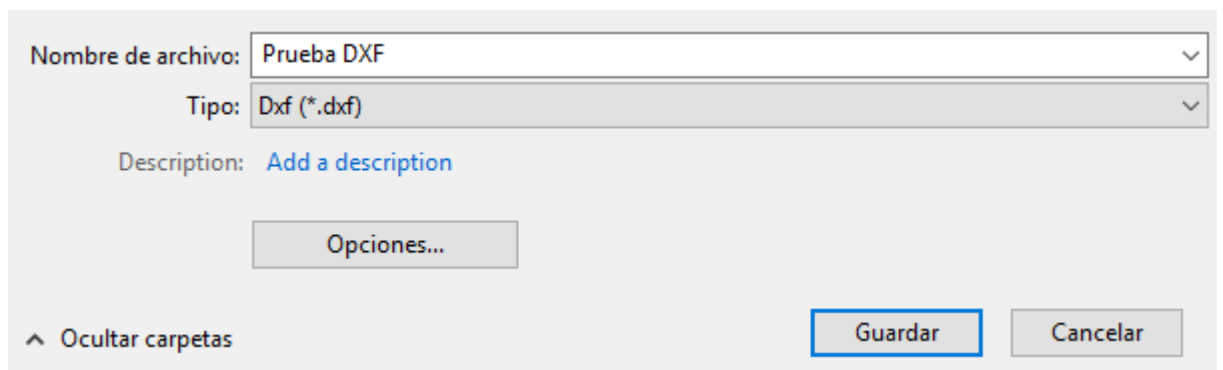


Figura 3-39: Archivo formato DXF

Una vez obtenido el archivo procedemos a abrir el Estlcam donde vamos a importar el archivo de la figura 3-38

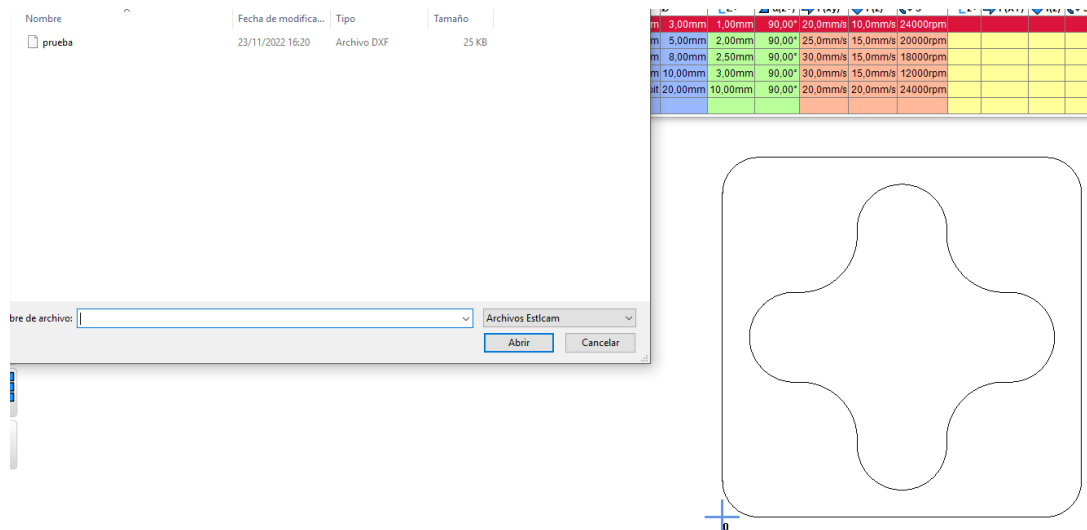


Figura 3-40: Archivo en Estlcam

Una vez importado el archivo colocamos parámetros de corte tanto interiores como exteriores para el elemento a mecanizar, teniendo en cuenta que para obtener un mejor acabado y no haya imperfecciones se debe colocar el punto de inicio alejado de la posición inicial de corte del elemento.

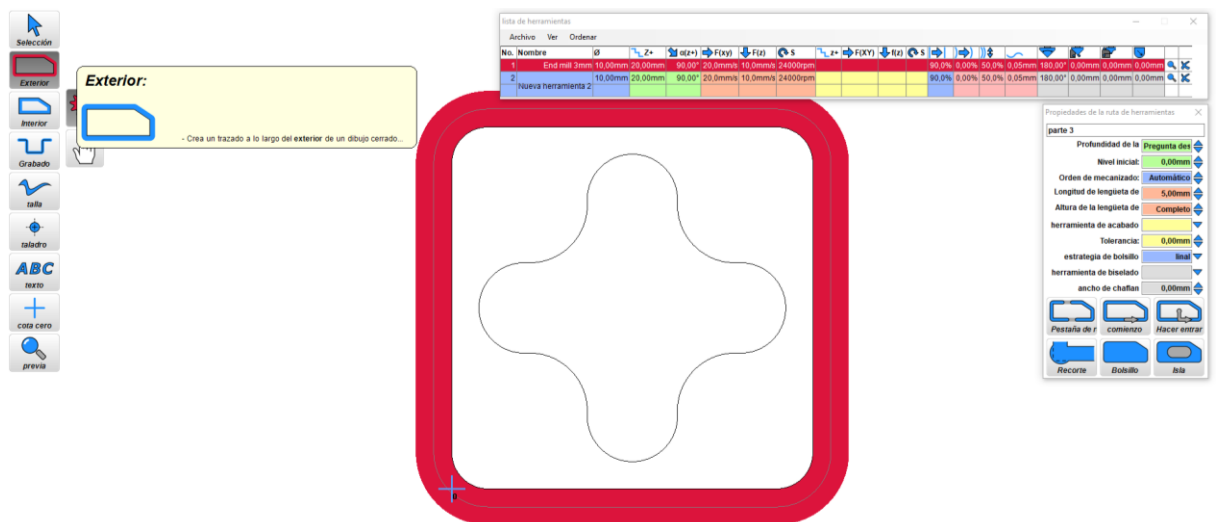


Figura 3-41: Colocación de trayectoria de corte exterior

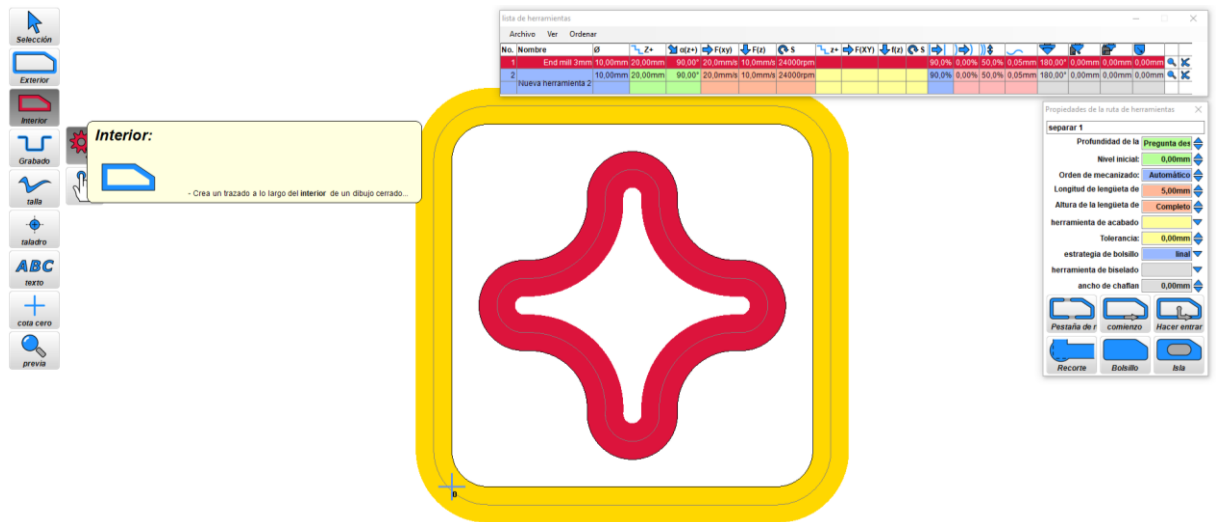


Figura 3-42: Colocación de trayectoria de corte interior

Para cada corte se coloca puntos distantes desde donde se da inicio al corte, con la finalidad de que se obtenga un mejor acabado a esta función se la denomina como plomo.

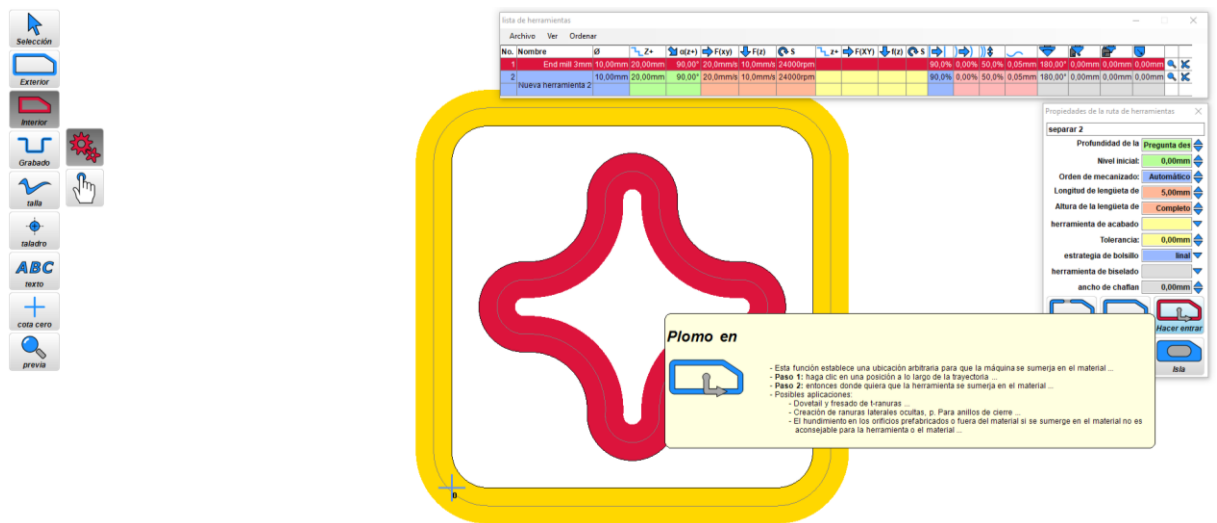


Figura 3-43: Colocación de punto de inicio de corte

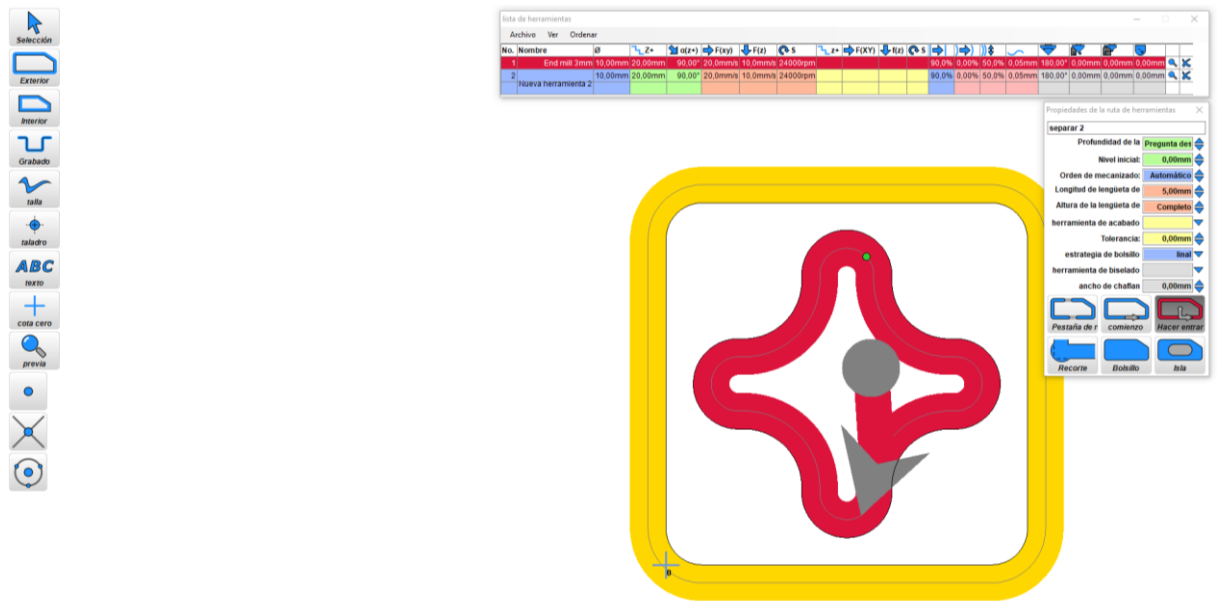


Figura 3-44: Colocación de punto lateral para corte interno

Se coloca los parámetros de corte como son velocidad de avance, velocidad del husillo, profundidad de corte, cada uno de ellos pertenece a una herramienta.

Dentro de los parámetros mas importantes es el diámetro exterior de la fresa o broca que se va a utilizar ya que el radio de estas determina la separación a la que va a ingresar o mecanizar la herramienta.

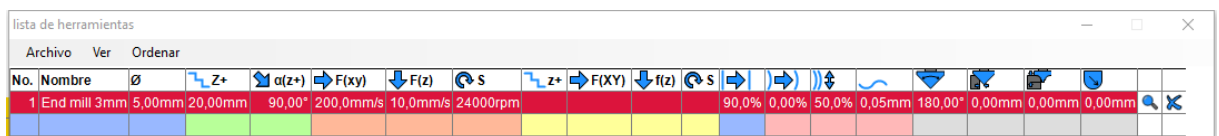


Figura 3-45: Colocación de herramientas y parámetros de corte

Una vez colocado los parámetros de corte se puede simular o correr la configuración colocada para determinar errores o desviaciones que pudiera ocurrir al momento del mecanizado y así obtener un mejor resultado

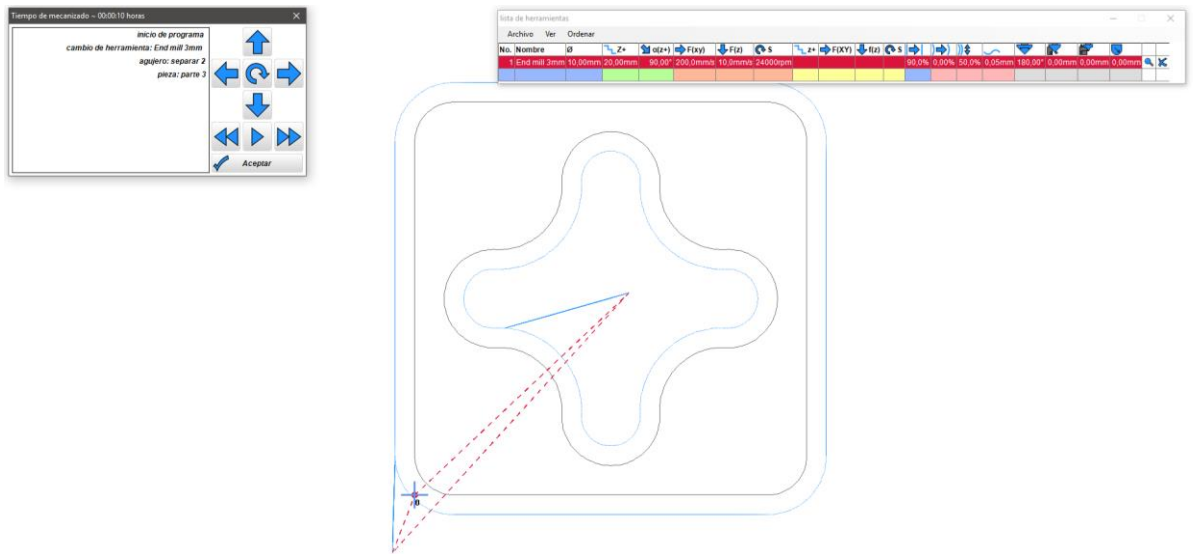


Figura 3-46: Trayectoria de corte

Se guarda la codificación en formato. tap que es propio del software utilizado para el control de los motores

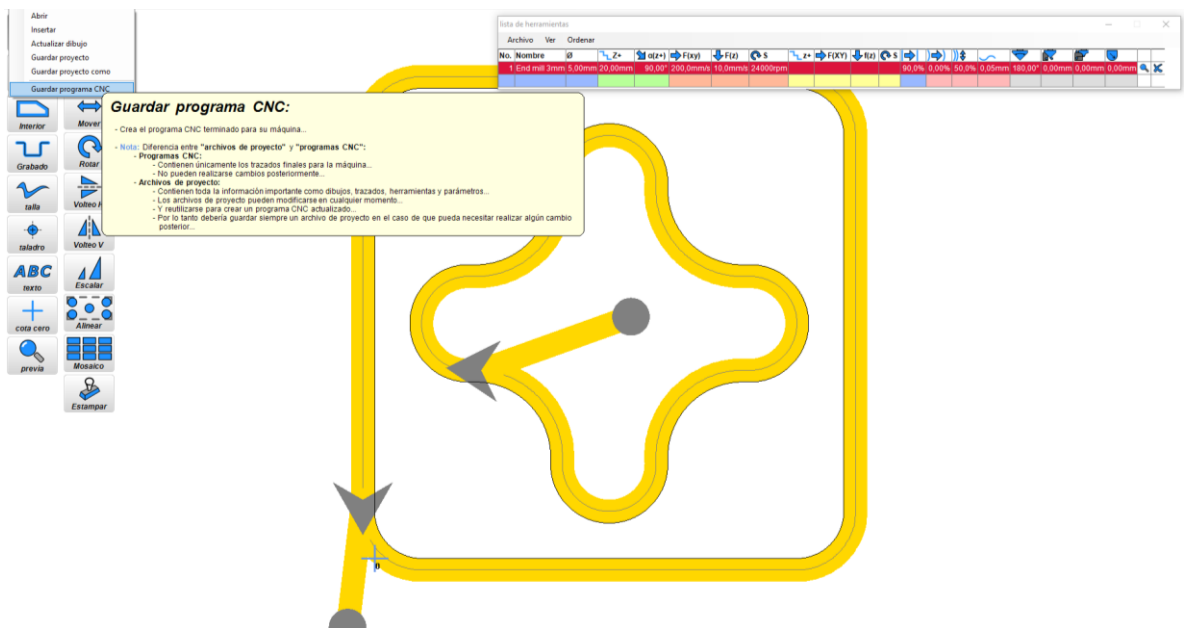


Figura 3-47: Generación de archivo para mach 3

Por medio del software Mach 3 podemos controlar los distintos elementos que realizan el movimiento de los componentes que en este caso son los motores NEMA 23 y NEMA 34, colocando los códigos G generados por Estelcam

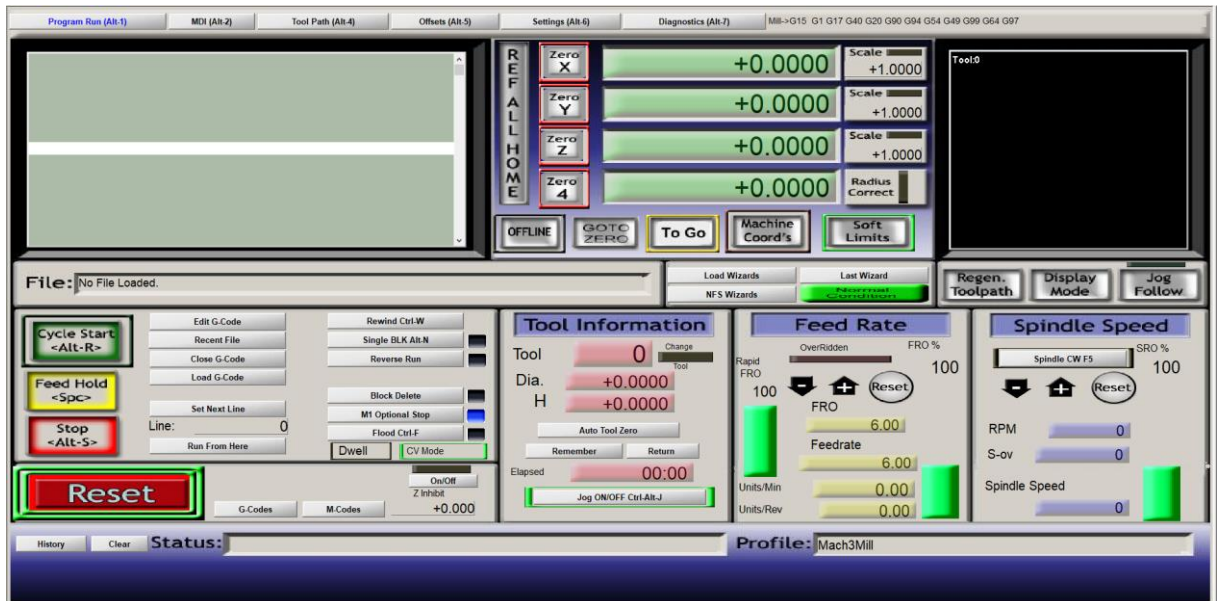


Figura 3-48: Interfase software Estelcam

Para poder cargar el archivo de formato .tap generado seleccionamos el comando 'Load G-Code' y seleccionamos archivo necesitado.

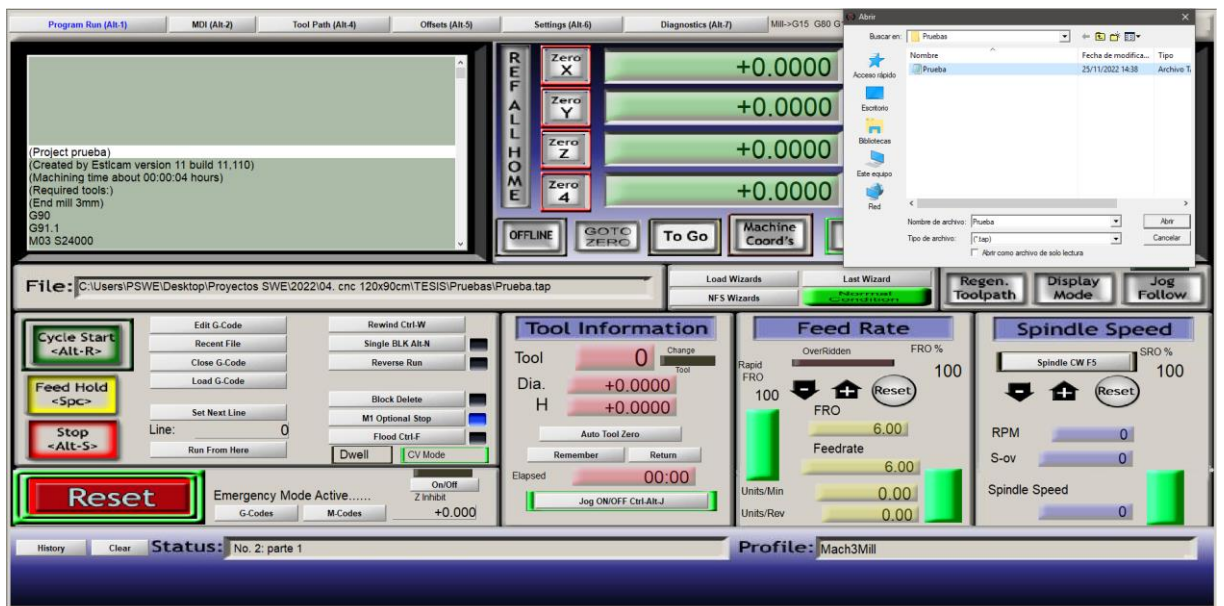


Figura 3-49: load G-Code

Al cargar el documento instantáneamente se muestra en la ventana superior derecha las líneas de código y la ventana superior izquierda el trazo que va a seguir el husillo.

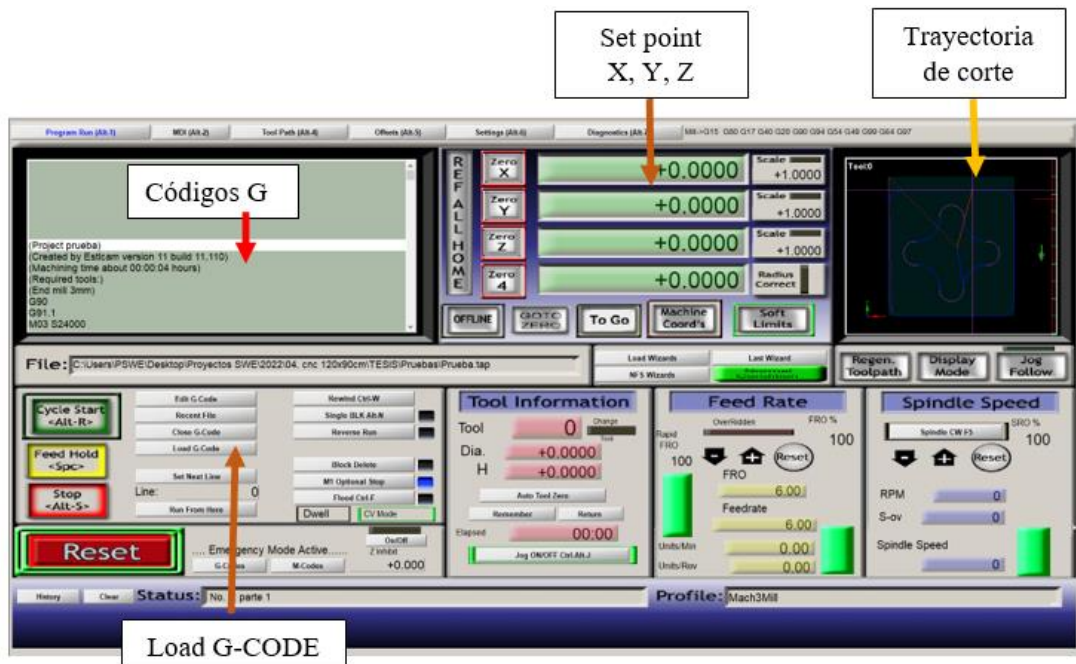


Figura 3-50: Programa cargado

Una cargado el archivo colocamos el punto 00 de la máquina por medio de los comandos de set point en los puntos X, Y, Z, para el movimiento en los ejes presionamos las diferentes teclas mencionadas o mostradas en la siguiente figura.

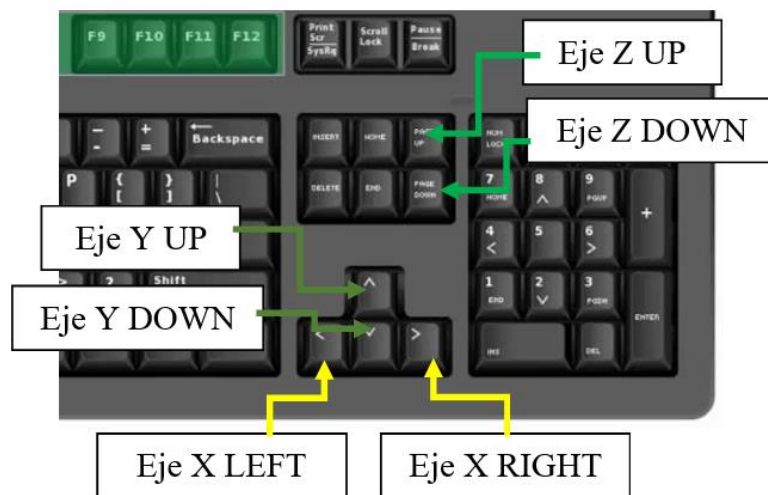


Figura 3-51: Set Point ejes X, Y, Z

Al tener el archivo cargado, colocado el set point seleccionamos el comando 'Cycle start' que tiene como función mandar a correr el código e iniciar con el ciclo de mecanizado.

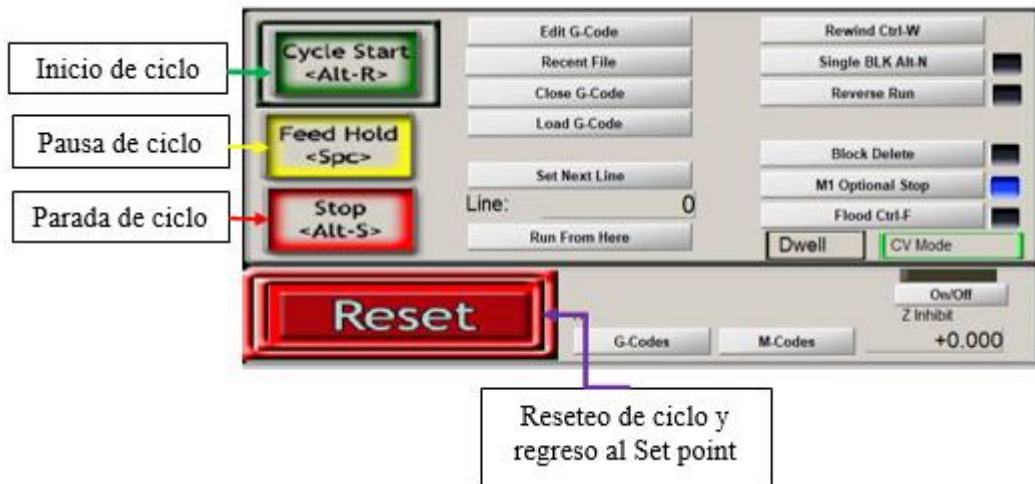


Figura 3-52: Comandos para ciclo de mecanizado

Una vez terminado el ciclo de mecanizado podemos observar los pasos que realizó el router para poder llegar al resultado deseado.

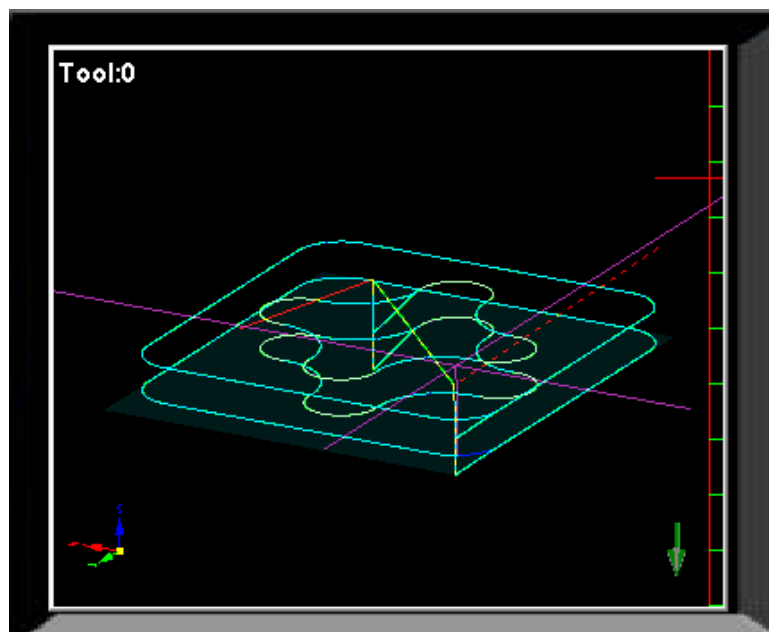


Figura 3-53: Ruta de mecanizado

3.9.1 Prueba de mecanizado

Una vez colocado todos los parámetros corremos el código G, obteniendo un corte final del elemento en el cual se puede observar un buen acabado sin necesidad de ser sometido a un proceso posterior, para esta prueba se seleccionó una fresa de 3mm de diámetro para corte.



Figura 3-54: Fin de mecanizado



Figura 3-55: Producto final

3.9.2 Diagramas de flujo

El diagrama nos muestra el proceso de mecanizado por medio del router CNC.

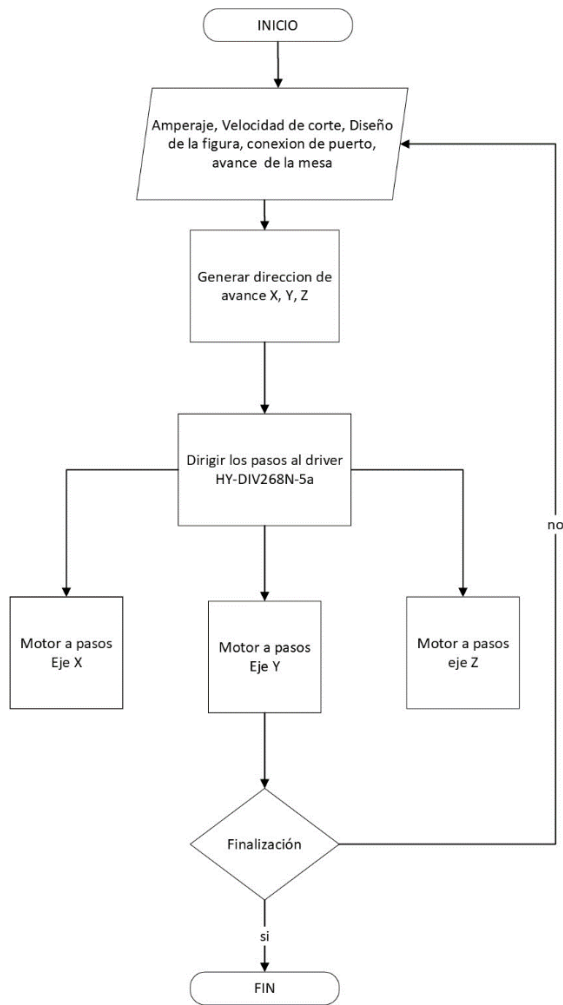


Figura 3-56: Diagrama de flujo

3.9.3 Sistema de control del proceso de fresado CNC.

El diagrama de bloques en lazo cerrado es el que nos delimita el control y donde se coloca las distintas entradas, perturbaciones, resultados.

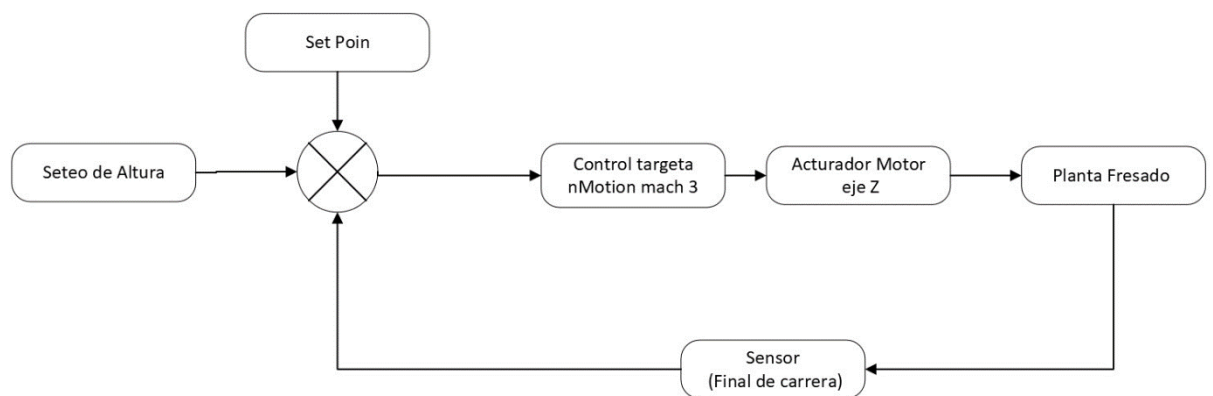


Figura 3-57: Diagrama de control lazo cerrado

Dentro de este diagrama de bloques se colocan los distintos componentes de los que está constituido el mini router CNC siendo set point, control, actuador, planta y sensor.

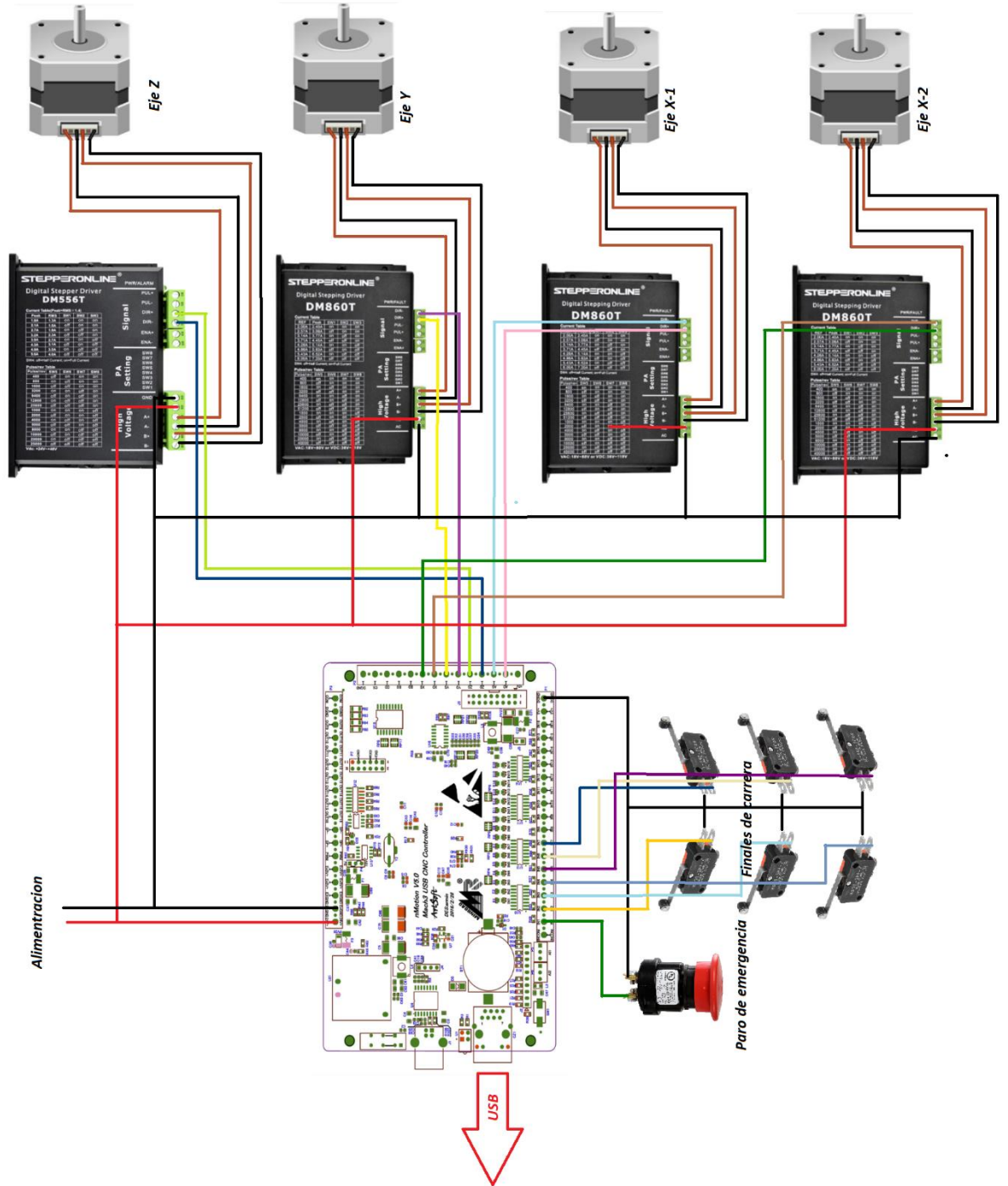
El set point se lo coloca de forma visual y lo más cerca posible para evitar desperdicios del material, colocando las distintas velocidades en cuanto al avance y corte.

El control está constituido por la tarjeta propia de nMotion Mach 3, la cual nos permite conectar el ordenador y la máquina

Los actuadores están constituidos por los motores NEMA 23 y NEMA 34 los cuales tienen como función el movimiento de los distintos ejes

El sensor está constituido por los finales de carrera que delimitan el avance de los elementos de cada eje, este se aplica para evitar daños y descarrilamiento.

3.9.4 Diagrama eléctrico conexión motores



3.9.5 Sistema de procesos del router CNC.

Podemos observar las distintas relaciones que existe entre los principales elementos para el correcto funcionamiento de la máquina que va desde el modelo de elemento que deseamos obtener a partir del mecanizado siendo el más principal el diseño o modelado del elemento para la obtención de los códigos G y posteriormente su mecanizado

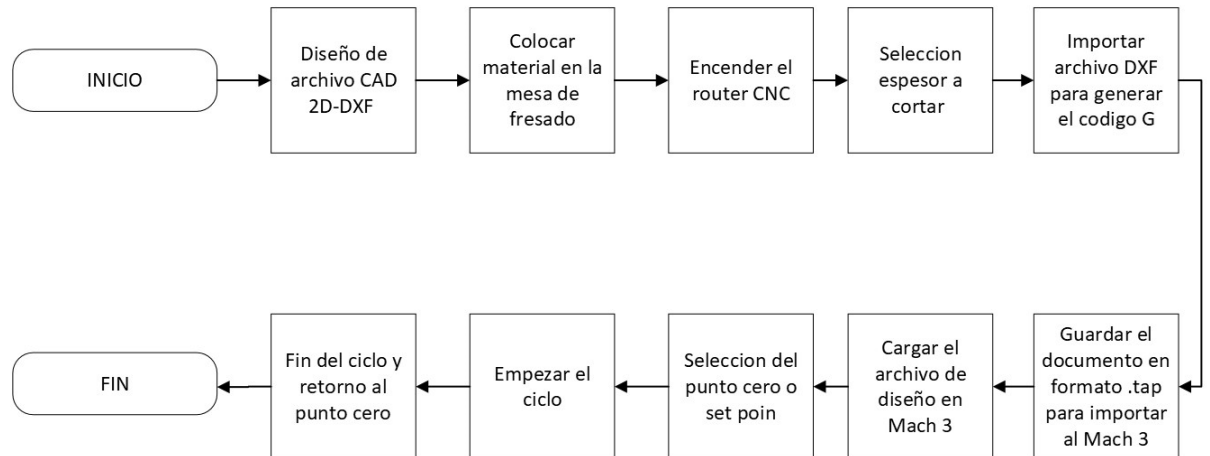


Figura 3-58: Diagrama de procesos

3.10 Análisis de costo

Una vez determinado los elementos necesarios para la construcción obtenemos la estimación de costos a partir de las cotizaciones dadas por los proveedores.

Tabla 3-19: Costos de materiales

Cantidad	DETALLE	Costo Unitario	Total
Sistema de guiado			
2	Rieles hgr20 140cm eje X	\$70,00	\$140,00
2	Rieles SBR16 120cm eje Y	\$50,00	\$100,00
3	Rodamientos hgw20CA	\$15,00	\$45,00
4	Rodamientos SBR16LUU	\$15,00	\$60,00
1	Kit soporte para SFU12 BK10/ BF10	\$30,00	\$30,00
Sub total			\$375,00
Estructura			
1	Tubos rectangulares 40x80x2	\$ 40,00	\$40,00
1	Tubos rectangulares 40x40x2	\$ 20,00	\$20,00
1	Pedazo 16cm x 80cm Plancha 4mm ASTM-A36	\$ 20,00	\$20,00
1	Plancha 0.7mm ASTM-A50 122cm x 244cm	\$ 20,00	\$20,00
1	Tubo 1/2 x 1 x 0.9mm echo canal	\$ 10,00	\$10,00

1	Plancha 6mm ASTM-A36 16cm x 15cm	\$ 10,00	\$10,00
1	Materiales Estructurales no previstos	\$ 50,00	\$50,00
Sub total			\$170,00
Sistema de transmisión			
1	Cremallera CNC 120cm eje x	\$ 45,00	\$45,00
2	Cremallera CNC 90cm eje y	\$ 40,00	\$80,00
3	Piñones CNC modulo 1.25 16 dientes	\$ 10,00	\$30,00
1	Kit soporte para SFU12 BK10/ BF10	\$ 30,00	\$30,00
1	Tornillo de Bolas SFU1204 30cm	\$ 20,00	\$20,00
Sub total			\$205,00
Accesorios Varios			
3	Correa porta cable de 25mm x 38mm	\$ 20,00	\$60,00
2	MDF 15MM 120x130cm	\$ 30,00	\$60,00
4	Rueda loca de 3 pulgadas de 50kg de carga	\$ 4,00	\$16,00
40	Pernos M5 x 12 acero negro	\$ 0,09	\$3,60
16	Pernos M5 x 12 inoxidable avellanado	\$ 0,07	\$1,12
20	Pernos M4 x 10 acero negro	\$ 0,06	\$1,20
36	Pernos M5 X 12 Inoxidable	\$ 0,10	\$3,60
Sub total			\$145,52
Diseño Electrónico			
3	Motor nema 43 4.5N.M tipo 86BYG250B-14	\$ 80,00	\$240,00
1	Motor Nema 23 3N.M. Tipo 23HS34-354D	\$ 70,00	\$70,00
4	Driver TB6600 5 Amperios	\$ 30,00	\$120,00
1	Husillo refrigerado por aire de 1.5kkw	\$ 150,00	\$150,00
1	Variador de Frecuencia 1.5kw 110v	\$ 150,00	\$150,00
1	Tarjeta Mach3 CNC nvus4	\$ 50,00	\$50,00
2	Fuente de poder 24v 5a	\$ 17,00	\$34,00
12	Cables conductores 18 AWG concéntrico x4	\$ 0,93	\$11,16
7	Cables conductores 16 AWG concéntrico x3	\$ 0,76	\$5,32
1	Paro de emergencia con retención LMB-BS5	\$ 4,00	\$4,00
1	Selector 2 posiciones LKOS-BJ21	\$ 4,00	\$4,00
1	Final de carrera SV-164-1C25	\$ 2,00	\$2,00
3	Final de Carrera Z15GW2-B	\$ 5,00	\$15,00
1	Voltímetro Rojo 110v-250v	\$ 5,00	\$5,00
2	Porta fusible 15A125VAC 10A250VAC	\$ 1,00	\$2,00
Sub total			\$862,48
Sub total Materiales			\$1.758,00

Una vez calculado todos los costos de los materiales con un valor de \$1758,00 que se van a utilizar se obtiene el costo de los gastos externos ya para el ensamblaje y

acabados de la máquina basándonos en el tiempo empleado en cada una de las actividades.

Tabla 3-20:Tabla de procesos realizados

Procesos	Horas	Total (\$)
Corte a plasma Piezas de ensamble	1:00	\$50,00
Servicios Pintura Electroestática	8:00	\$80,00
Fabricación Eje Z	16:00	\$80,00
Fabricación de piezas y ensamble parte estructural	16:00	\$70,00
Ensamble parte mecánica	16:00	\$70,00
Ensamble parte electrónica y de control	14:00	\$65,00
Sub total	\$71,00	\$415,00

El costo total de los procesos realizados es de \$415,00 con los que determinamos el costo total de la fabricación.

Tabla 3-21: Costo de fabricación

REPRECENTACION	Total (\$)
Costos directos de materiales	\$1.758,00
Costos directos de la ingeniería	\$415,00
SUB TOTAL	\$2.173,00
IVA 12%	\$260,76
TOTAL	\$2.433,76

El costo total de fabricación de la máquina es de \$2.433,76 el cual es un valor accesible para la construcción de la misma, la empresa colaboro con su personal al momento de ensamblar la máquina en su totalidad, dándoles posteriormente una inducción del funcionamiento en general.

3.11 Especificaciones técnicas

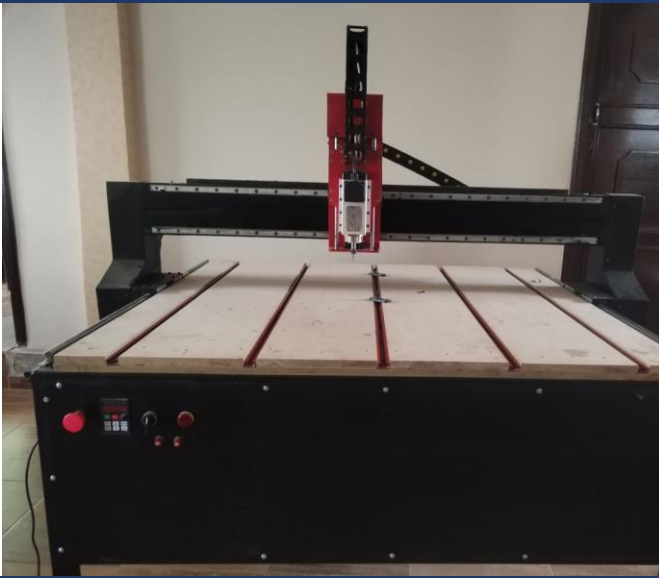
Para la identificación de la máquina mostramos las características técnicas del router CNC.








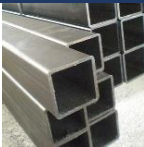


UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO





Ficha Técnica

Nombre del equipo	Mini Router CNC				
Área	Mecanizado				
Especificaciones técnicas					
Fabricante	Propia				
Modelo	N/A				
Código	RT-CNC				
Año	2022				
Área de Trabajo	1200 x 1100 mm				
MEDIDAS			Datos de Funcionamiento		
Denominación	Valor	Unidades	Conexión	Valor	Unidades
Alto	1300	mm	Voltaje de entrada	110	V
Largo	1200	mm			
Ancho	1680	mm	Fuente de energía	24	V
Peso	139.3	Kg			

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO

		ROUTER CNC			
FICHA DE COMPONENTES					
SISTEMA	COMPONENTES		CÓDIGO	FIGURA	
Guiado	Riel	Eje X	HGR-15	RT-CNC-001	
		Eje Y	SBR-16	RT-CNC-002	
		Eje Z	EJE 12mm	RT-CNC-003	
	Guía	Eje X	HGW-15-CC	RT-CNC-004	
		Eje Y	SBR-16-LB-UU	RT-CNC-005	
		Eje Z	SCS-12-UU	RT-CNC-006	
Estructura	Tubo Cuadrado 40x40x2mm		RT-CNC-007		
	Tubo rectangular 40x80x2mm		RT-CNC-008		
	Placa de 4mm		RT-CNC-009		
Rodamientos	Bk 10		RT-CNC-010		

		Bf 10	RT-CNC-011	
Motores		NEMA 23	RT-CNC-012	
		NEMA 43	RT-CNC-013	
Transmisión de potencia	Eje Z	Acople JH2	RT-CNC-014	
		SFU-1204	RT-CNC-015	
		SFU-1204 NUT	RT-CNC-016	
		BK-BF-10	RT-CNC-017	
	Eje X,Y	Piñón	RT-CNC-018	
		Cremallera	RT-CNC-019	
Drivers	NEMA 23	Dm556	RT-CNC-020	

	NEMA 34	Dm860h	RT-CNC-021	
Tarjeta de control	N-motion Mach 3		RT-CNC-022	

3.12 Resultados de mecanizado por router CNC

Se realizaron pruebas con geometrías simples y geometrías complejas tanto en corte como solo fresado, seleccionando los distintos accesorios denominados como fresas ya sean para desbaste, acabado, ranurado o taladrado.

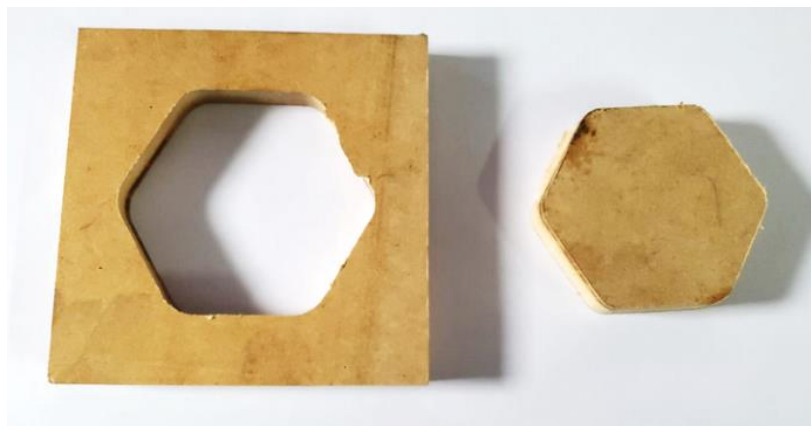


Figura 3-59: Corte interno y externo

Fuente: Autor



Figura 3-60: Grabado de figuras complejas



Figura 3-61: Tallado de figuras complejas

3.13 Manual de uso y mantenimiento

3.13.1 Manual de uso

- **Descripción general**

La máquina implementada en la empresa “VISTA”, está diseñada para el mecanizado en planchas de MDF, así como sus distintos derivados, el sistema de fresado fue automatizado en su totalidad en donde el router se desplaza a lo largo de una plancha de, la cual sigue coordenadas previamente programadas por el usuario mediante un software CAM, que permita obtener códigos tipo G que posteriormente serán ingresadas

El router consta con tres tipos de sistemas de guiado siendo para el eje X el riel SBR-16 acompañado de rodamientos SBR-16-LBBU , para el eje Y el riel HGR-15 de igual manera acompañado por su rodamiento HGW-15-CC y para el eje Z ejes de 12mm con su rodamiento SCS12UU; Para la transmisión de potencia en el eje Z se colocó un usillo de bolas SFU-1204 con su respectivos acoples, para el eje X,Y se colocó un juego de piñón cremallera, el router consta con una bancada conformada por canales guías para la sujeción del material a mecanizar y planchas de aglomerado.

- **Manual de uso router CNC**

Para poner en funcionamiento el router CNC se debe tener en cuenta los siguientes parámetros que debe seguir el operador.

1. Obtener el modelo en dxf de lo que vamos a realizar la máquina mediante un software CAD a la elección del usuario
2. Mediante el software CAM obtenemos los códigos G considerando los distintos parámetros de mecanizado como son velocidades y número de pasadas y el tipo de corte que se va a realizar si es interno o externo, además se debe verificar el formato en el cual están los códigos (.tab)
3. Conectar el cable principal de alimentación eléctrica del equipo, teniendo en cuenta el voltaje al cual trabaja y lo menciona el fabricante
4. Verificamos si no está accionado el botón de paro de emergencia y encendemos la máquina.
5. Conectamos el cable USB a nuestro ordenador y observamos la casilla OFFLINE en el caso de que estar encendido verificar la conexión con el ordenador
6. Por medio del programa controlador colocamos el set point o punto 0 tanto en la altura como en la posición X, Y, considerando la profundidad a la que va a llegar la fresa.
7. Realizamos una prueba de funcionamiento sin encender el usillo para verificar que los códigos estén correctos, caso contrario se procede al rediseño del dibujo del modelo.
8. Ya verificado la trayectoria que va a recorrer el router, encendemos el usillo, cabe recalcar que éste posee una rotación a una velocidad minúscula que posteriormente va a ser modificada por el controlador.
9. Seleccionamos el comando 'Cycle Star' para poder iniciar con el mecanizado, en el caso de que exista un error se puede seleccionar el comando 'Feed Hold' el cual pausa el funcionamiento o directamente el paro de emergencia que corta completamente la presencia de energía y se apaga
10. Al terminar el proceso de mecanizado el usillo regresa a su set point y se lo apaga para poder retirar el elemento ya mecanizado.
11. En el caso de realizar un mecanizado posterior se coloca un nuevo set point y se realiza el procedimiento anterior, de caso contrario se apaga completamente la máquina

3.13.2 Montaje

La máquina está diseñada para que el usuario no realice ninguna modificación o montaje adicional, a excepción de los parámetros de manejo

El router CNC cuenta con una estructura capaz de soportar sin dificultad el material que se vaya a mecanizar siendo el espesor máximo de 15mm

Se debe tener en cuenta que la fuente de energía en este caso él toma corriente debe tener conexión a tierra para poder eliminar las corrientes parásitas y así poder evitar el ruido eléctrico también conocido como interferencia ya que los motores junto con los controladores colocados son de precisión, también se evitara pequeñas descargas electro-magnéticas durante el uso de la misma.


3.13.3 Medidas de seguridad

Siempre se considera los EPP (equipos de protección personal) para el manejo de máquinas que impliquen el desprendimiento o arranque de desechos propios del material mecanizado que en este caso es el MDF.

- Antes de realizar el mecanizado se debe colocar los EPP como lentes, mascarillas de filtro, guantes debido al desprendimiento de partículas del material.
- Mantener una distancia adecuada para evitar lesiones en caso del desprendimiento de la fresa
- No apoyarse sobre la bancada cuanto este encendido el usillo o movimiento de los ejes ya que puede existir lesiones
- Verificar que no exista materiales sobre la bancada al momento de mecanizar
- Ajustar de manera apropiada las mordazas para que el material este sujeto de manera eficaz.
- Se debe colocar la máquina en una zona que posea una buena ventilación

3.13.4 Manual de mantenimiento



DATOS TÉCNICOS		
Nombre	Mini Router CNC	
Código	RT-CNC	
Producto final	Mecanizado de geometrías simples y complejas en MDF	
Dimensiones generales	Largo	1200 mm
	Ancho	1680mm
	Altura	1300 mm
Especificaciones	el mini router CNC permite disminuir el tiempo de producción y la obtención de figuras simples o complicadas con un mejor acabado	
		

PLAN DE MANTENIMIENTO

Nombre:	Mini Router CNC	Código:	RT-CNC
----------------	-----------------	----------------	--------

Producto final	Mecanizado de geometrías simples y complejas con alta calidad
-----------------------	---------------------------------------------------------------

DESCRIPCIÓN DE MANTENIMIENTO

Antes de iniciar	Finalizada operación
Verificar la alimentación eléctrica	Colocar el husillo en su posición inicial
Verificar el accionamiento de botón de paro de emergencia	Limpiar el área de trabajo
Verificar la conexión USB	Limpiar rieles de guías
Encender la máquina y verificar el funcionamiento de motores a pasos	Verificar que la fresa no haya tenido desportilladuras de filos
Colocar elemento a mecanizar	Accionar paro de emergencia
Verificar la correcta sujeción del elemento a mecanizar	Desconectar la alimentación en caso de no usarla en un tiempo prolongado
Verificar correcta posición del set point	

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Actividad	Frecuencia	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
		Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
Limpieza de ejes guías	Semanal	x				x				x				x				x				x				x				x				x				x				x				x			
Lubricación de ejes guías	Semanal	x				x				x				x				x				x				x				x				x				x				x				x			

Actividad	Frecuencia	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
Limpieza de husillo	Semanal			x				x				x				x				x				x				x				x				x				x				x				x					
Lubricación de husillo	Semanal			x				x				x				x				x				x				x				x				x				x				x				x					
Limpieza de contactos eléctricos	Trimestral	x										x																																									
Reajuste de terminales eléctricos	Trimestral	x										x																																									
Engrase piñón-cremallera	Trimestral		x										x																																								
Cambio de Fresa	Semestral	x																							x																												
Limpieza general	Semestral																																																				
Cambio KIT BK-10 BF-10	Anual																								x																												
Cambio Acople JH2	Anual																																																				

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Como se mencionó en el primer capítulo el tallado y corte en el MDF se ha venido realizando de manera rustica, donde las funciones del router CNC son cortes y tallados de formas o figuras simples y complejas, para este proceso existen varios tipos de fresas que se utilizan o son propias de cada proceso, donde intervienen parámetros de velocidad tanto de avance como de corte.
- Para la construcción de la máquina en cuanto a la parte estructural se adquirieron en el mercado local y para la parte eléctrica y sistema de guiado se adquirieron via remota, es decir de otro país.
- Para la realización de este proceso es necesario saber los parámetros del material a mecanizar como el espesor y tipo de material ya que también puede ser utilizado para acrílico y maderas en general de los cuales se determina el espesor, para este proyecto técnico se seleccionó el material MDF con espesores de 0,6 a 1,5 cm.
- El diseño y construcción de esta máquina fue realizado a partir de las necesidades que se presentaban en la empresa “VISTA” y del operario en general, ya que esta debe ser de fácil ensamblaje y traslado, se construyó para mecanizar planchas de 1.10x1.20 mts las cuales son usadas con frecuencia en la empresa.
- Se utilizó un kit de usillo de bolas SFU para el eje Z debido a que la precisión de este es muy elevada y para el sistema de transmisión de movimiento se seleccionó un kit de piñón-cremallera debido a que su desgaste es minúsculo y la precisión que posee es muy eleva, además las guías seleccionadas son propias para el funcionamiento de la máquina y poseen protecciones que impiden el paso de partículas desprendidas al momento del mecanizado en general.

4.2 RECOMENDACIONES

- Tener un conocimiento previo del funcionamiento de maquinaria que posea control numérico computarizado o también conocido como CNC.
- Adquirir varios tipos de fresas para los distintos procesos que se van a realizar con el router ya que para cada uno son distintas en cuanto a su composición y velocidad de avance.
- Para el sistema de transmisión de potencia es aconsejable utilizar el sistema de piñón cremallera debido a que este posee una rigidez muy elevada y no existe un pandeo en cuanto al tornillo de bola.
- Colocar siempre un botón de paro de emergencia para poder parar de manera inmediata el funcionamiento en caso de existir una emergencia.
- Se debe instalar en una superficie plana y que posea ventilación ya que las partículas que se desprenden del material pueden afectar en la salud del operario
- Se debe capacitar al personal que va a utilizar este equipo ya que existe un riesgo elevado al momento del funcionamiento del usillo, además de la capacitación en cuanto a la obtención de los códigos de control.
- Tener muy en cuenta el espesor del elemento que vamos a mecanizar para que el usillo no baje demasiado y este en contacto con partes metálicas que dañarían posteriormente la fresa y en el peor de los casos el atasco de la fresa
- Antes de mecanizar se debe hacer una simulación o correr el programa con el usillo apagado.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] I. Racines, Diseño de un router CNC con cambio automático de hasta tres herramientas, Quito: UIDE, 2020.
- [2] J. Gauna, DISEÑO Y MONTAJE DE ROUTER CNC PARA IMPLEMENTAR AL LABORATORIO DEL CURSO DE PROCESOS DE MANUFACTURA PARA FINES DIDÁCTICO, 2019.
- [3] M. Cortez, Implementación de una CNC para diseño de circuitos impresos en el laboratorio de Tecnología Avanzada, San Salvador, 2019.
- [4] N. Julón, Diseño y construcción de un prototipo de maquina router CNC de 3 ejes para el mecanizado de piezas en madera modeladas en 3d, Lambayenque, 2019.
- [5] J. Castillo, Diseño e implementación de un Router CNC, Pistas Educativas, 2018.
- [6] R. Norton, Diseño de Maquinaria, México D.F, 2009.
- [7] A. Castro, Diseño y construcción de una máquina CNC para el corte y grabado en madera utilizando láser de CO2, implementado con hardware y software de uso libre como Sistema de control, 2018: Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.
- [8] Escamilla, Metrología y sus aplicaciones, México D.F, 2014.
- [9] J. Delgado, Diseño y construcción de un prototipo de máquina router CNC de 3 ejes para el mecanizado de piezas en madera modeladas en 3D, Lambayeque: 2019.
- [10] J. Aira, Caracterización mecánica de la madera estructural de Alerce del Japón (Larix Kaempferi (Lamb.) Carr.) e influencia de la época de corta en sus propiedades, Valladolid, 2019.
- [11] C. Silva, Estudio de maderas en acabados interiores y mobiliario para conjuntos habitacionales en Ambato, Ambato, 2017.
- [12] J. Cipra, Evaluación de tableros MDF producidos con residuos de madera de Bolaina Blanca (Guazuma Crinita Mart.) proveniente de una plantación forestal, Lima: 2020.

- [13] Alejandro, Características de los tableros o madera MDF,” 13AD [Online]. Available: <https://www.maderasantana.com/caracteristicas-tableros-madera-mdf/>.
- [14] W. Smith, Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales, México, D.F, 2004.
- [15] R. Rojas, Estudio de corte láser por co2 en materiales compuestos: fibra de vidrio (FV) + resina poliéster, fibra de vidrio (FV) + fibra natural (FN) + resina poliéster, Ambato, 2018.
- [16] G. Mazón, Caracterización mecánica del material compuesto de matriz poliéster con fibra de coco para la determinación de propiedades mecánicas en aplicaciones industriales., Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2017.
- [17] E. Gaibor, Caracterización de un material compuesto con matriz de resina de poliéster reforzado con partícula de Totorá, Quito, 2017.
- [18] D. Alomaliza, Caracterización mecánica de un material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de vidrio y malla de acero para determinar las propiedades mecánicas, Ambato, 2021.
- [19] A. Reinoso, Evaluación del comportamiento mecánico de un material compuesto de matriz poliéster con fibra de cabello humano y su posible aplicación industrial, Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2019.
- [20] J. Gavilanes, Caracterización mecánica del material compuesto de matriz poliéster reforzada con fibra de chambira para determinar las propiedades mecánicas en aplicaciones industriales, Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2021.
- [21] F. Rodríguez, Mecanizado de materiales compuestos híbridos, Revista de la Asociación Española de Materiales, 2020.
- [22] U. Daza, Router CNC aplicado al desarrollo de PCB's, Ciudad de México, 2016.
- [23] Tecnocorte, velocidad de corte y de avance en fresadora CNC: como calcularlas fácilmente, <https://tecnocorte.com/blog/fresadora-cnccalcular-velocidad-de-corte-y-de-avance/>, 2022.
- [24] Á. Jiménez, Diseño, programación, simulación y fabricación en CNC con programas de CAD/CAM, Cuautitlán Izcalli, 2018.
- [25] J. Llambo, Diseño de una máquina de corte por plasma con control numérico computarizado para planchas de acero, Latacunga, 2021.

- [26] E. Hidalgo, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA PLANCHADO INDUSTRIAL DE PRENDAS DE VESTIR, EN LA ASOCIACIÓN DE CONFECCIONES HIDALGO HERMANOS, ASOCONHIHER, 2022.
- [27] J. Beltrán, DISEÑO DE UN ROUTER CNC CON CAMBIO AUTOMÁTICO DE HASTA TRES HERRAMIENTAS, 2020.
- [28] I. ACEROS, Planchones, <https://www.importaceros.com/ecuador-quito/planchones/> , 2022.
- [29] JCCO, ASTM A500 tubos de acero cuadrados y rectangulares para estructural General, fabricantes de muebles y proveedores, JUNCHENG, 2022.
- [30] EPA, CÓMO CONSTRUI MI CNC -parte 1 – Electrónica Práctica Aplicada, 2022.
- [31] M. Libre, Husillo Para Cnc De 16mm X 400mm Paso 05, https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM854843936-husillo-para-cnc-de-16mm-x-400mm-paso-05-_JM, 2022.
- [32] AliExpress, Marco de extrusión de perfiles de aluminio CNC, Panel de máquina de grabado de aleación de aluminio 20240 para máquina de grabado CNC DIY|Fresadoras para madera|, <https://es.aliexpress.com/item/1005002206025284.html> , 2022.
- [33] F. CNC, Motores para Router CNC - FISCHER CNC Y ELECTRONICA, <https://sites.google.com/site/fischerencyelectronica/que-hace-un-reutercnc/que-se-debe-tener-en-cuenta-para-comprar-un-reuter/motores>, 2022.
- [34] G. Padilla, ESTUDIO DE SISTEMAS DE CONTROL PARA MEJORAR EL PROCESO DE MOLDURADO EN EL TALLER DE CARPINTERÍA·MODELO, Latacunga, 2014.
- [35] Amazon, Mophorn Kit CNC de Carril de Guía Lineal 2PCS 300mm SBR16 4PCS SBR16UU Bloque para Máquinas CNC para Enrutadores de Bricolaje Molinos Tornos Ampliamente Utilizados en La Maquinaria, <https://www.amazon.es/Mophorn-Enrutadores-Ampliamente-Utilizados-Maquinaria/dp/B083XGH32T> , 2022.
- [36] KOOM, Transmisiones por cernallera piñon, <http://www.mecapedia.uji.es/catalogos/engranaje/spitkoom.1.pdf>.
- [37] AUTOMATIONDIRECT, Manual-Sistema de motores paso a paso, Incorporated, 2007.

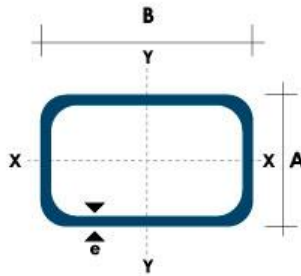
- [38] M. 3, Introducción al sistema CNC, En línea, 2011.
- [39] Aliexpress, nMotion mch 3, [En línea], 2017.
- [40] AluFlexGroup, Ball screws, Lilla Garnisonsgatan 34.
- [41] SHAC, Linear transmission components, Taiwan.
- [42] R. Mott, Resistencia de Materiales, Mexico: Pearson Educacion, 2009.
- [43] R. G. Budynas, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, México, D. F: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA, 2008.
- [44] J. Delgado, Diseño y construcción de un prototipo de máquina router CNC de 3 ejes para el mecanizado de piezas en madera modeladas en 3D, Lambayeque: Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo", 2019.
- [45] J. Gavilanes, Caracterización mecánica del material compuesto de matriz poliéster reforzada con fibra de chambira para determinar las propiedades mecánicas en aplicaciones industriales, Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2021.
- [46] J. Quimbita y R. Sánchez, Diseño y construcción de un router CNC para la fabricación de puertas de MDF, Latacunga: ESPE, 2018.

ANEXOS

Anexo 1: Especificaciones de motor Nema 23

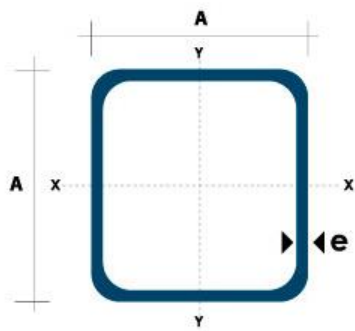
Especificaciones del motor paso a paso <i>SureStep™</i>				
Números de artículo	STP-MTR-17048	STP-MTR-23055	STP-MTR-23079	STP-MTR-34066
Flanje del Motor	NEMA 17	NEMA 23	NEMA 23	NEMA 34
Torque de eje deternido máximo	0,59 N-m	1,29 N-m	2,08 N-m	3,06 N-m
	83 onzas-pulgada	166 onzas-pulgada	276 onzas-pulgada	434 onzas-pulgada
	5,2 libras-pulgada	11,4 libras-pulgada	18,4 libras-pulgada	27,1 libras-pulgada
Inertia del rotor	0,0000068 kg-m ²	0,000027 kg-m ²	0,000047 kg-m ²	0,00014 kg-m ²
	0,45 oz-in ²	1,483 oz-in ²	2,596 oz-in ²	7,66 oz-in ²
	0,00006 lb-in-s ²	0,00024 lb-in-s ²	0,00042 lb-in-s ²	0,0012 lb-in-s ²
Corriente nominal	2,0 A/fase	2,8 A/fase	2,8 A/fase	2,8 A/fase
Angulo del paso básico	1,8° (motores bifásicos con cable con conector)			
Peso	210 gramos 0,7 lbs	457 gramos 1,50 lbs	1 Kg 2,2 lbs	1,17 Kg 3,85 lbs
Tolerancia del eje	0,0508 mm o 0,002 pulgadas			
Juego radial del eje @ fuerza de 1 libra	0,0254 mm o 0,001 pulgadas máximas			
Perpendicularidad	0,0762 mm o 0,003 pulgadas			
Concentricidad	0,0508 mm o 0,002 pulgadas			
Temperatura de operación	-20 °C a 50 °C (La temperature externa del motor debe mantenerse abajo de 100 °C (212 °F))			
Fuerza máxima radial	1,82 Kg o 6 lbs	4,57 Kg o 15 lbs	4,57 Kg o 15 lbs	11,89 Kg o 39 lbs
Fuerza máxima axial	1,82 Kg o 6 lbs	3,96 Kg o 13 lbs	3,96 Kg o 13 lbs	7,62 Kg o 25 lbs
Clase de aislación	Clase B 130 °C			
Aprobación de Agencia	CE (cumple con EN55014-1 (1993) y EN60034-1.5.11)			
Cable de extensión (motor al accionamiento)	6 metros o 20 pies - Número de artículo STP-EXT-020			

Anexo 2: Especificaciones tubo rectangular 40x80x2



Dimensiones				Área	Ejes Y-Y			Ejes X - X		
A mm	B mm	Espesor (e) mm	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm	I cm ⁴	W cm ³	i cm ³
20	40	1.2	1.09	1.32	2.61	1.30	1.12	0.88	0.88	0.83
20	40	1.5	1.35	1.65	3.26	1.63	1.40	1.09	1.09	0.81
20	40	2.0	1.78	2.14	4.04	2.02	1.37	1.33	1.33	0.79
25	50	1.5	1.71	2.10	6.39	2.56	1.74	2.19	1.75	1.02
25	50	2.0	2.25	2.74	8.37	3.35	1.75	2.80	2.24	1.01
25	50	3.0	3.30	4.14	12.56	5.02	1.74	3.99	3.19	0.99
30	50	1.5	1.88	2.25	7.27	2.91	1.80	3.32	2.21	1.21
30	50	2.0	2.41	2.94	9.52	3.81	1.80	4.28	2.85	1.21
30	50	3.0	3.30	4.21	12.78	5.11	1.74	5.66	3.77	1.16
30	70	2.0	3.03	3.74	22.20	6.34	2.44	5.85	3.90	1.25
30	70	3.0	4.48	5.41	30.50	8.71	2.37	7.84	5.23	1.20
40	60	1.5	2.29	2.91	14.90	4.97	2.26	7.94	3.97	1.65
40	60	2.0	3.03	3.74	18.08	6.13	2.22	9.81	4.90	1.62
40	60	3.0	4.48	5.41	25.31	8.44	2.16	13.37	6.69	1.57
30	70	1.5	2.34	2.91	18.08	5.17	2.49	4.76	3.17	1.28
30	70	2.0	2.93	3.74	22.20	6.34	2.44	5.85	3.90	1.25
30	70	3.0	4.25	5.41	30.50	8.71	2.37	7.84	5.23	1.20
40	80	1.5	2.76	3.74	31.75	7.94	2.91	10.77	5.39	1.70
40	80	2.0	3.66	4.54	37.32	9.33	2.87	12.70	6.35	1.67
40	80	3.0	5.42	6.61	52.16	13.04	2.81	17.49	8.75	1.63
50	100	2.0	4.52	5.74	74.94	14.99	3.61	25.65	10.26	2.11
50	100	3.0	6.71	8.41	106.34	21.27	3.56	35.97	14.39	2.07
50	150	2.0	6.17	7.74	207.45	27.66	5.18	37.17	14.87	2.19
50	150	3.0	9.17	11.41	298.35	39.78	5.11	52.54	21.02	2.15

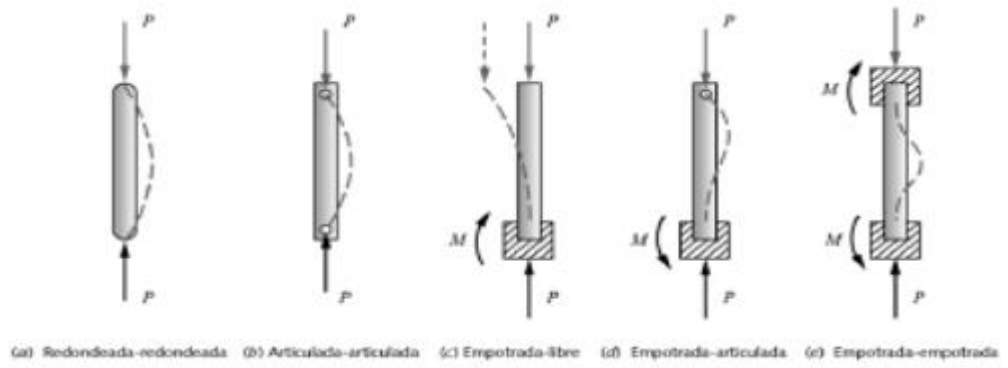
Anexo 3: Especificaciones tubo cuadrado 40x40x2



Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	I cm ³
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52
50	1.5	2.29	2.85	11.06	4.42	1.97
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94
50	3.0	4.48	5.61	21.20	4.48	1.91
60	2.0	3.66	3.74	21.26	7.09	2.39
60	3.0	5.42	6.61	35.06	11.69	2.34
75	2.0	4.52	5.74	50.47	13.46	2.97
75	3.0	6.71	8.41	71.54	19.08	2.92
75	4.0	8.59	10.95	89.98	24.00	2.87
100	2.0	6.17	7.74	122.99	24.60	3.99
100	3.0	9.17	11.41	176.95	35.39	3.94
100	4.0	12.13	14.95	226.09	45.22	3.89
100	5.0	14.40	18.36	270.57	54.11	3.84



Anexo 4: Tipos de Empotramiento

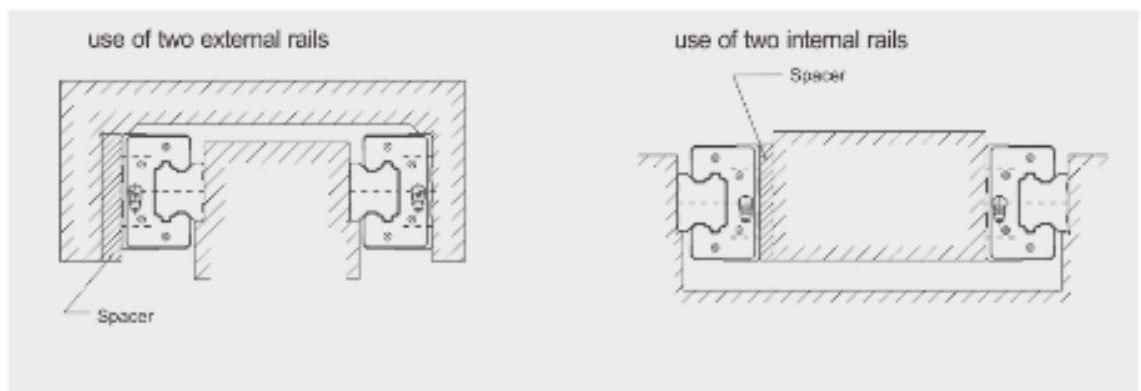


Anexo 5: Parámetros de Vc

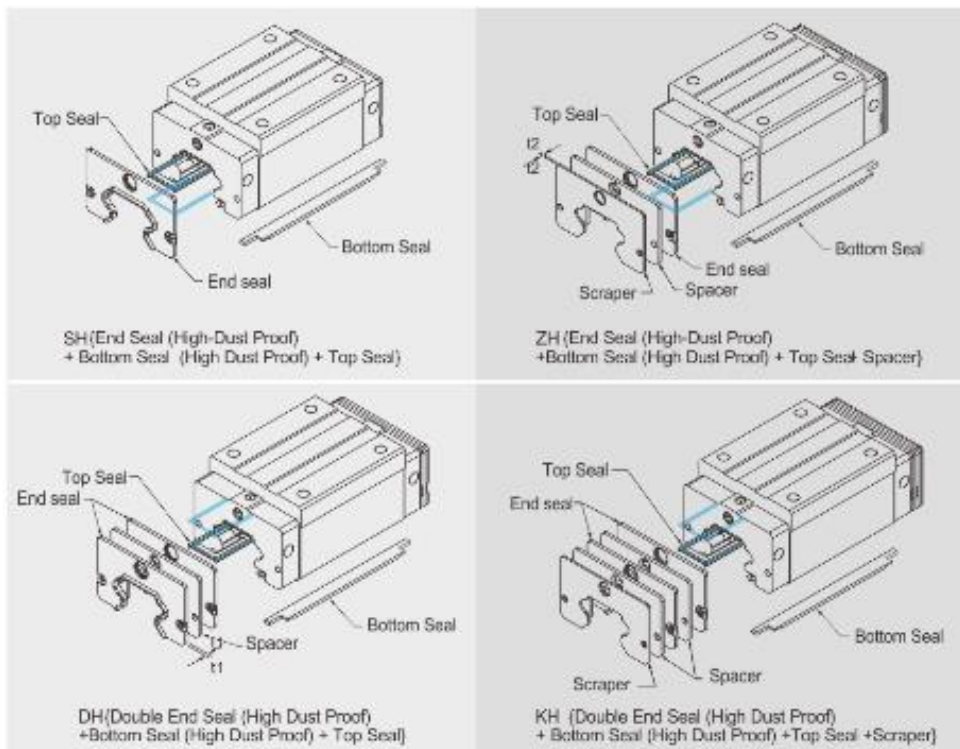
	CORTE			GRABADO	
Material	Espesor en mm	Velocidad en mm/min	Rango de potencia	Velocidad en mm/min	Rango de potencia
MDF	3	15-20	50-60	200-400	30-50
	6	10-15	60-70		
	9	5-8	80-85		
	12	3-8	85-90		

	CORTE			GRABADO	
Material	Espesor en mm	Velocidad en mm/min	Rango de potencia	Velocidad en mm/min	Rango de potencia
MDF	3	15-20	50-60	200-400	30-50
	6	10-15	60-70		
	9	5-8	80-85		
	12	3-8	85-90		

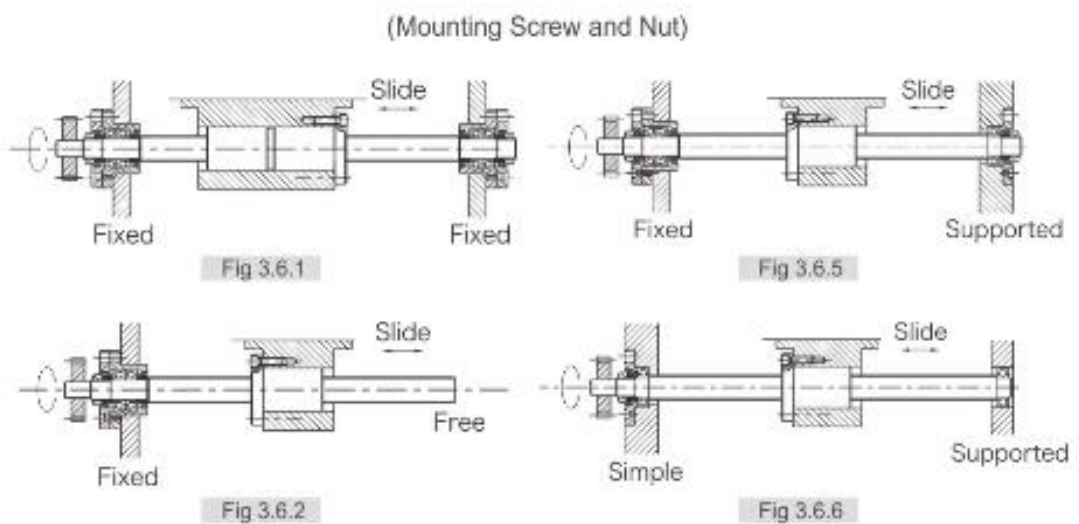
Anexo 6: Tipos de montaje de guías eje Y



Anexo 7: Desglose elementos guías eje Y

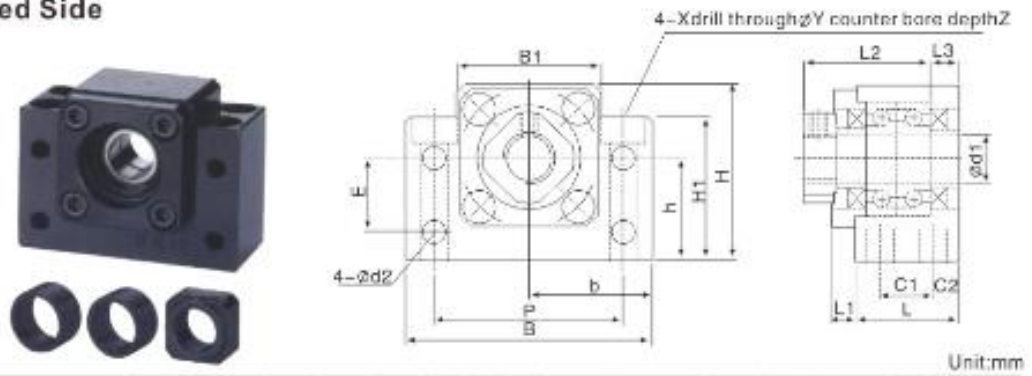


Anexo 8: Tipos de montaje usillo de bolas



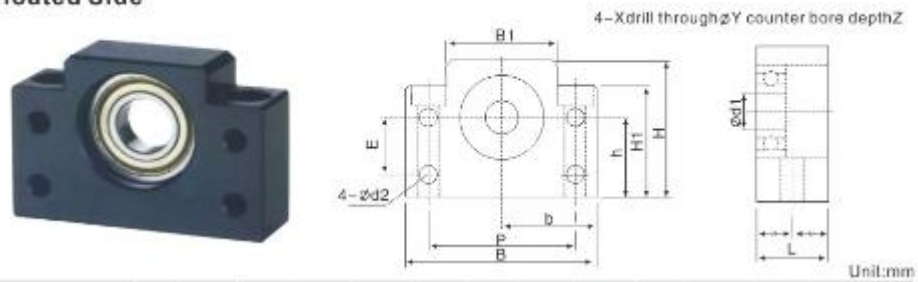
Anexo 9: Rodamiento BK-10 de husillo

BK
Fixed Side

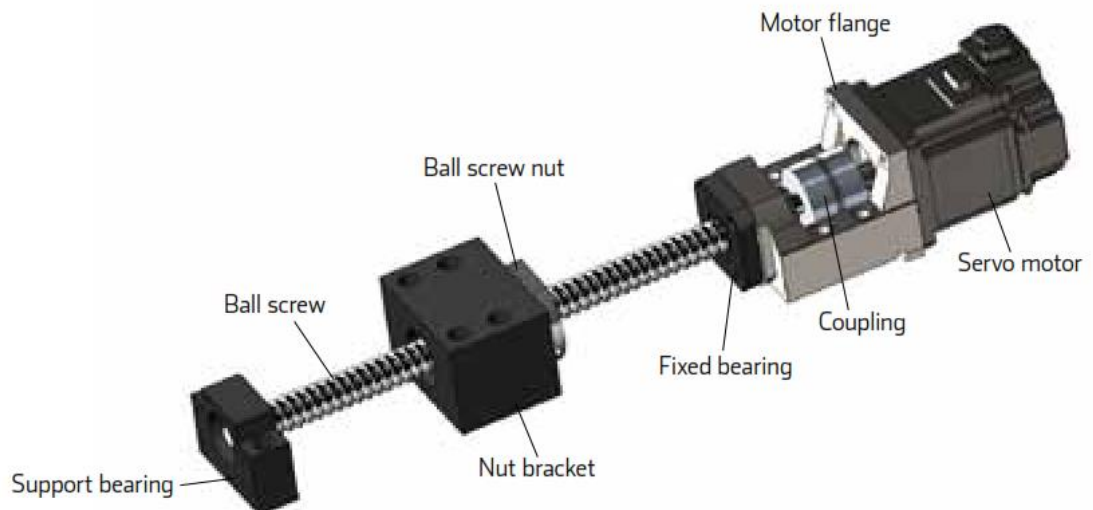


Anexo 10: Rodamiento BF-10 de husillo

BF
Floated Side

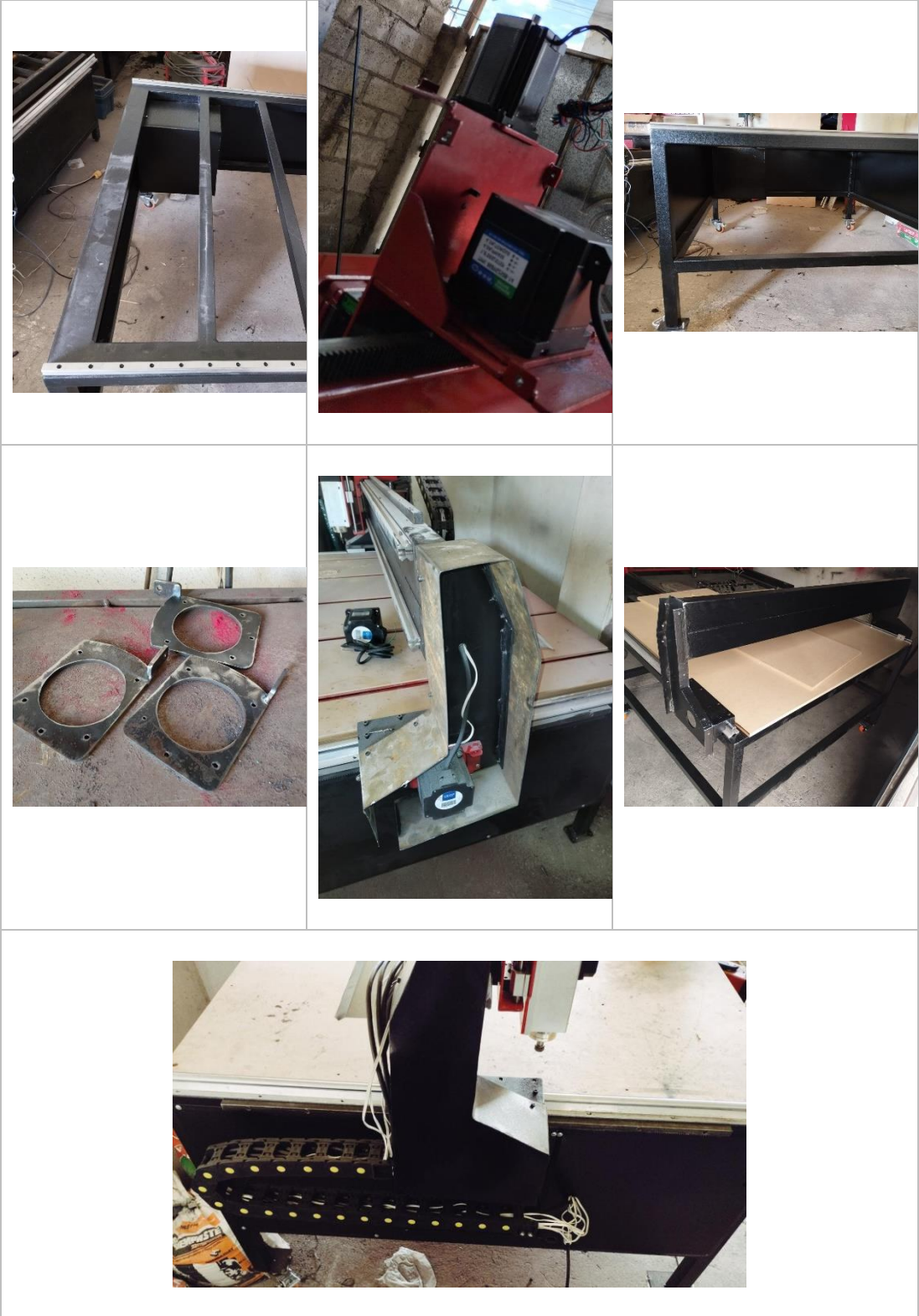


Anexo 11: Ensamblaje husillo de bolas

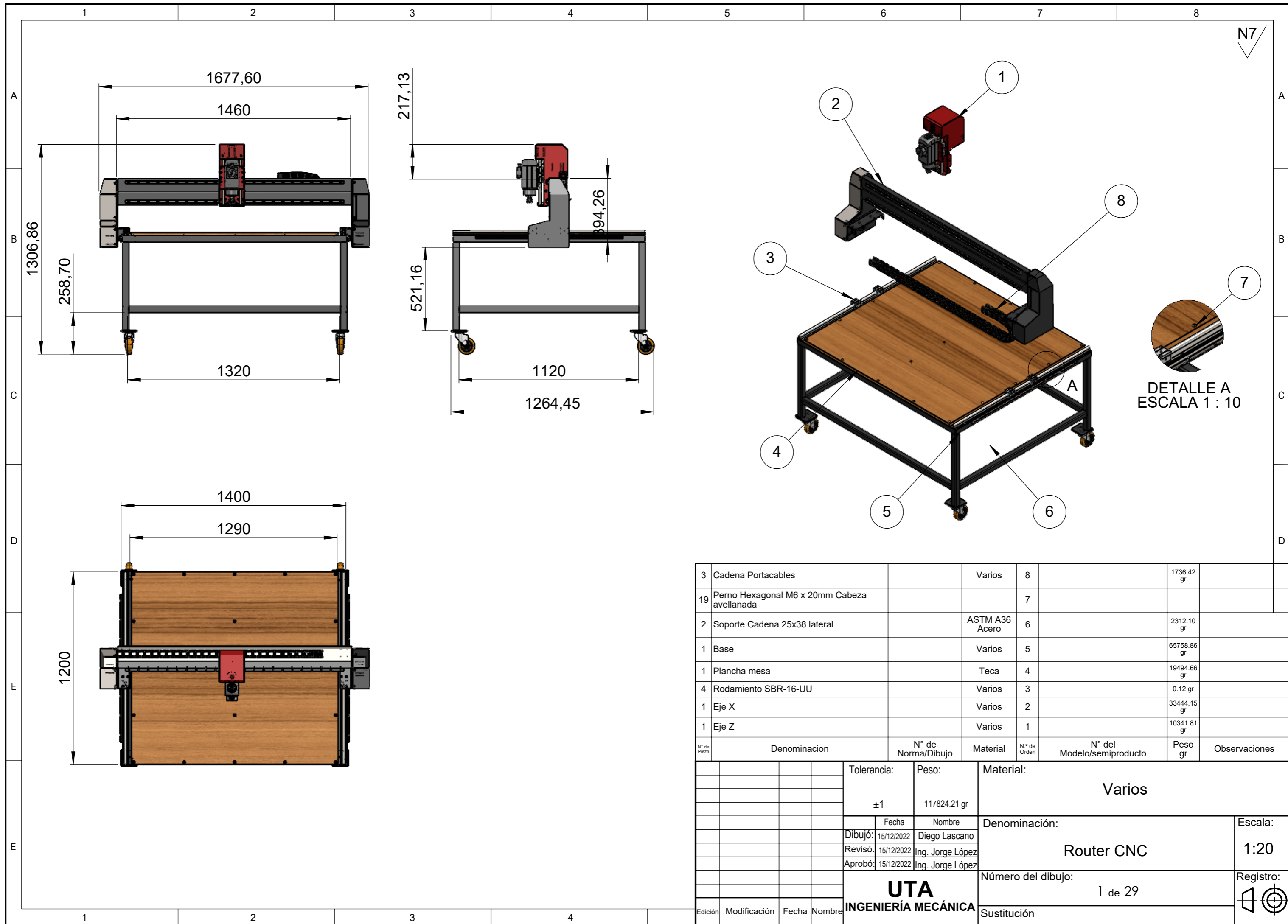


Anexo 12: Fotografías construcción.

Fotografías relevantes de la realización del proyecto

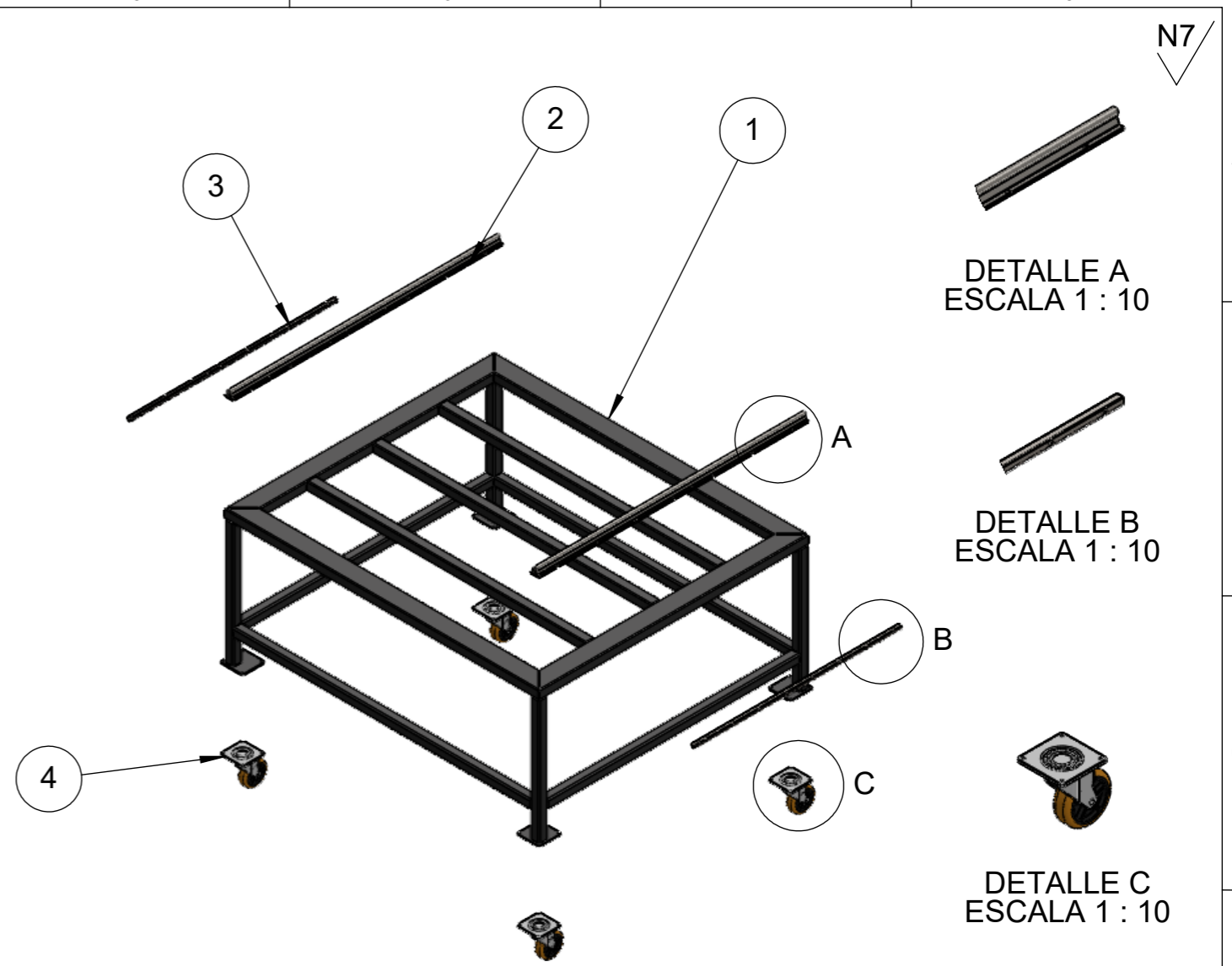
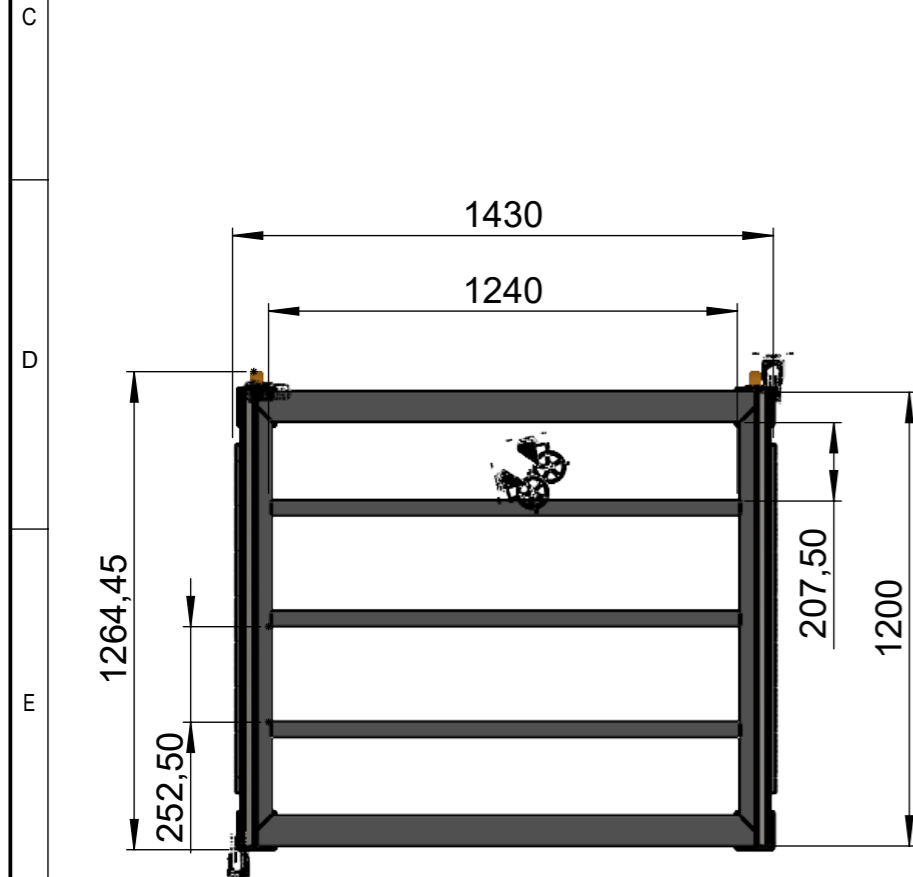
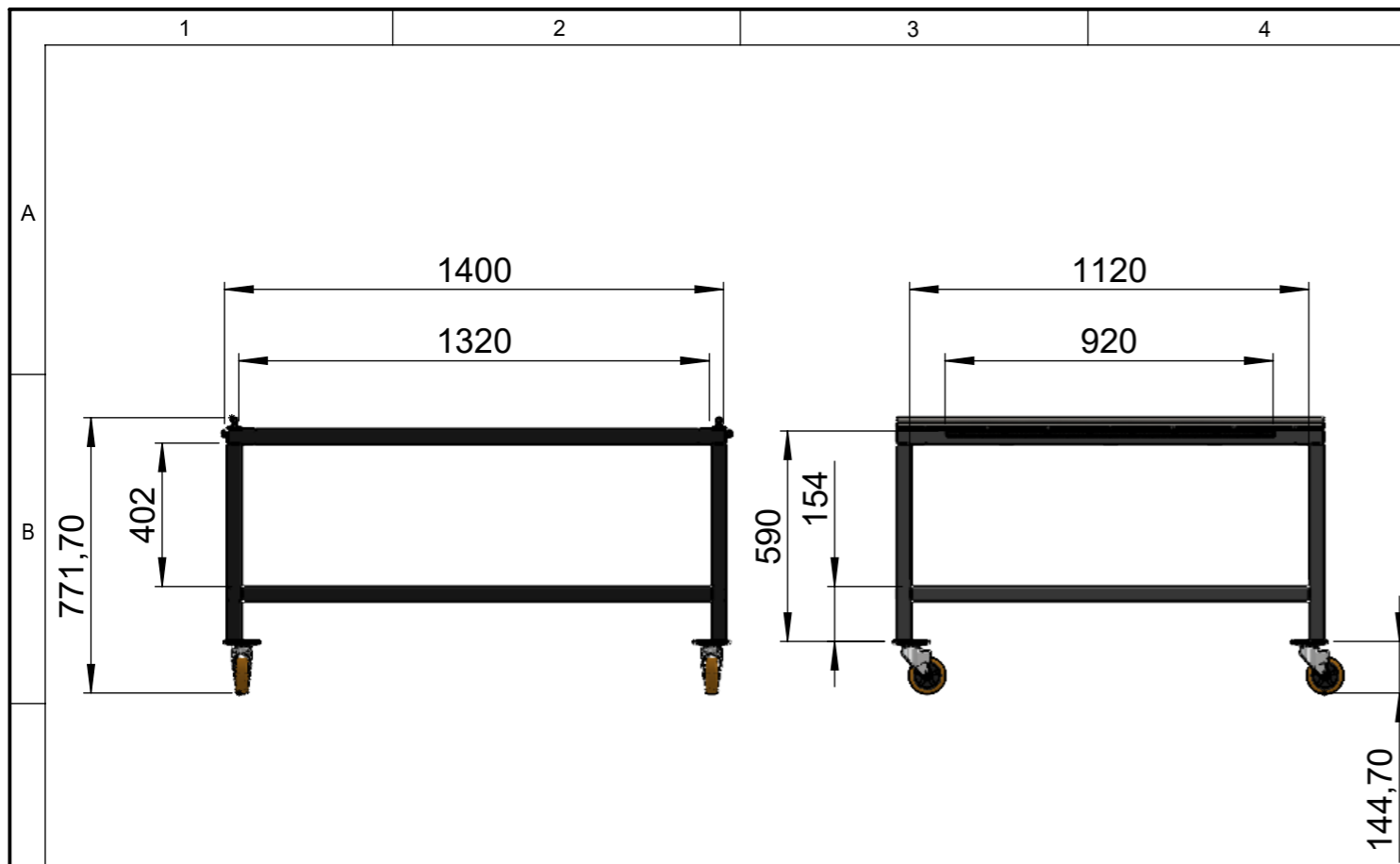


PLANOS



N7

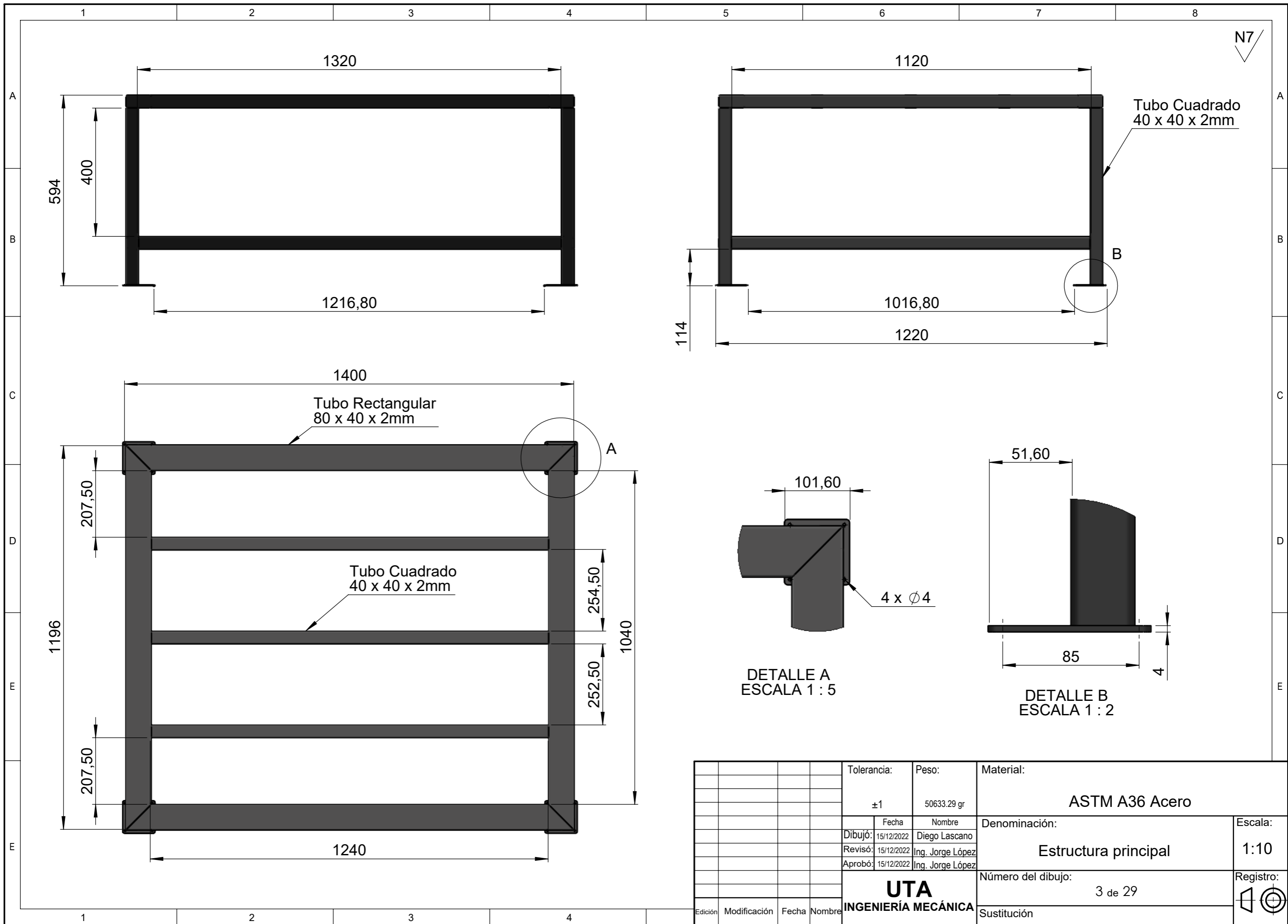
N° de Pieza	Denominación	N° de Norma/Dibujo	Material	N° de Orden	N° del Modelo/semiproducto	Peso gr	Observaciones
3	Cadena Portacables		Varios	8		1736.42 gr	
19	Perno Hexagonal M6 x 20mm Cabeza avellanada			7			
2	Soporte Cadena 25x38 lateral		ASTM A36 Acero	6		2312.10 gr	
1	Base		Varios	5		65758.86 gr	
1	Plancha mesa		Teca	4		19494.66 gr	
4	Rodamiento SBR-16-UU		Varios	3		0.12 gr	
1	Eje X		Varios	2		33444.15 gr	
1	Eje Z		Varios	1		10341.81 gr	
Tolerancia:		Peso:		Material:			
±1		117824.21 gr		Varios			
Dibujó:		Fecha		Nombre		Denominación:	
15/12/2022		15/12/2022		Diego Lascano		Router CNC	
Revisó:		Fecha		Nombre		Escala:	
15/12/2022		15/12/2022		Ing. Jorge López		1:20	
Aprobó:		Fecha		Nombre		Registro:	
15/12/2022		15/12/2022		Ing. Jorge López		Número del dibujo: 1 de 29	
UTA INGENIERÍA MECÁNICA				Sustitución			



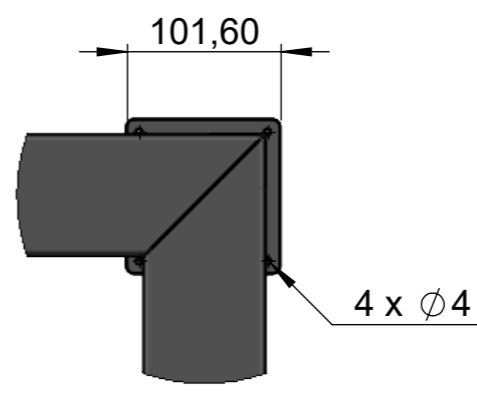
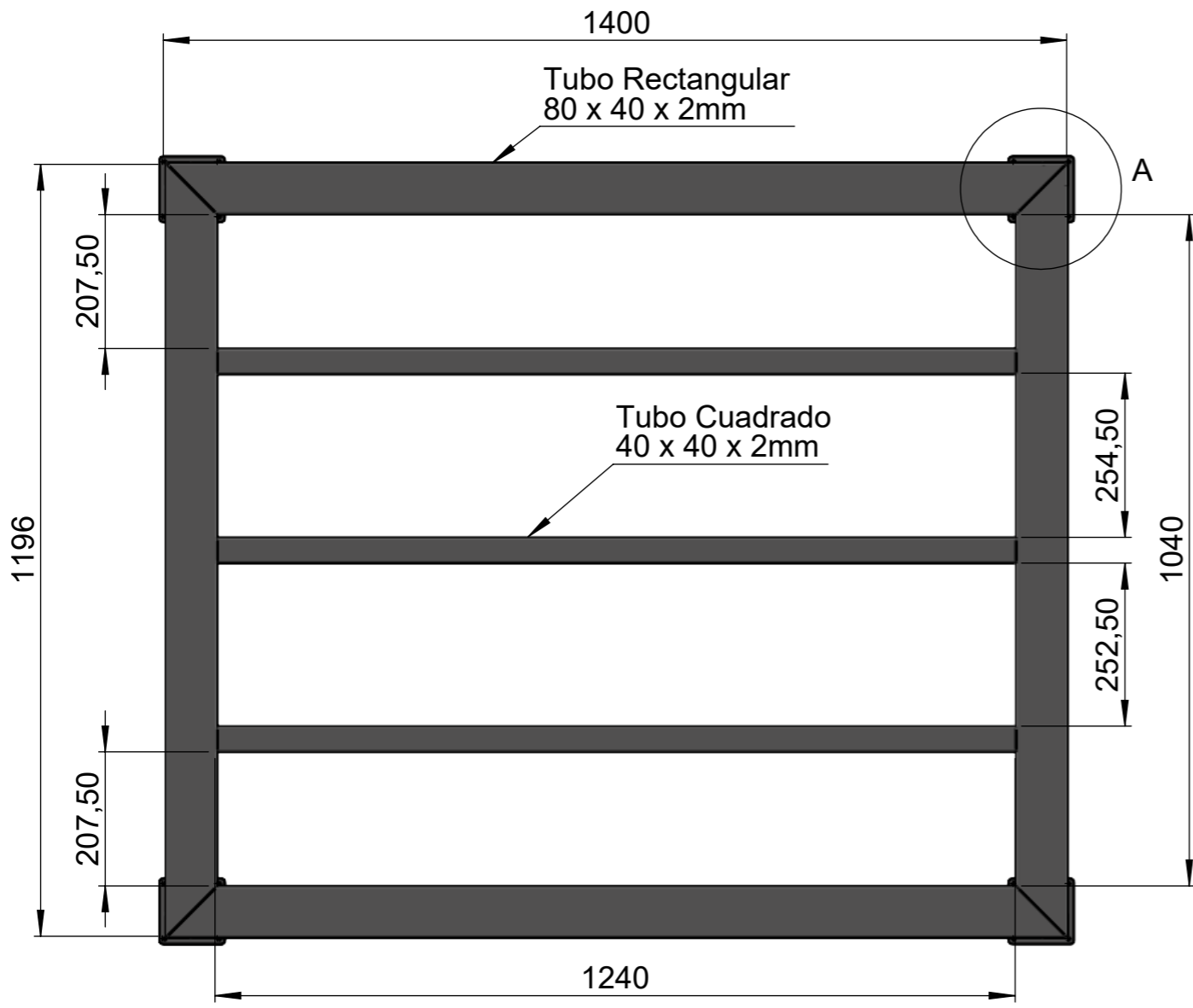
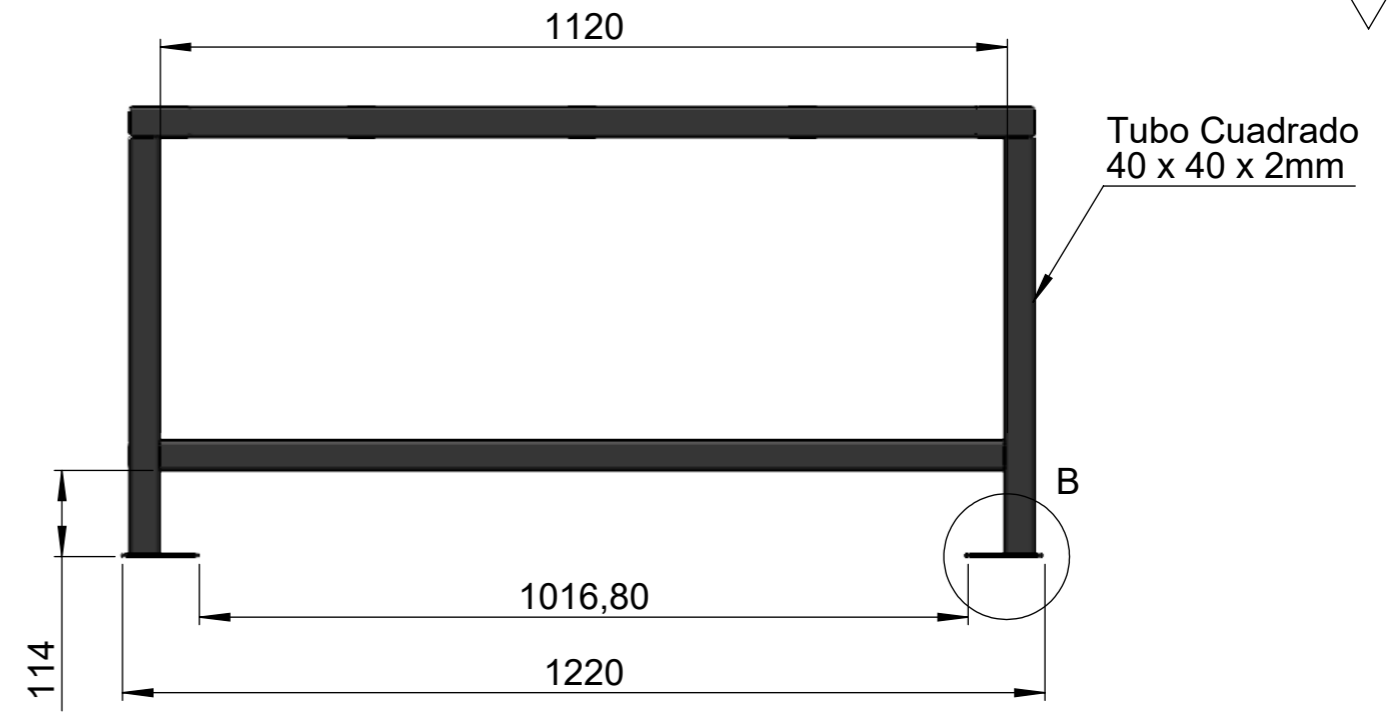
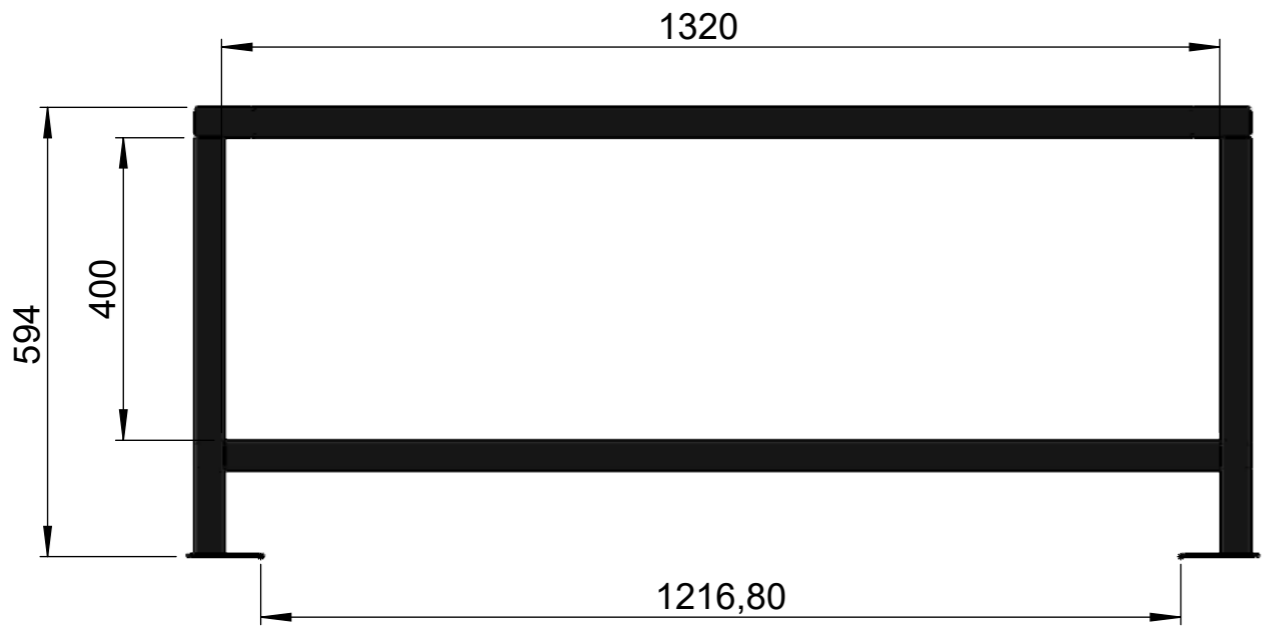
4	Llantas T-125	4	Varios		296.96 94 gr		
2	Cremallera 380 Mod 1	3	ASTM A36 Acero		1467.9 6 gr		
2	riel SBR16 1200mm	2	AISI 304		5470.6 2 gr		
1	Estructura Principal	1	ASTM A36 Acero		50633. 29		
N° de Pieza	Denominación	N° de Orden	Material	N° de Norma/Dibujo	Peso gr	N° del Modelo/semiproducto	Observaciones

Tolerancia:		Peso:		Material:			
±1		65758.86 gr		Varios			
Fecha		Nombre		Denominación:		Escala:	
Dibujó: 15/12/2022		Diego Lascano		Bordonadora		1:20	
Revisó: 15/12/2022		Ing. Jorge López		Número del dibujo:		Registro:	
Aprobó: 15/12/2022		Ing. Jorge López		2 de 29			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Sustitución			

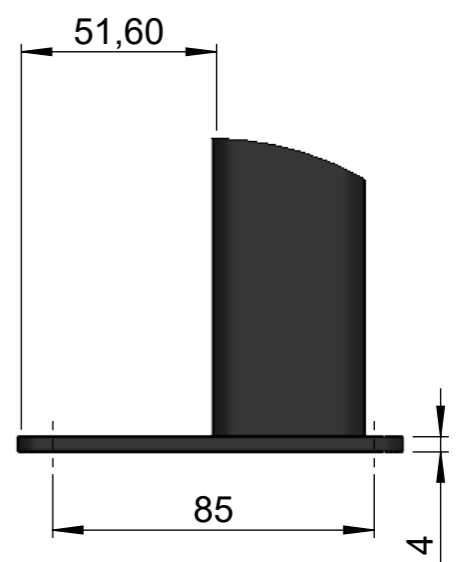
N7



N7



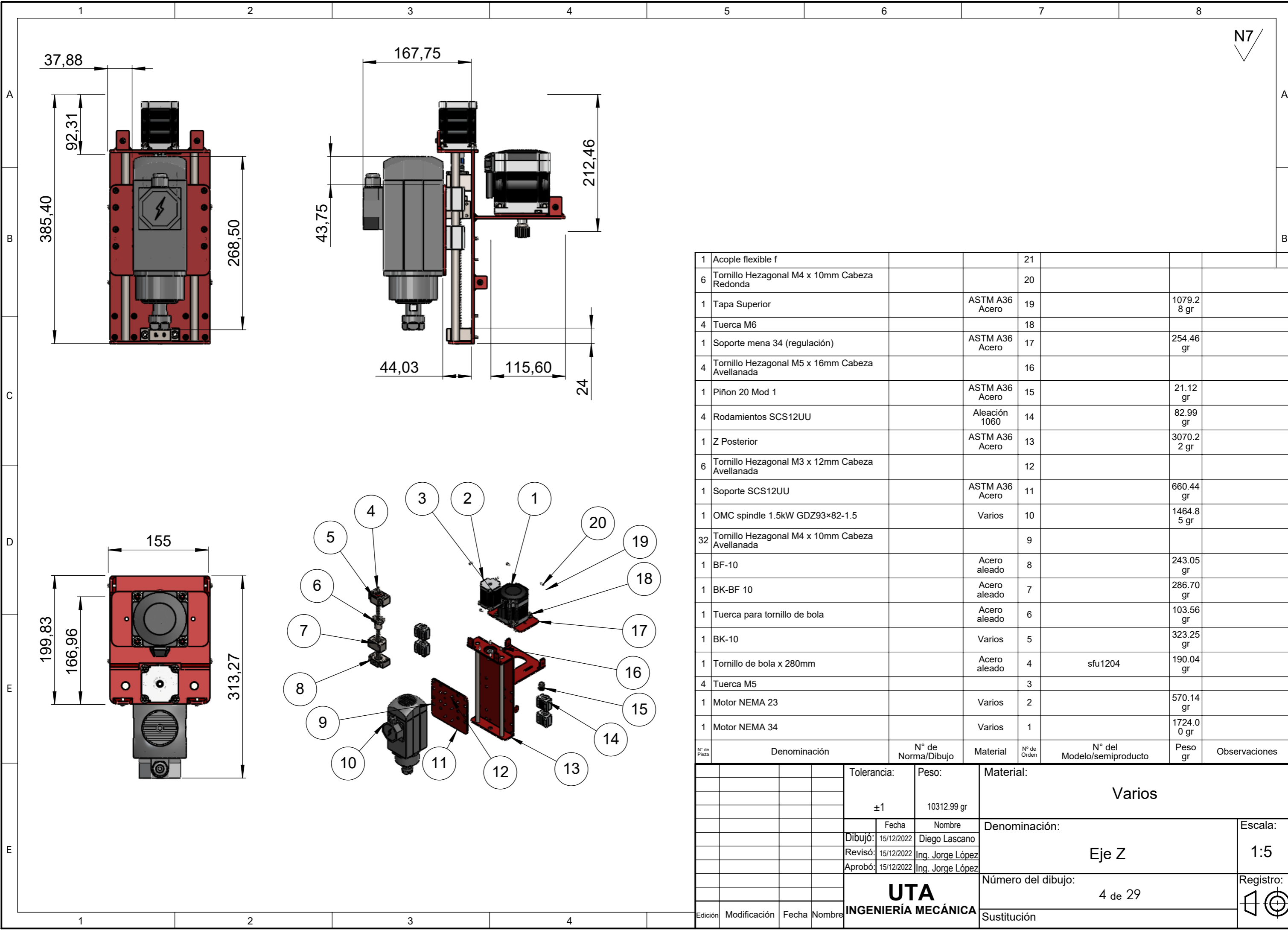
DETALLE A
ESCALA 1 : 5



DETALLE B
ESCALA 1 : 2

				Tolerancia:	Peso:	Material:		
				±1	50633.29 gr	ASTM A36 Acero		
				Fecha	Nombre	Denominación:		Escala:
				Dibujó: 15/12/2022	Diego Lascano	Estructura principal		1:10
				Revisó: 15/12/2022	Ing. Jorge López			
				Aprobó: 15/12/2022	Ing. Jorge López			
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		Número del dibujo:		Registro:
						3 de 29		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución		

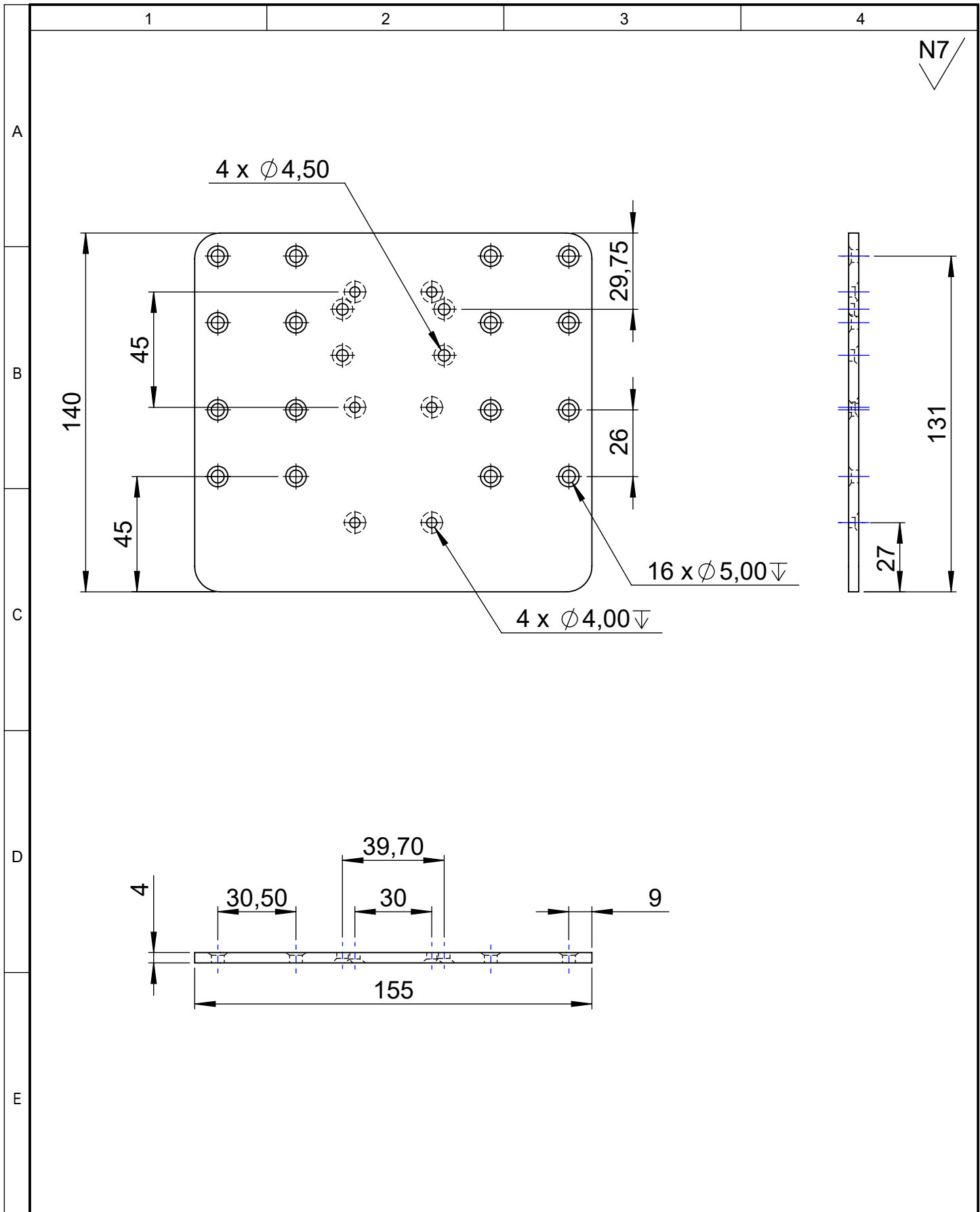
N7



1	Acople flexible f			21			
6	Tornillo Hezagonal M4 x 10mm Cabeza Redonda			20			
1	Tapa Superior	ASTM A36 Acero	19		1079.28 gr		
4	Tuerca M6		18				
1	Soporte mena 34 (regulación)	ASTM A36 Acero	17		254.46 gr		
4	Tornillo Hezagonal M5 x 16mm Cabeza Avellanada		16				
1	Piñon 20 Mod 1	ASTM A36 Acero	15		21.12 gr		
4	Rodamientos SCS12UU	Aleación 1060	14		82.99 gr		
1	Z Posterior	ASTM A36 Acero	13		3070.22 gr		
6	Tornillo Hezagonal M3 x 12mm Cabeza Avellanada		12				
1	Soporte SCS12UU	ASTM A36 Acero	11		660.44 gr		
1	OMC spindle 1.5kW GDZ93x82-1.5	Varios	10		1464.85 gr		
32	Tornillo Hezagonal M4 x 10mm Cabeza Avellanada		9				
1	BF-10	Acero aleado	8		243.05 gr		
1	BK-BF 10	Acero aleado	7		286.70 gr		
1	Tuerca para tornillo de bola	Acero aleado	6		103.56 gr		
1	BK-10	Varios	5		323.25 gr		
1	Tornillo de bola x 280mm	Acero aleado	4	sfu1204	190.04 gr		
4	Tuerca M5		3				
1	Motor NEMA 23	Varios	2		570.14 gr		
1	Motor NEMA 34	Varios	1		1724.00 gr		
Nº de Pieza	Denominación	Nº de Norma/Dibujo	Material	Nº de Orden	Nº del Modelo/semiproducto	Peso gr	Observaciones

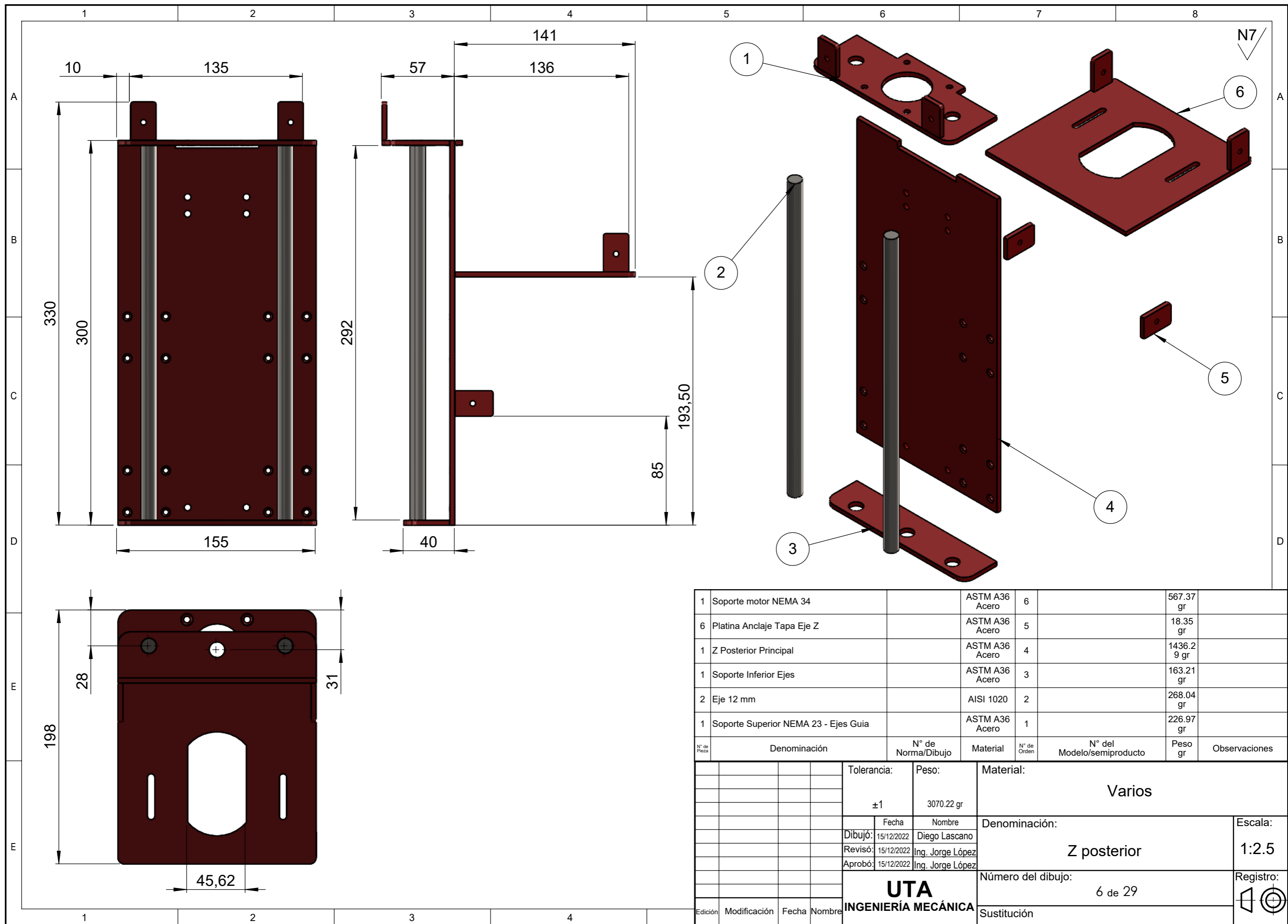
Tolerancia:		Peso:		Material:			
±1		10312.99 gr		Varios			
Dibujó:		Fecha	Nombre	Denominación:			Escala:
Revisó:		15/12/2022	Diego Lascano	Eje Z			1:5
Aprobó:		15/12/2022	Ing. Jorge López	Número del dibujo:			Registro:
				4 de 29			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Sustitución			

UTA
INGENIERÍA MECÁNICA

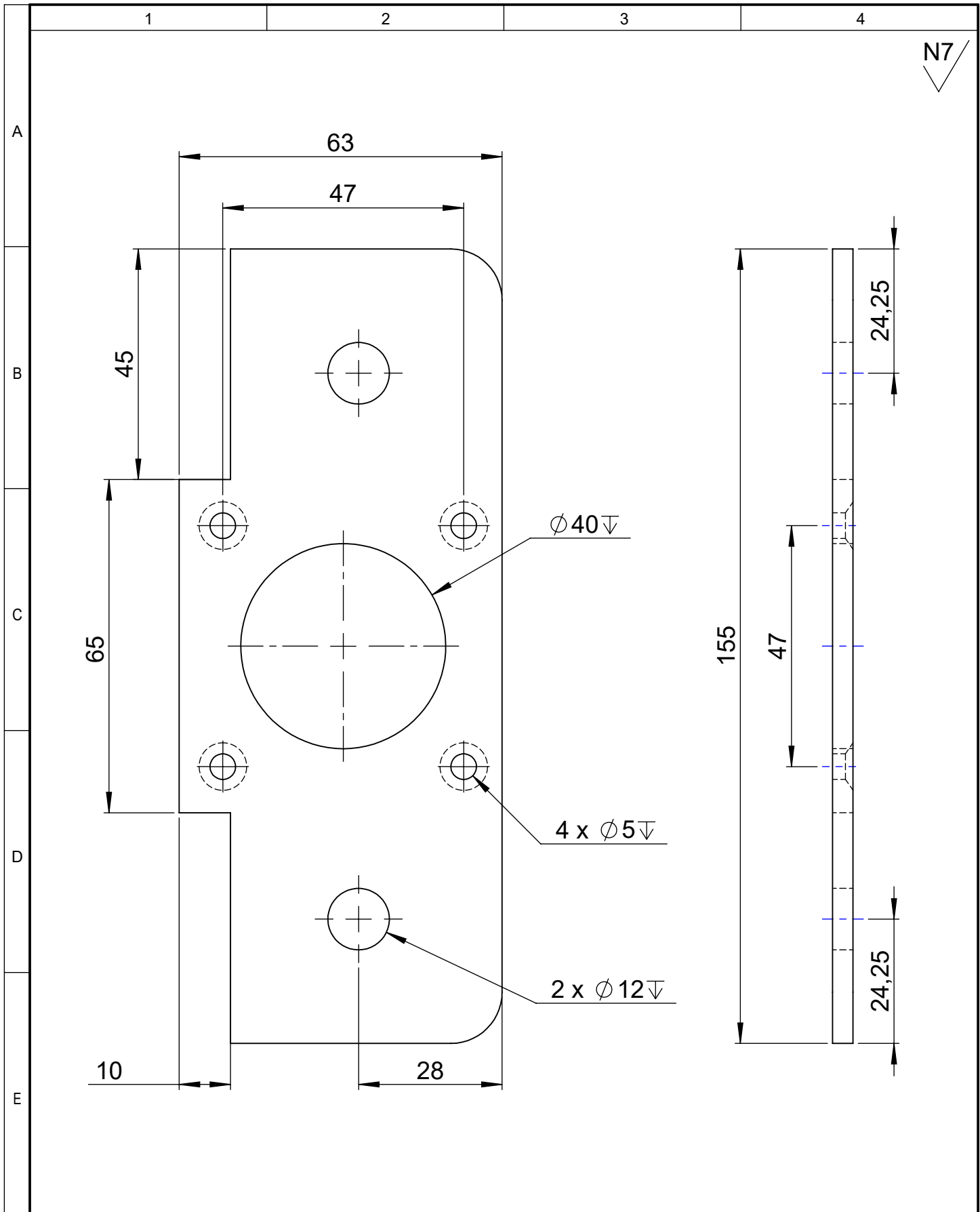


				Tolerancia:	Peso:	Material:		
				±1	660.44 gr	ASTM A36 Acero		
				Dibujó:	Fecha	Nombre	Denominación:	
				Revisó:	15/12/2022	Diego Lascano	Soporte SCS12UU	
				Aprobó:	15/12/2022	Ing. Jorge López		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA			Número del dibujo:	Registro:
							5 de 29	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Sustitución				

N7



N° de Pieza	Denominación	N° de Norma/Dibujo	Material	N° de Orden	N° del Modelo/semiproducto	Peso gr	Observaciones
1	Soporte motor NEMA 34		ASTM A36 Acero	6		567.37 gr	
6	Platina Anclaje Tapa Eje Z		ASTM A36 Acero	5		18.35 gr	
1	Z Posterior Principal		ASTM A36 Acero	4		1436.29 gr	
1	Soporte Inferior Ejes		ASTM A36 Acero	3		163.21 gr	
2	Eje 12 mm		AISI 1020	2		268.04 gr	
1	Soporte Superior NEMA 23 - Ejes Guia		ASTM A36 Acero	1		226.97 gr	
		Tolerancia:	Peso:	Material: Varios			
		±1	3070.22 gr				
		Fecha	Nombre	Denominación:		Escala:	
		Dibujó: 15/12/2022	Diego Lascano	Z posterior		1:2.5	
		Revisó: 15/12/2022	Ing. Jorge López	Número del dibujo:		Registro:	
		Aprobó: 15/12/2022	Ing. Jorge López	6 de 29			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Sustitución			



N7

				Tolerancia:	Peso:	Material:		
				±1	226.97 gr	ASTM A36 Acero		
				Dibujó:	Fecha	Nombre	Denominación:	
				Revisó:	15/12/2022	Diego Lascano		
				Aprobó:	15/12/2022	Ing. Jorge López		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA			Número del dibujo:	Escala:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Sustitución			Registro:	

1

2

3

4

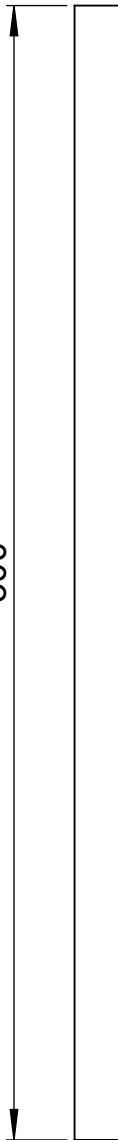
N5

A

Ø 12



B



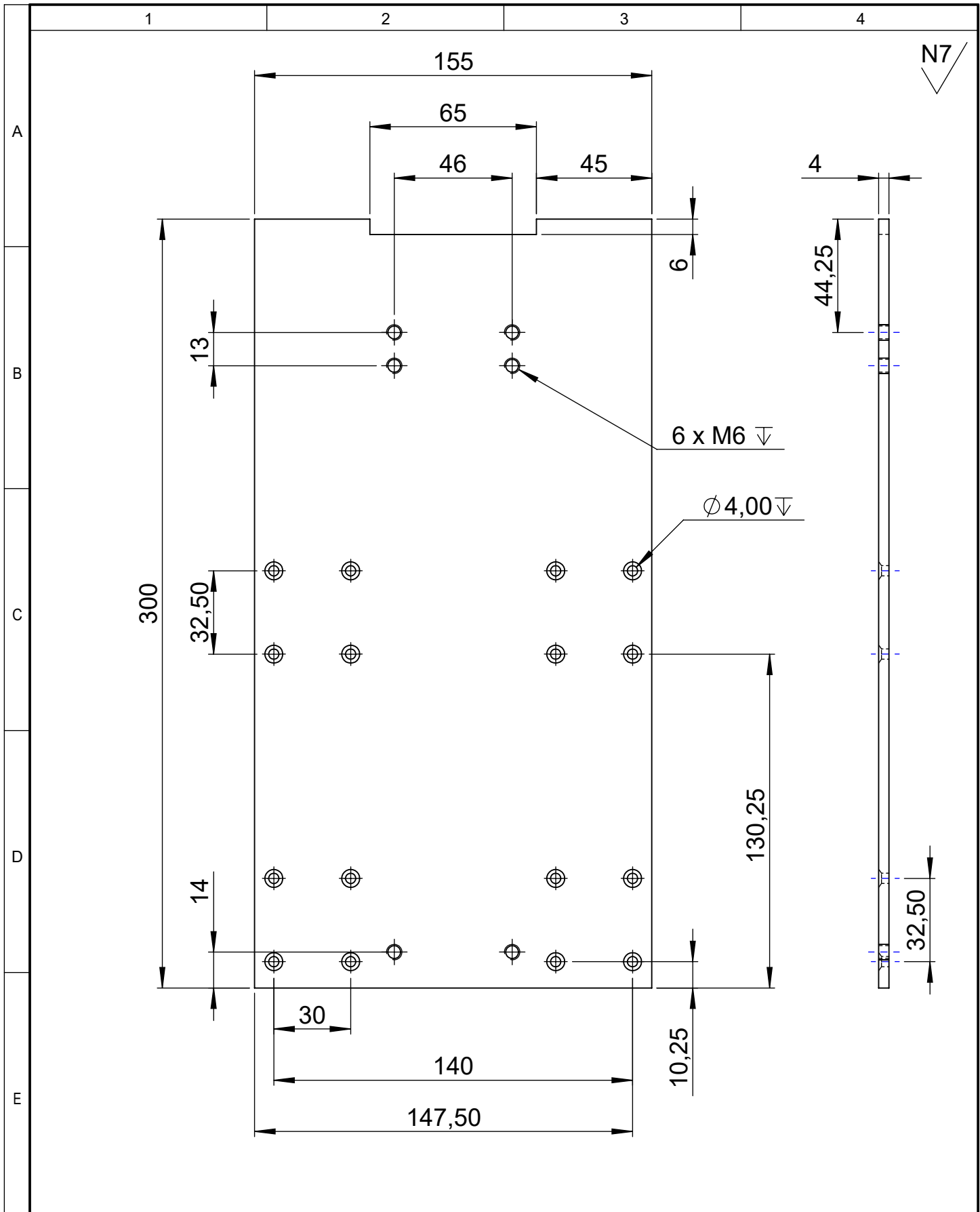
300

C

D

E

				Tolerancia:	Peso:	Material:		
				±1	268.04 gr	AISI 1018		
						Denominación:	Escala:	
				Dibujó:	Fecha			Nombre
				Revisó:	15/12/2022			Diego Lascano
				Aprobó:	15/12/2022	Ing. Jorge López	Eje 12 mm	
					15/12/2022	Ing. Jorge López		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		Número del dibujo:	Registro:	
						8 de 29		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Sustitución				



				Tolerancia:	Peso:	Material:		
				±1	1436.29 gr	ASTM A36 Acero		
				Dibujó:	Fecha	Nombre	Denominación:	
				Revisó:	15/12/2022	Diego Lascano	Z posterior principal	
				Aprobó:	15/12/2022	Ing. Jorge López		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA			Número del dibujo:	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				9 de 29	
				Sustitución				

1

2

3

4

N7

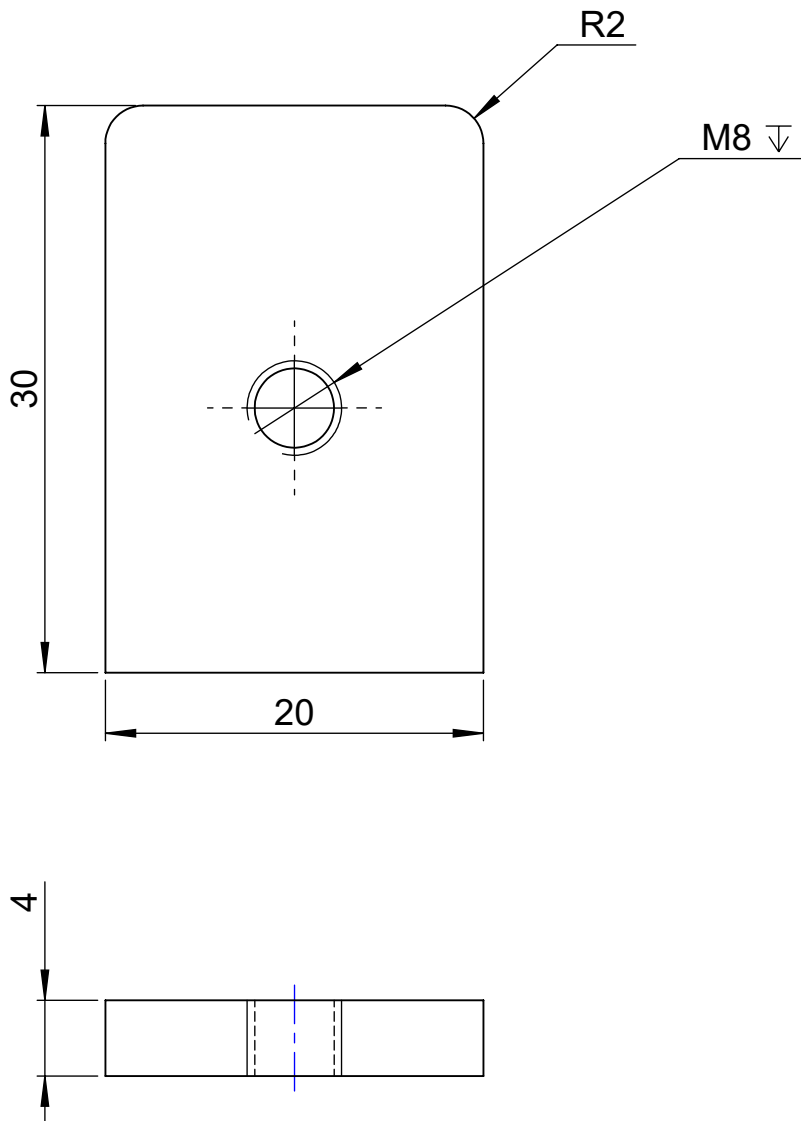
A

B

C

D

E

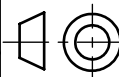


				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				±1	18.35 gr	ASTM A36 Acero	
				Dibujó:	Fecha	Nombre	Denominación:
				Revisó:	15/12/2022	Diego Lascano	Platina anclaje tapa eje Z
				Aprobó:	15/12/2022	Ing. Jorge López	
				UTA		Número del dibujo:	Registro:
				INGENIERÍA MECÁNICA		10 de 29	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Sustitución			

Escala:

2.5:1

Registro:



1

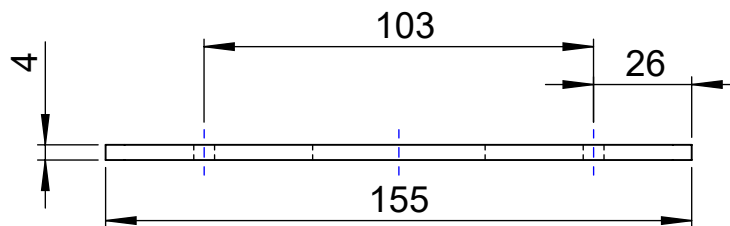
2

3

4

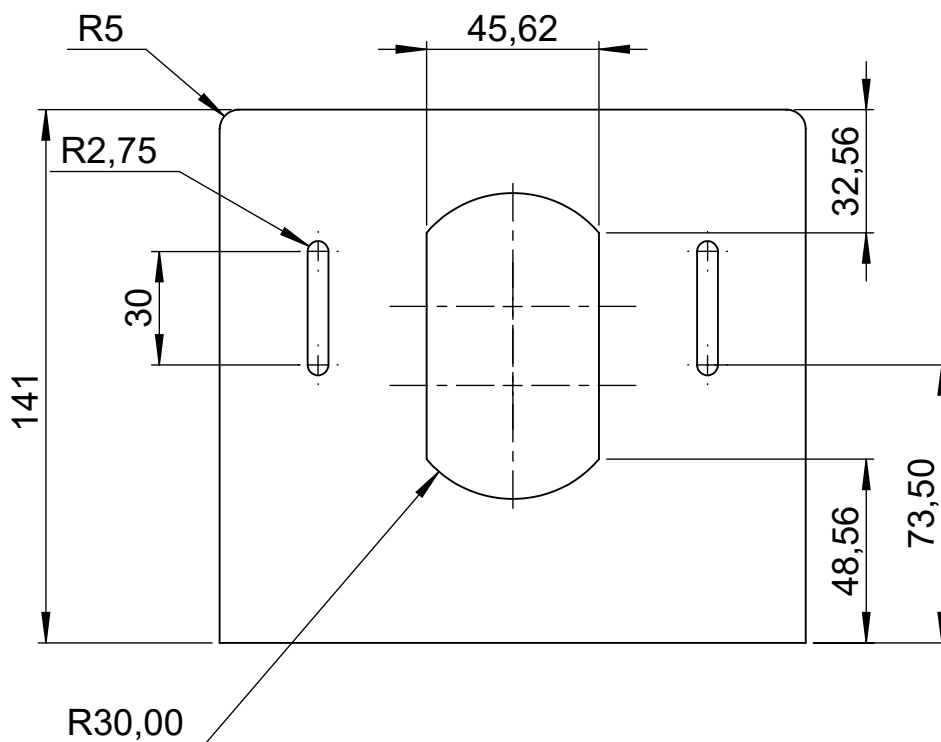
N7

A



B

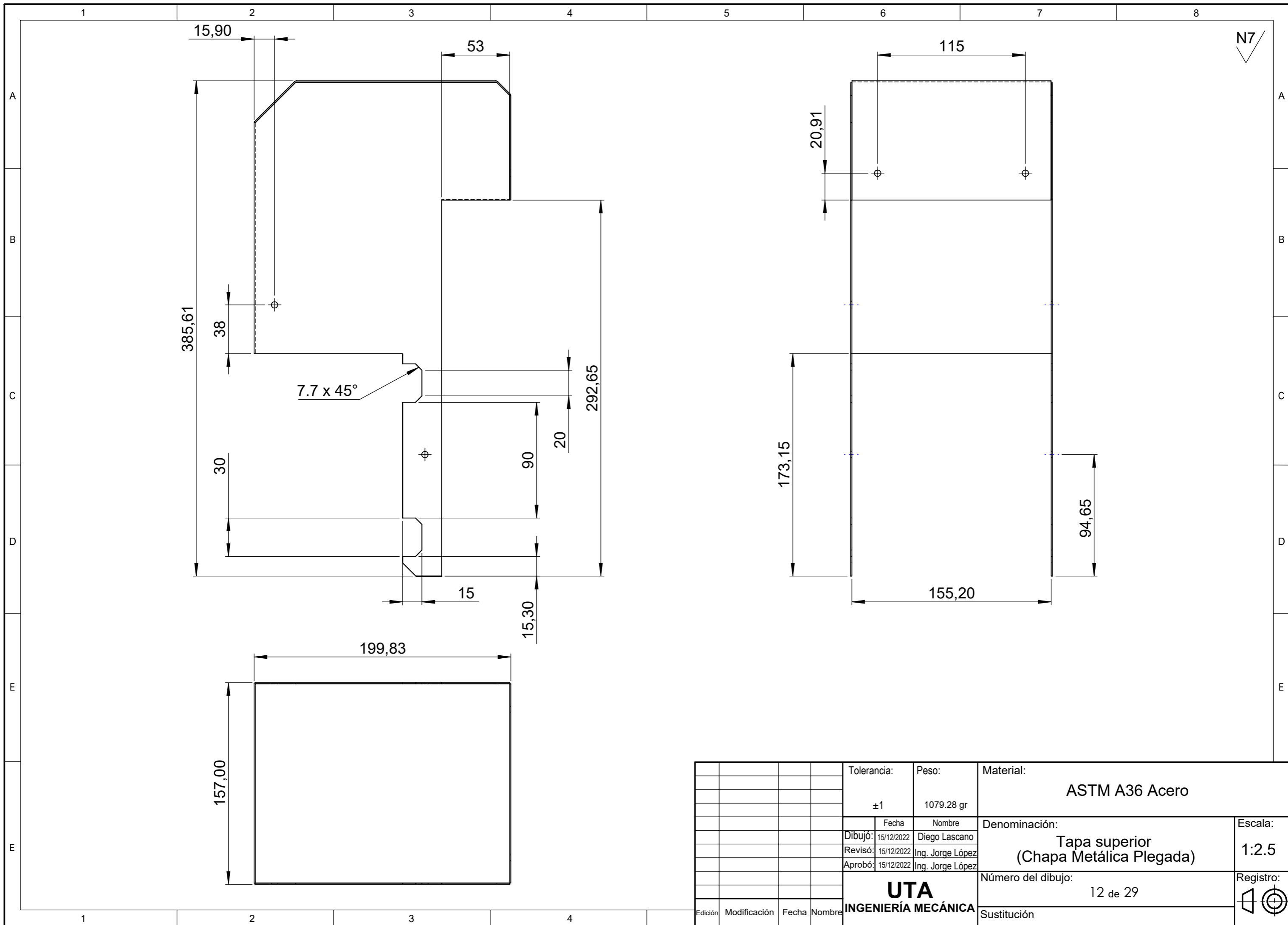
C



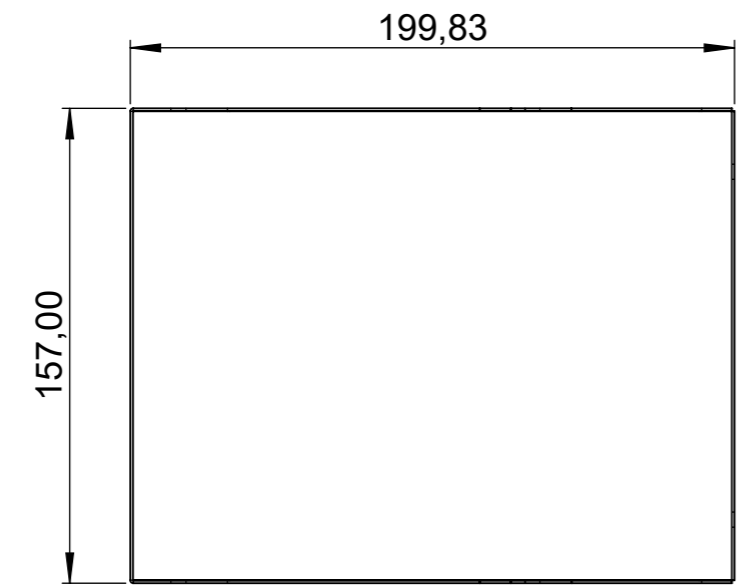
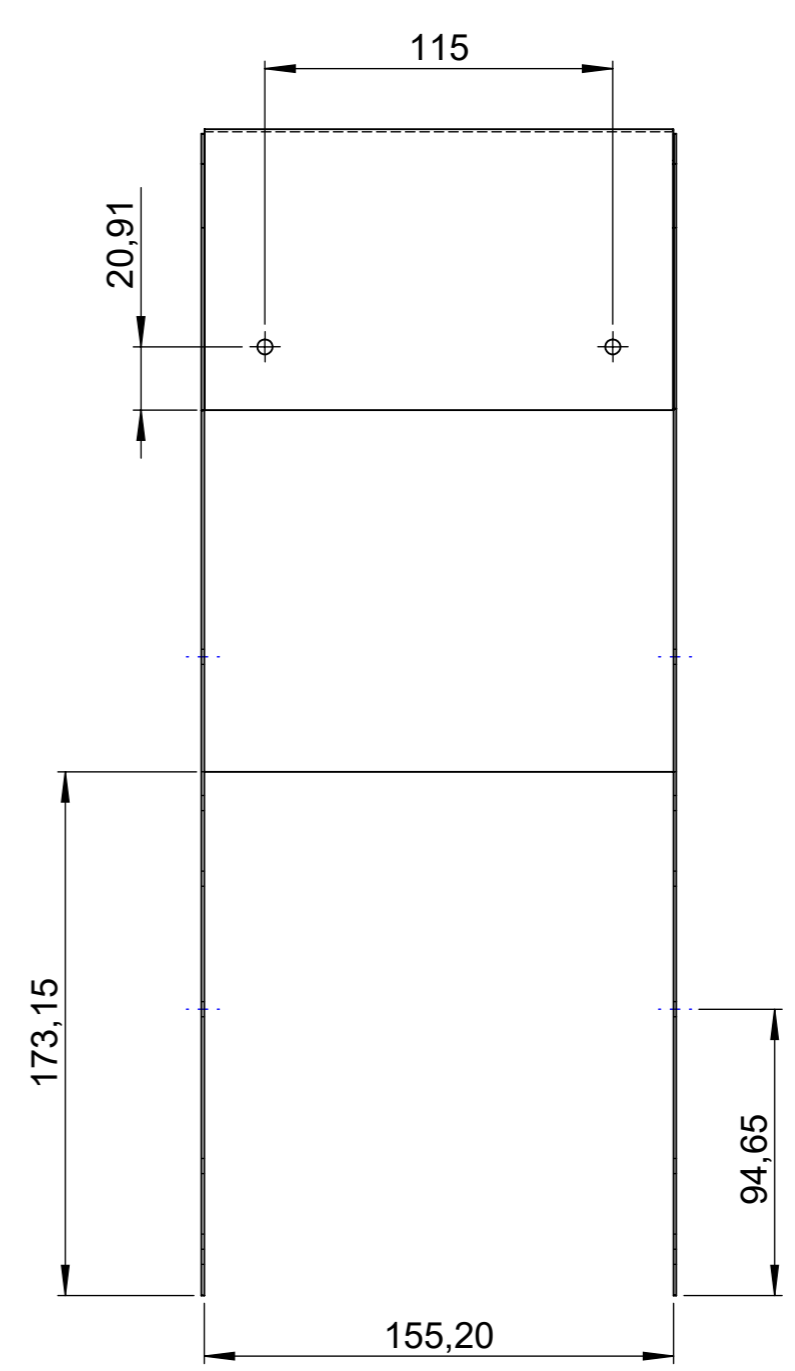
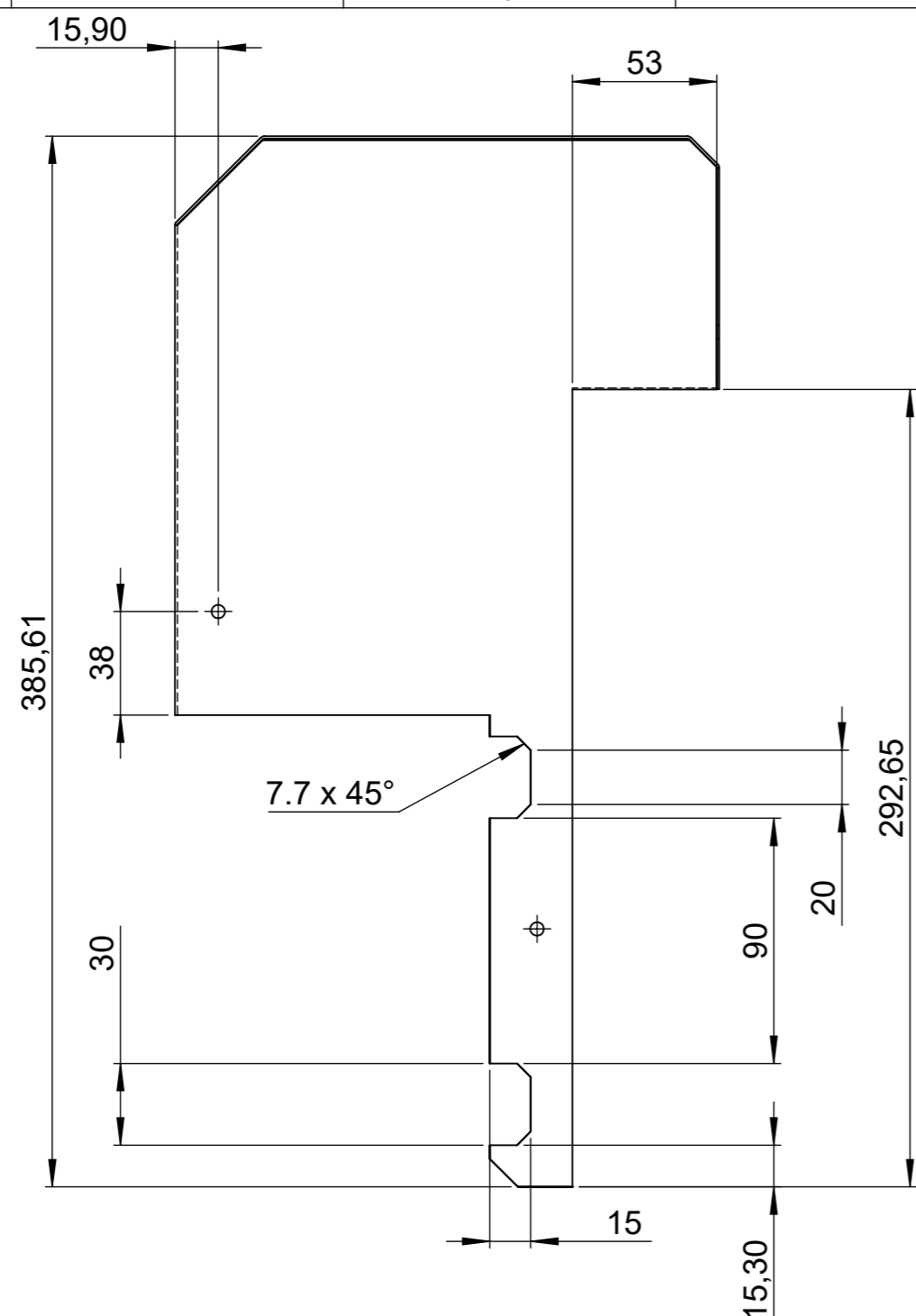
D

E

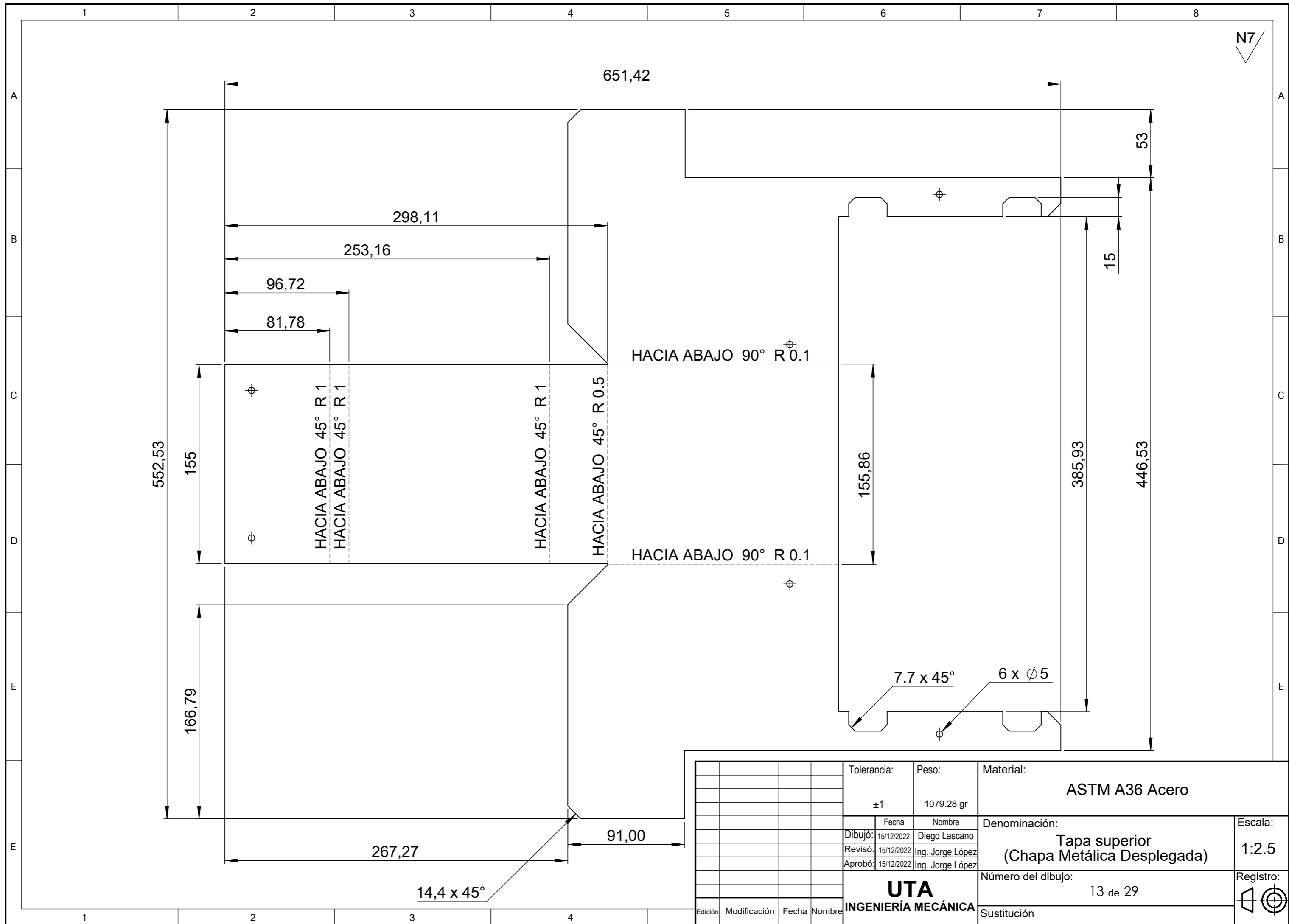
				Tolerancia: ± 1	Peso: 567.37 gr	Material: ASTM A36 Acero	
				Dibujó:	Fecha	Nombre	Denominación:
				Revisó:	15/12/2022	Diego Lascano	Soporte Motor NEMA 34
				Aprobó:	15/12/2022	Ing. Jorge López	
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		Número del dibujo: 11 de 29	Escala: 1:2
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Sustitución		Registro: 	



N7



				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				±1	1079.28 gr	ASTM A36 Acero	
				Fecha	Nombre	Denominación:	
				Dibujó: 15/12/2022	Diego Lascano	Tapa superior (Chapa Metálica Plegada)	
				Revisó: 15/12/2022	Ing. Jorge López	Escala:	
				Aprobó: 15/12/2022	Ing. Jorge López	1:2.5	
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		Número del dibujo:	Registro:
						12 de 29	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Sustitución			



N7

651,42

53

298,11

253,16

96,72

81,78

HACIA ABAJO 90° R 0.1

HACIA ABAJO 45° R 1
HACIA ABAJO 45° R 1

HACIA ABAJO 45° R 1

HACIA ABAJO 45° R 0.5

HACIA ABAJO 90° R 0.1

155,86

385,93

446,53

552,53

155

166,79

7.7 x 45°

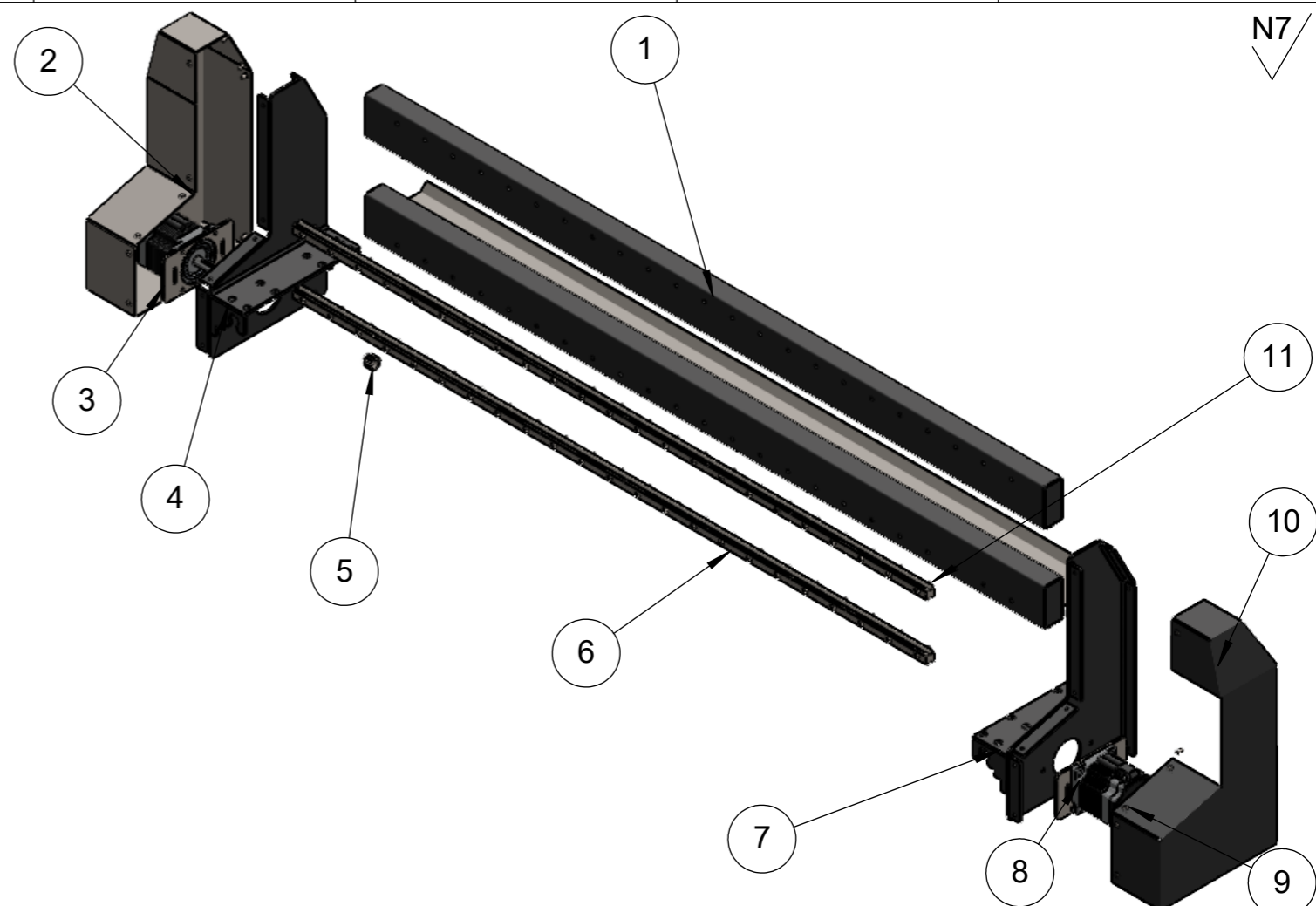
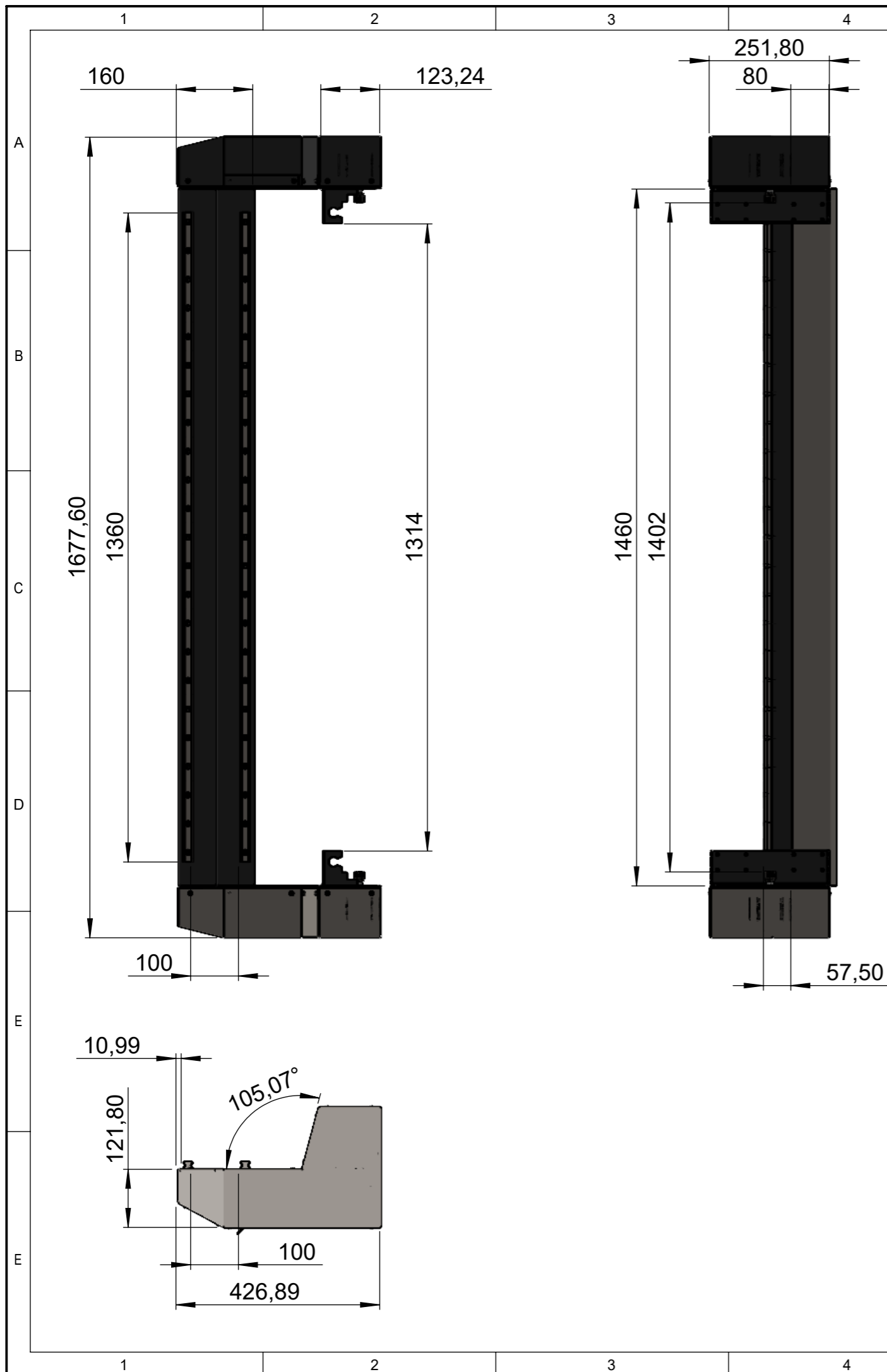
6 x Ø 5

91,00

267,27

14,4 x 45°

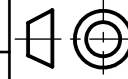
				Tolerancia:	Peso:	Material:		
				±1	1079.28 gr	ASTM A36 Acero		
				Fecha	Nombre	Denominación:		Escala:
				Dibujó: 15/12/2022	Diego Lascano	Tapa superior (Chapa Metálica Desplegada)		1:2.5
				Revisó: 15/12/2022	Ing. Jorge López	Número del dibujo:		Registro:
				Aprobó: 15/12/2022	Ing. Jorge López	13 de 29		☐ ⊕
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		Sustitución		

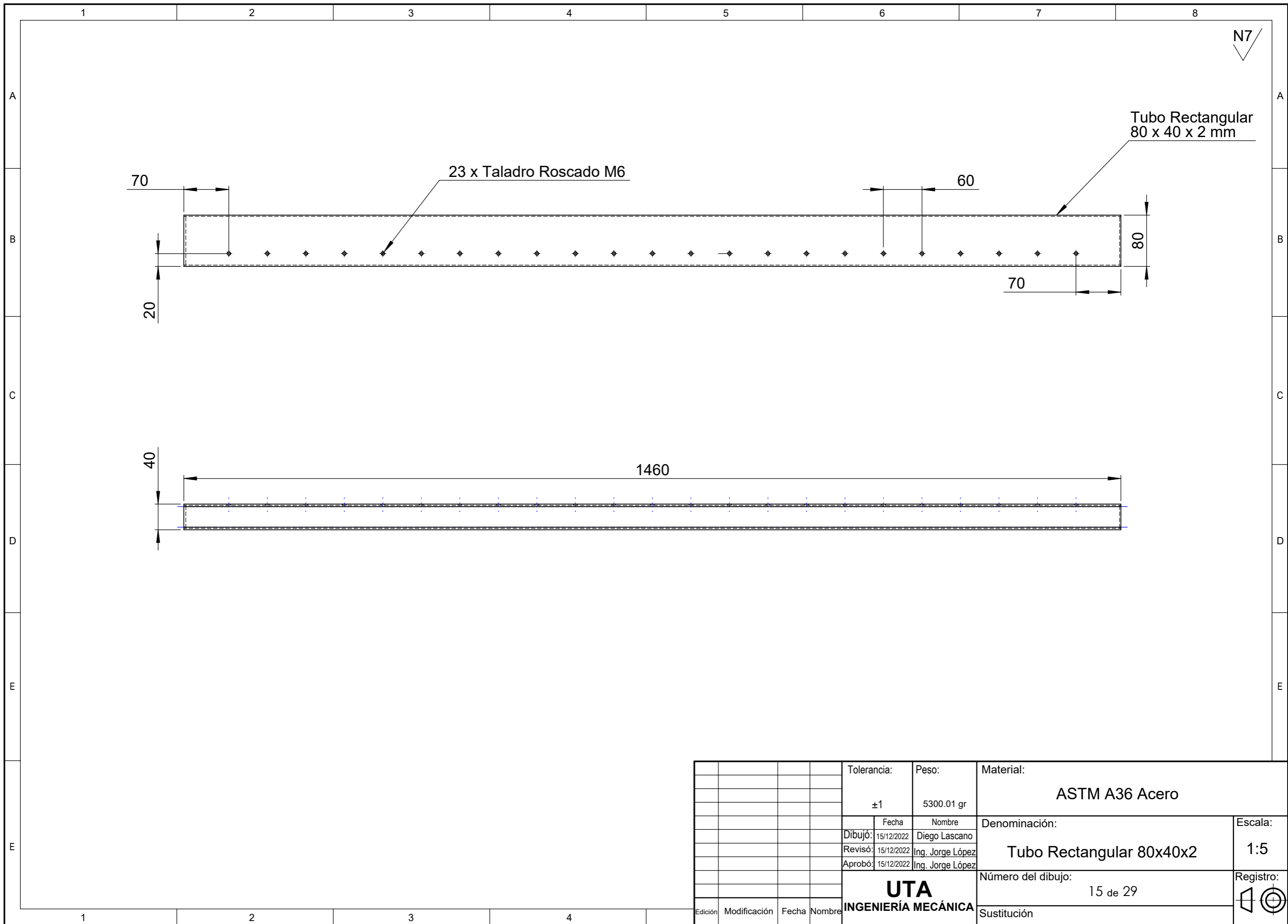


N° de Pieza	Denominación	Tolerancia:	N° de Norma/Dibujo	Peso:	Material	N° de Orden	N° del Modelo/semiproducto	Peso gr	Observaciones
1	Soporte Cadena 25x38				ASTM A36 Acero	12		2661.50 gr	
47	Tornillo Hexagonal M6 x 20mm Cabeza Hueca					11			
1	Tapa lateral B				ASTM A36 Acero	10		1388.63 gr	
20	Tornillo Hexagonal M4 x 10mm Cabeza Redonda					9			
2	Motor NEMA 34				Varios	8		1724.00 gr	
1	Soporte eje x lado B				ASTM A36 Acero	7		3842.70 gr	
2	HGR20R L 1340 mm				AISI 1010	6		3033.33 gr	
2	Piñon 20 Mod 1				ASTM A36 Acero	5		21.12 gr	
1	Soporte eje x lado A				ASTM A36 Acero	4		3586.31 gr	
2	Soporte mena 34 regulable				ASTM A36 Acero	3		246.87 gr	
1	Tapa lateral A				ASTM A36 Acero	2		1388.64 gr	
2	Tubo Rectangular 80x40x2 L1460 mm				ASTM A36 Acero	1		5300.01 gr	
							Varios		
		±1		30782.65 gr					
							Denominación:		Escala:
									1:10
							Eje X		
							Número del dibujo:		Registro:
							14 de 29		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Sustitución		

UTA
INGENIERÍA MECÁNICA

N7





N7

Tubo Rectangular
80 x 40 x 2 mm

23 x Taladro Roscado M6

70

60

80

20

70

40

1460

Tolerancia:

Peso:

Material:

±1

5300.01 gr

ASTM A36 Acero

Dibujó:

Fecha

Nombre

Denominación:

Escala:

15/12/2022

Diego Lascano

Tubo Rectangular 80x40x2

1:5

Revisó:

Fecha

Nombre

15/12/2022

Ing. Jorge López

Aprobó:

Fecha

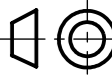
Nombre

UTA
INGENIERÍA MECÁNICA

Número del dibujo:

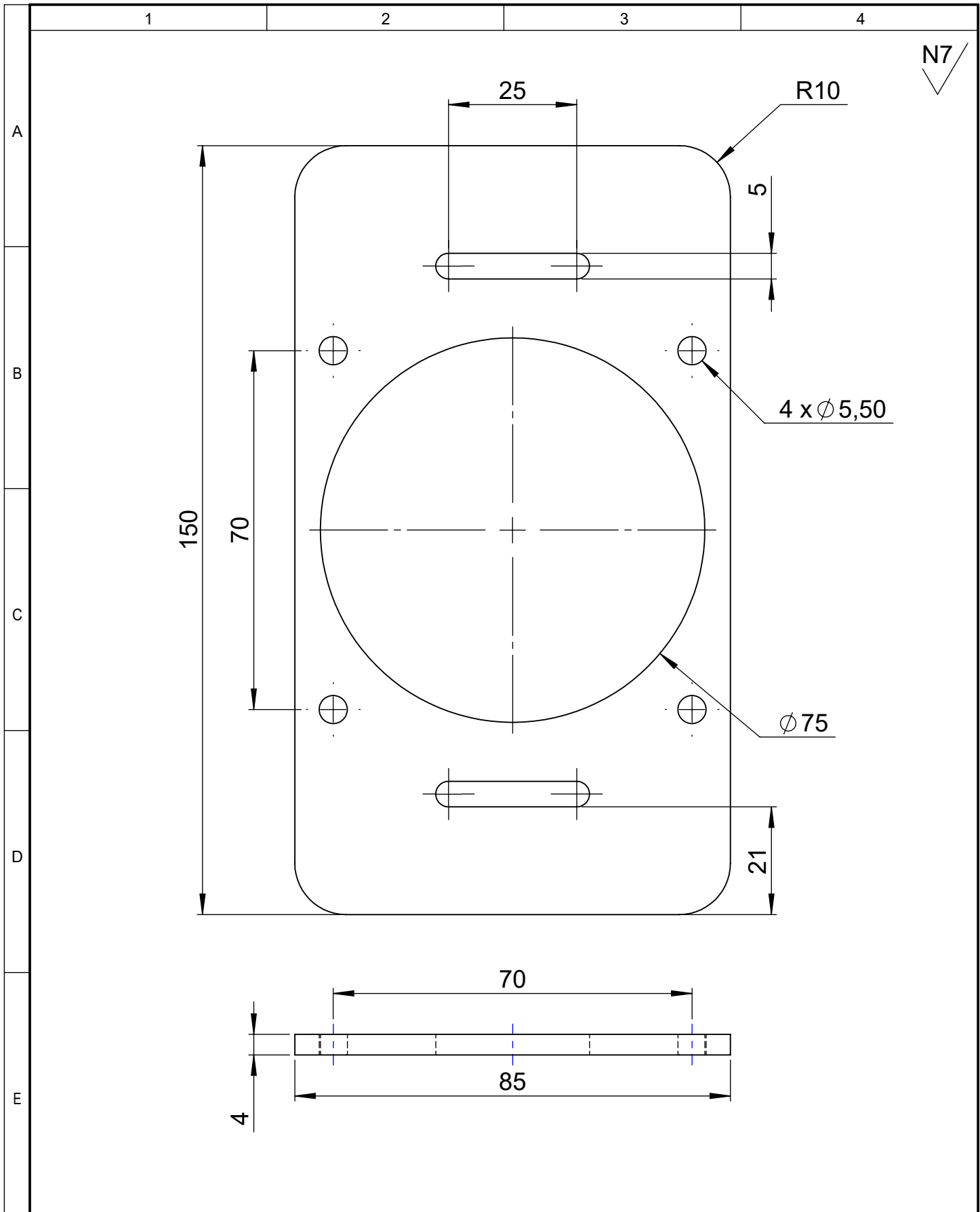
Registro:

15 de 29



Sustitución

Edición	Modificación	Fecha	Nombre



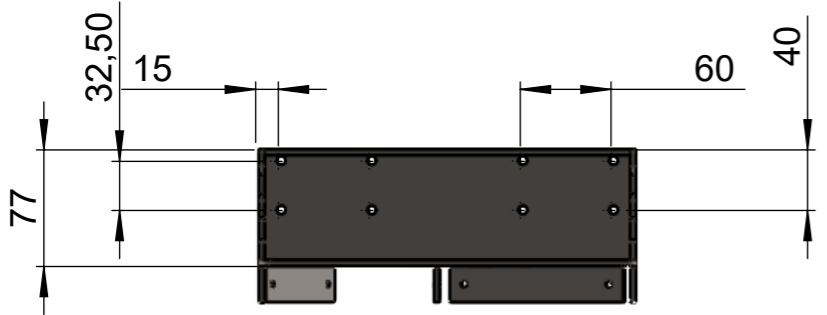
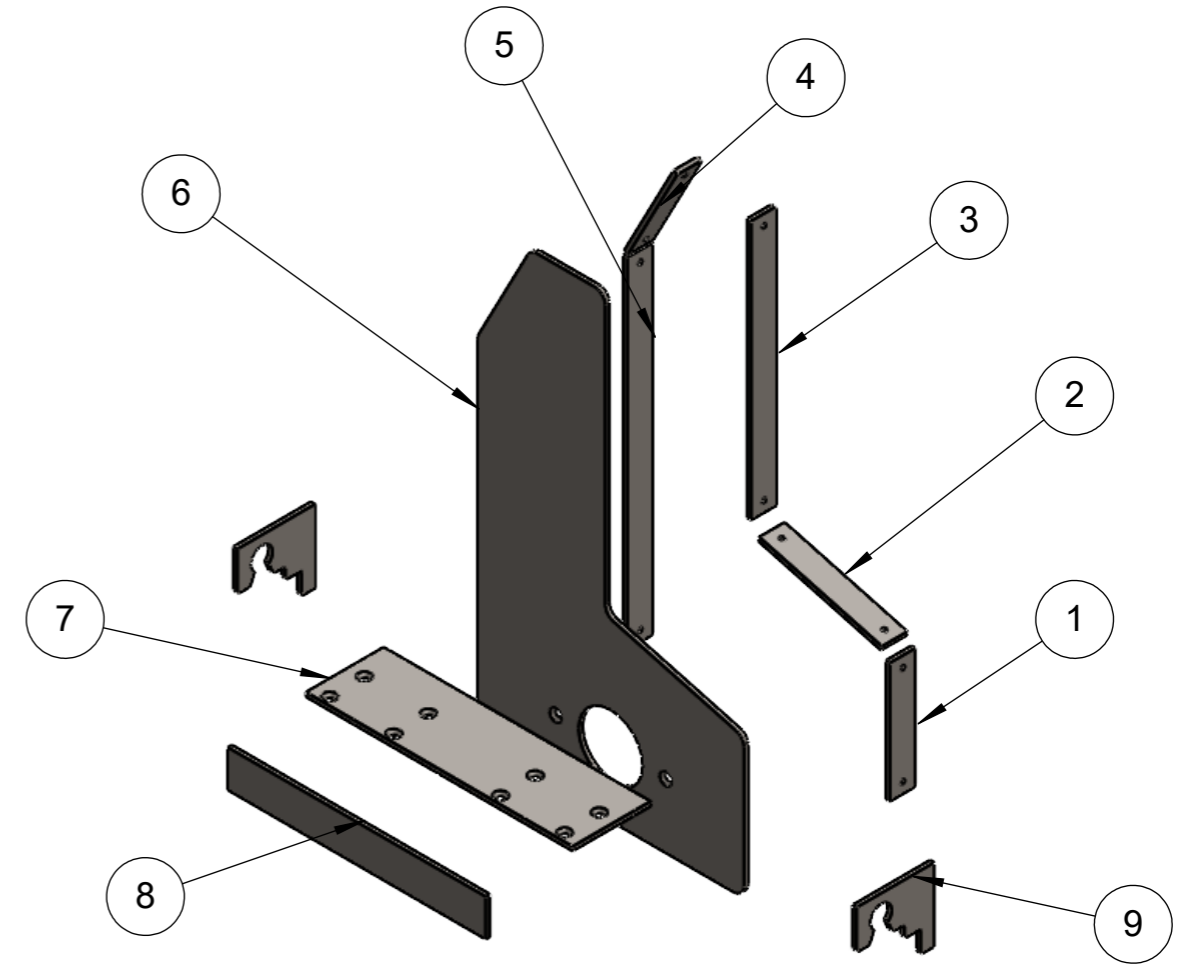
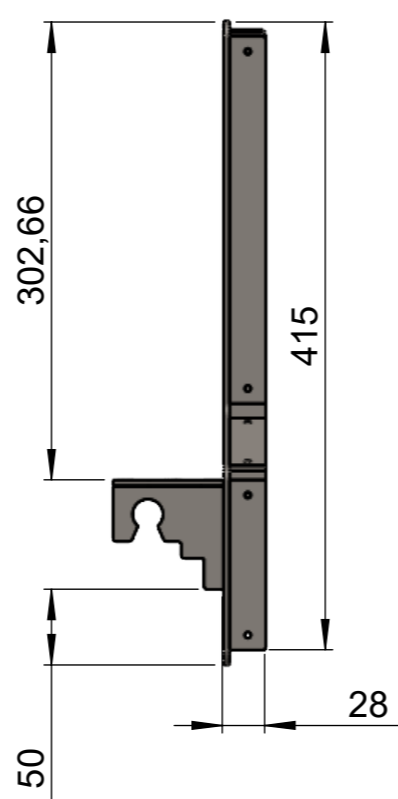
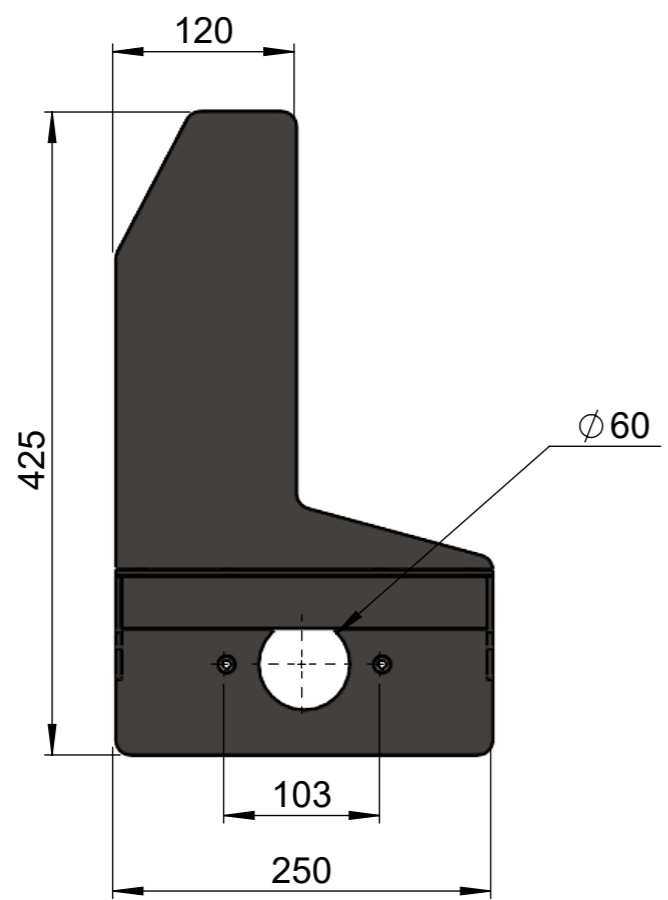
N7

A
B
C
D
E

				Tolerancia: ±1	Peso: 246.87 gr	Material: ASTM A36 Acero	
				Dibujó:	Fecha	Nombre	Denominación:
				Revisó:	15/12/2022	Diego Lascano	Soporte NEMA 34 regulable
				Aprobó:	15/12/2022	Ing. Jorge López	
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		Número del dibujo: 16 de 29	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	



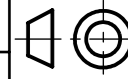
N7



2	Tapa lateral guias	ASTM A36 Acero	9		87.43 gr		
1	Tapa transversal guias	ASTM A36 Acero	8		263.94 gr		
1	Anclaje guias eje X	ASTM A36 Acero	7		561.15 gr		
1	Soporte principal eje x	ASTM A36 Acero	6		2034.9 4		
1	Anclaje tapa protectora #5	ASTM A36 Acero	5		238.47 gr		
1	Anclaje tapa protectora #4	ASTM A36 Acero	4		73.67 gr		
1	Anclaje tapa protectora #3	ASTM A36 Acero	3		181.81 gr		
1	Anclaje tapa protectora #2	ASTM A36 Acero	2		89.12 gr		
1	Anclaje tapa protectora #1	ASTM A36 Acero	1		83.84 gr		
N° de Pieza	Denominación	N° de Norma/Dibujo	Material	N° de Orden	N° de Modelo/semiproducto	Peso gr	Observaciones

Tolerancia:		Peso:		Material:			
±1		3842.70 gr		ASTM A36 Acero			
Dibujó:		Fecha		Nombre		Denominación:	
15/12/2022		15/12/2022		Ing. Jorge López		Soporte eje x	
Revisó:		Aprobó:		Número del dibujo:		Escala:	
15/12/2022		15/12/2022		17 de 29		1:5	
Aprobó:		Ing. Jorge López		Registro:		Sustitución	
Edición		Modificación		Fecha		Nombre	

UTA
INGENIERÍA MECÁNICA



1

2

3

4

N7

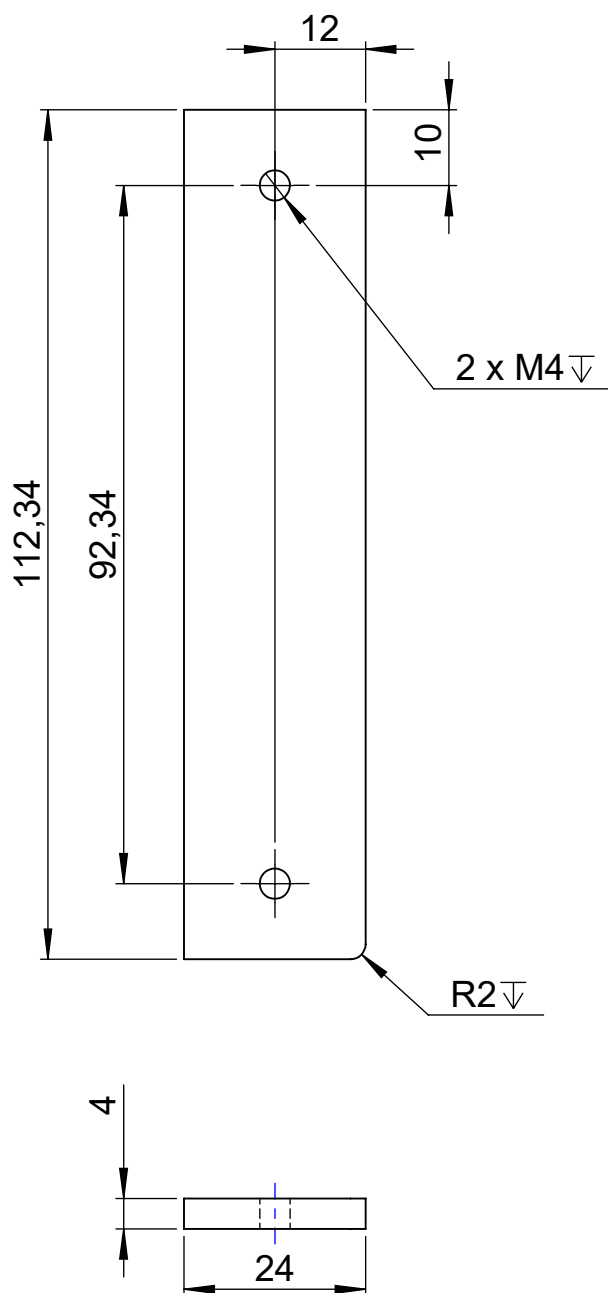
A

B

C

D

E

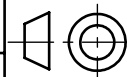


				Tolerancia: ±1	Peso: 83.84 gr	Material: ASTM A36 Acero	
				Dibujó:	Fecha	Nombre	Denominación:
				Revisó:	15/12/2022	Diego Lascano	Anclaje tapa protectora #1
				Aprobó:	15/12/2022	Ing. Jorge López	
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		Número del dibujo: 18 de 29	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	

Escala:

1:1

Registro:



1

2

3

4

N7

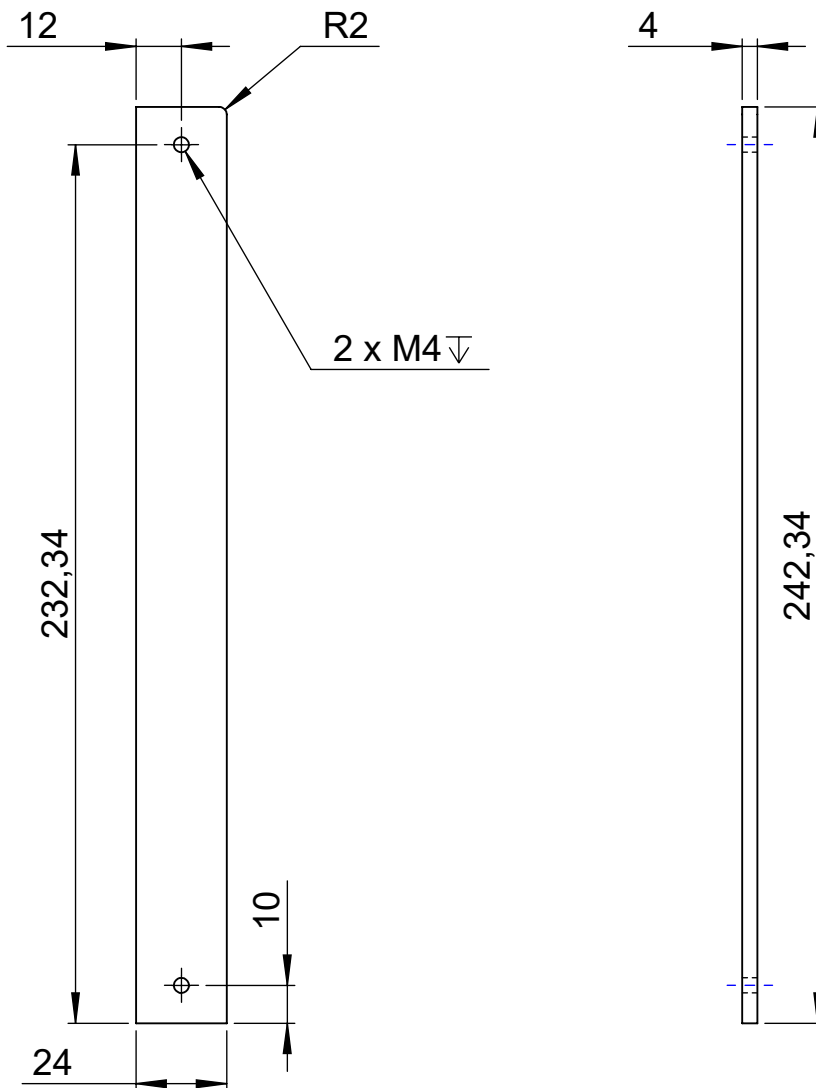
A

B

C

D

E



				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				±1	181.81 gr	ASTM A36 Acero	
						Denominación:	Escala:
				Dibujó:	Fecha	Nombre	Anclaje tapa protectora #3
				Revisó:	15/12/2022	Diego Lascano	
				Aprobó:	15/12/2022	Ing. Jorge López	
							Registro:
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		Número del dibujo:	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			20 de 29	
						Sustitución	

1

2

3

4

N7

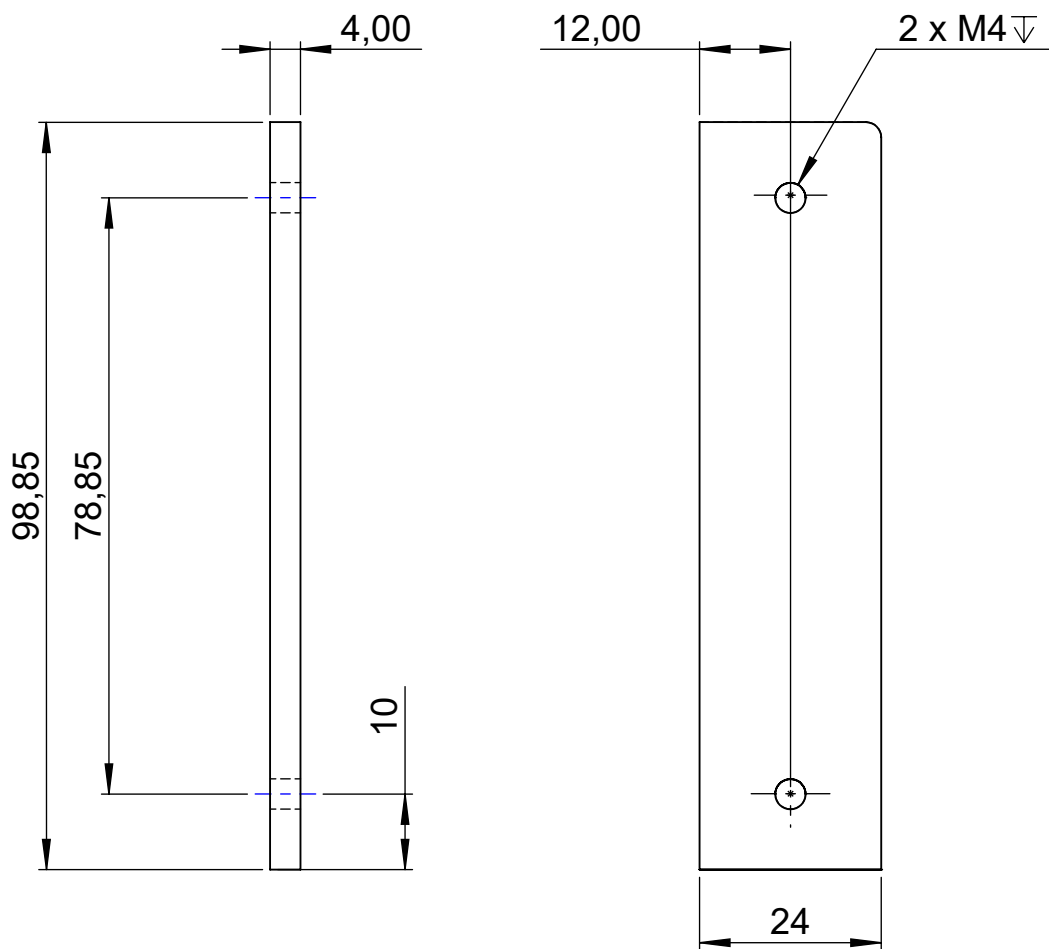
A

B

C

D

E



Tolerancia:

Peso:

Material:

 ± 1

73.67 gr

ASTM A36 Acero

Dibujó:

Fecha

Nombre

Denominación:

Escala:

Revisó:

15/12/2022

Ing. Jorge López

Anclaje tapa protectora #4

1:1

Aprobó:

15/12/2022

Ing. Jorge López

Número del dibujo:

Registro:

21 de 29

UTA
INGENIERÍA MECÁNICA

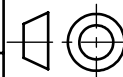
Sustitución

Edición

Modificación

Fecha

Nombre



1

2

3

4

N7

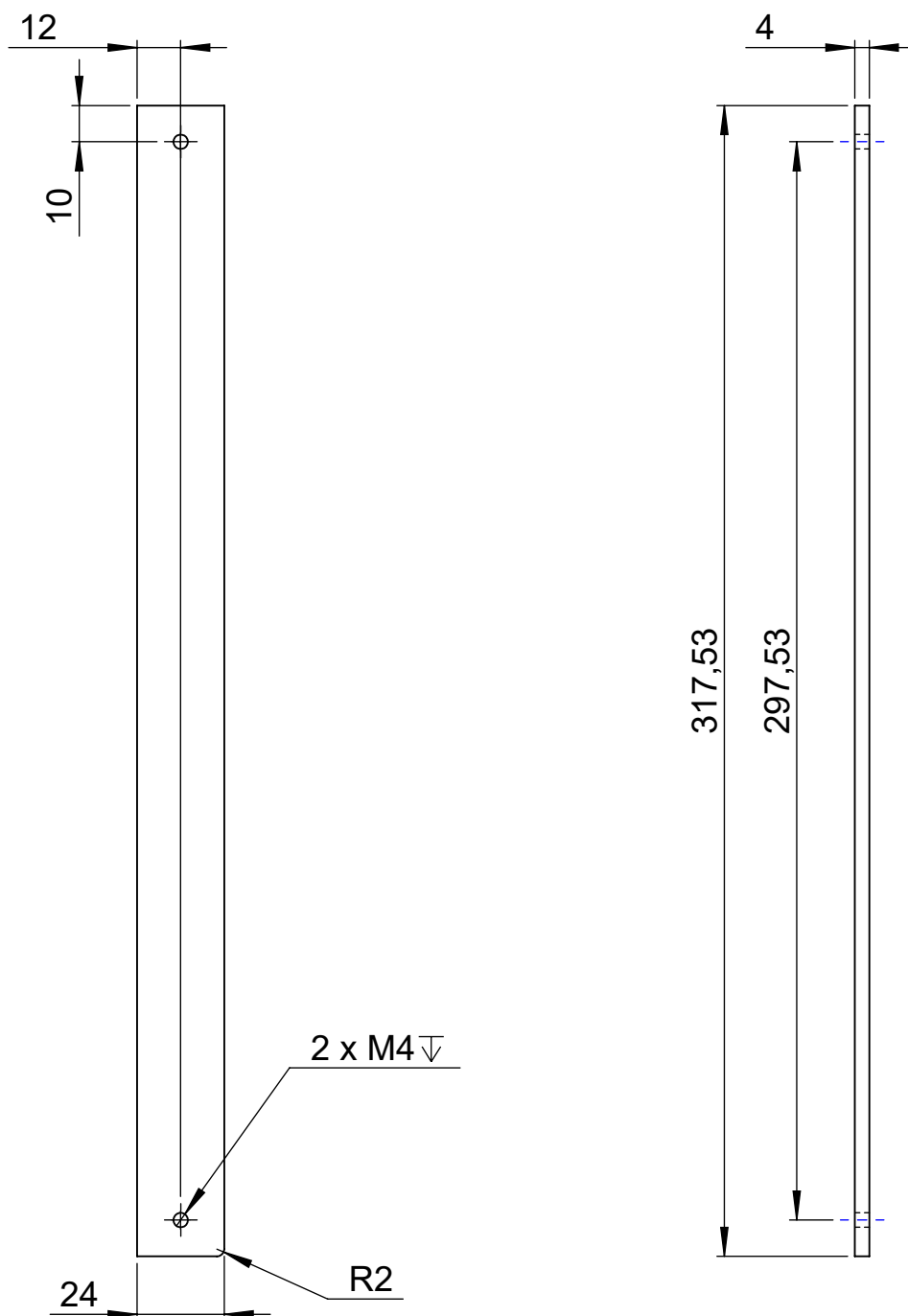
A

B

C

D

E



Tolerancia:

Peso:

Material:

 ± 1

238.47 gr

ASTM A36 Acero

Dibujó:

Fecha

Nombre

Denominación:

Escala:

Revisó:

15/12/2022

Ing. Jorge López

Anclaje tapa protectora #5

1:2

Aprobó:

15/12/2022

Ing. Jorge López

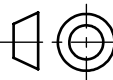
Número del dibujo:

Registro:

22 de 29

UTA
INGENIERÍA MECÁNICA

Sustitución

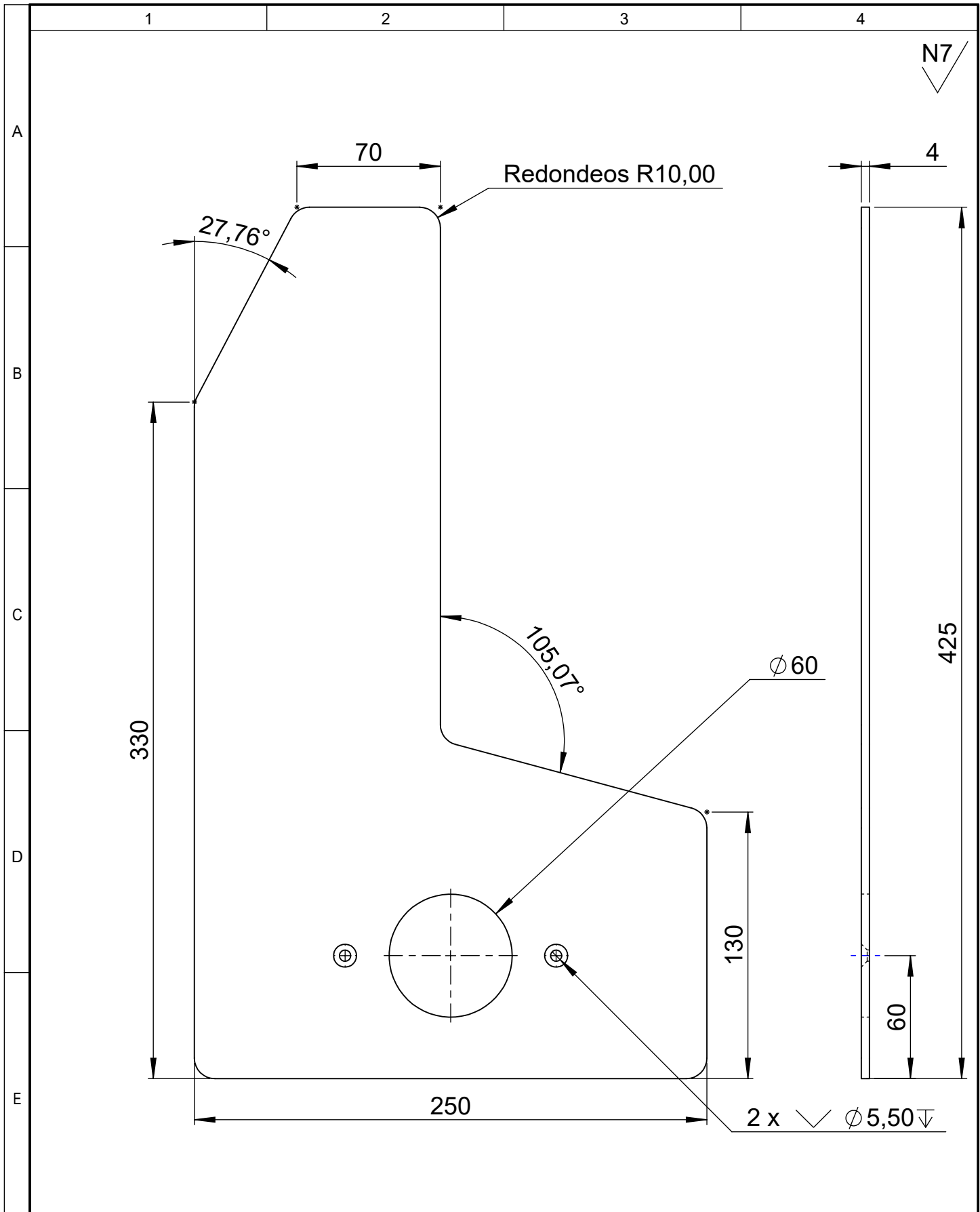


Edición

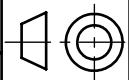
Modificación

Fecha

Nombre



				Tolerancia:	Peso:	Material:		
				±1	2034.94 gr	ASTM A36 Acero		
				Dibujó:	Fecha	Nombre	Denominación:	
				Revisó:	15/12/2022	Diego Lascano	Soporte principal eje X	
				Aprobó:	15/12/2022	Ing. Jorge López		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA			Número del dibujo:	Registro:
							23 de 29	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Sustitución				



1

2

3

4

N7

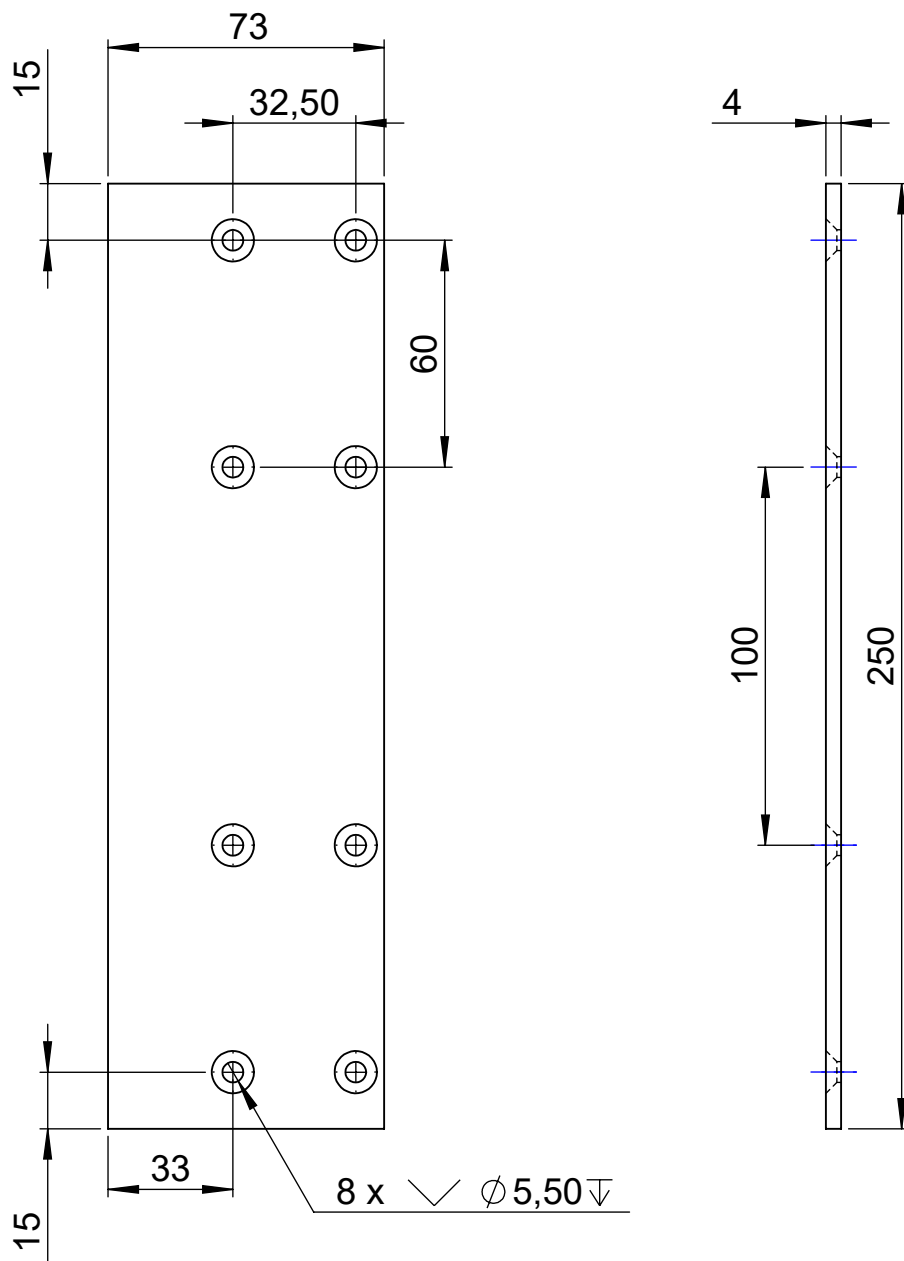
A

B

C

D

E



Tolerancia:

Peso:

Material:

 ± 1

561.15 gr

ASTM A36 Acero

Dibujó:

Fecha

Nombre

Denominación:

Escala:

Revisó:

15/12/2022

Ing. Jorge López

Anclaje guías

1:2

Aprobó:

15/12/2022

Ing. Jorge López

Número del dibujo:

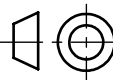
Registro:

UTA

24 de 29

INGENIERÍA MECÁNICA

Sustitución



Edición

Modificación

Fecha

Nombre

1

2

3

4

N7

A

34,73

B

242

C

D

4

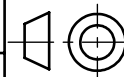
E

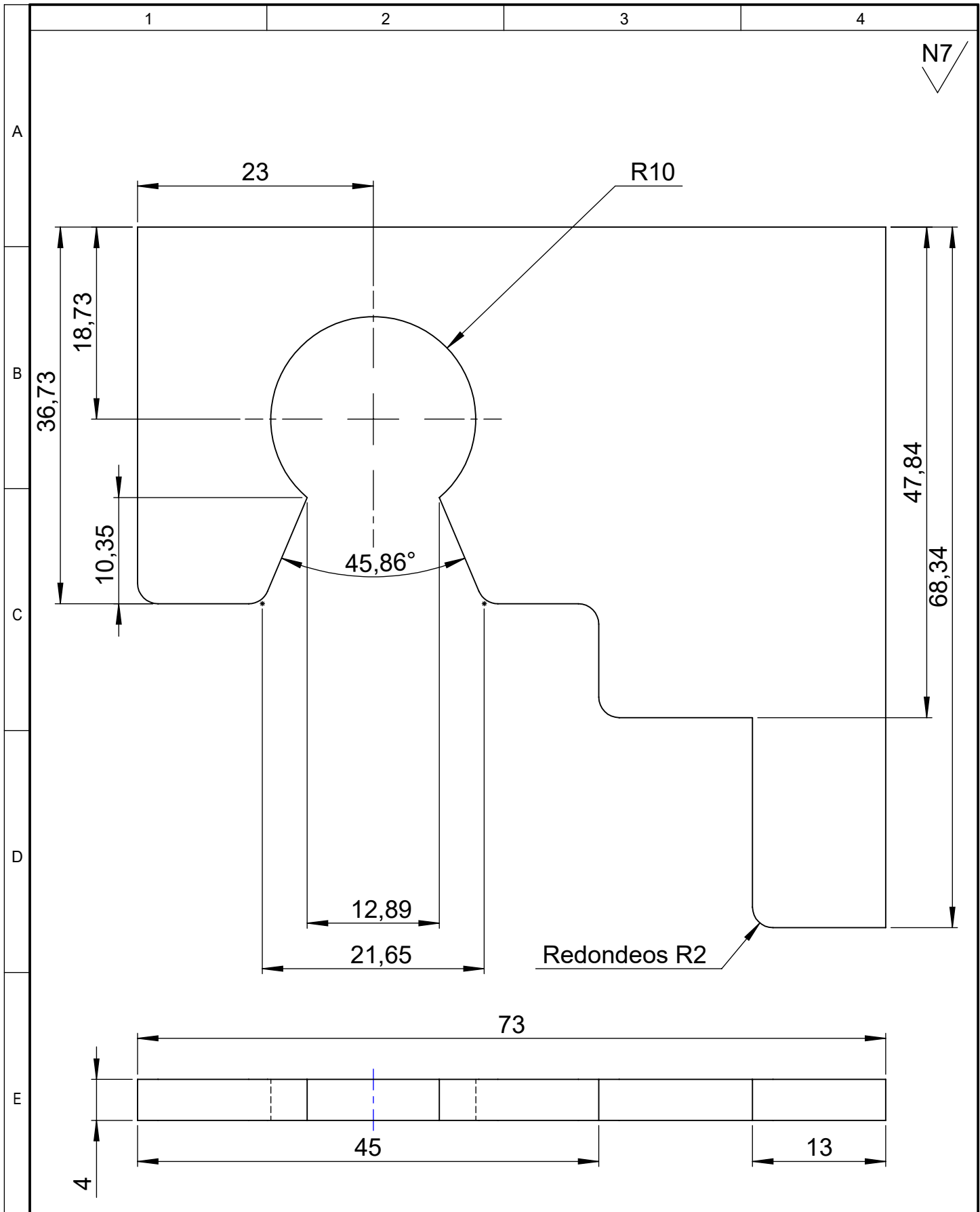
				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				±1	263.94 gr	ASTM A36 Acero	
					Fecha	Nombre	Denominación:
				Dibujó:	15/12/2022	Diego Lascano	Tapa transversal guias
				Revisó:	15/12/2022	Ing. Jorge López	
				Aprobó:	15/12/2022	Ing. Jorge López	
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		Número del dibujo:	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			25 de 29	
				Sustitución			

Escala:

1:2

Registro:





				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				±1	87.43 gr	ASTM A36 Acero	
				Dibujó:	Fecha	Nombre	Denominación:
				Revisó:	15/12/2022	Diego Lascano	Tapa lateral guías
				Aprobó:	15/12/2022	Ing. Jorge López	
				UTA			Número del dibujo:
				INGENIERÍA MECÁNICA			26 de 29
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Sustitución			Registro:

N7

A

B

C

D

E

1

2

3

4

23

R10

18,73

36,73

10,35

45,86°

12,89

21,65

Redondeos R2

47,84

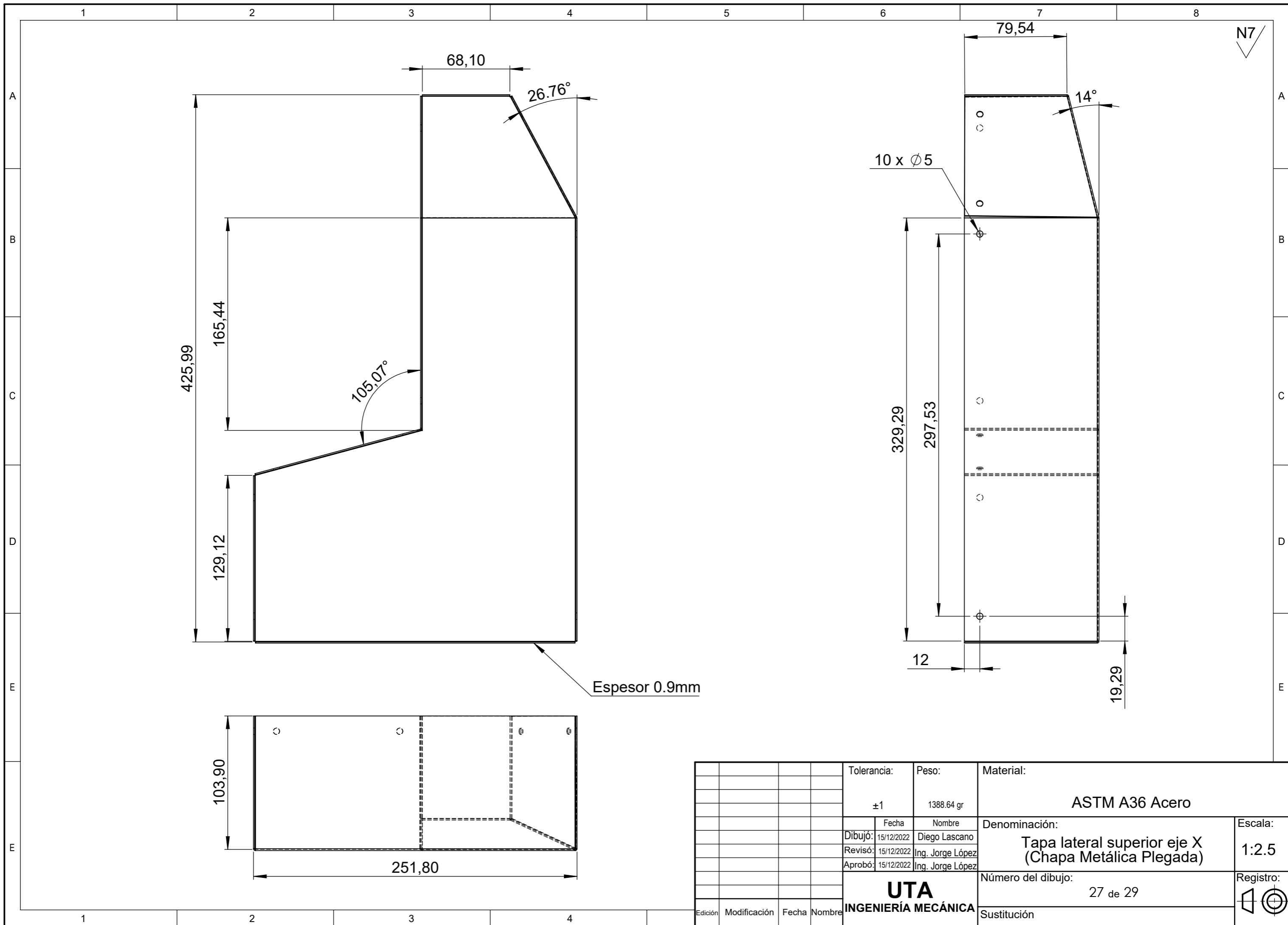
68,34

73

45

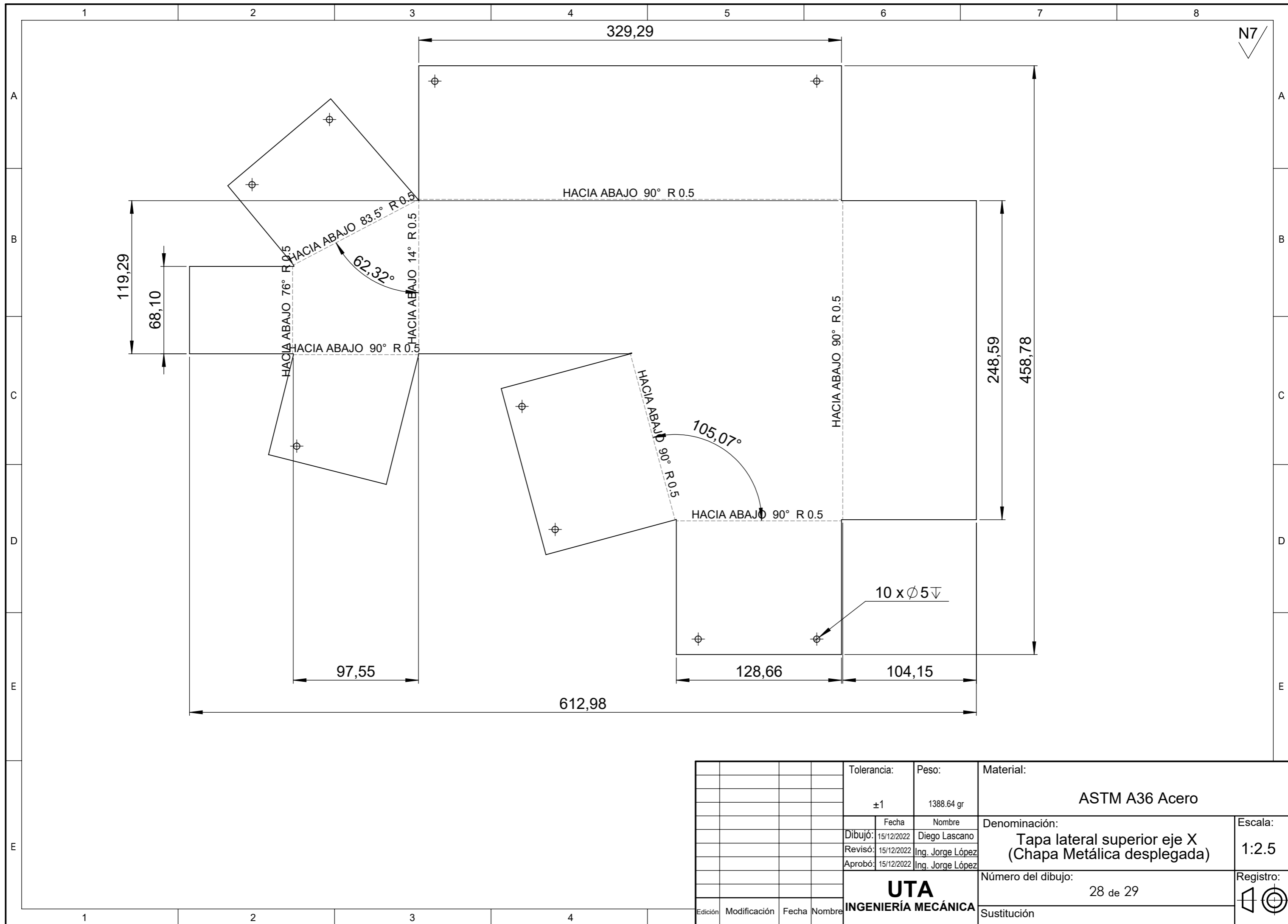
13

4

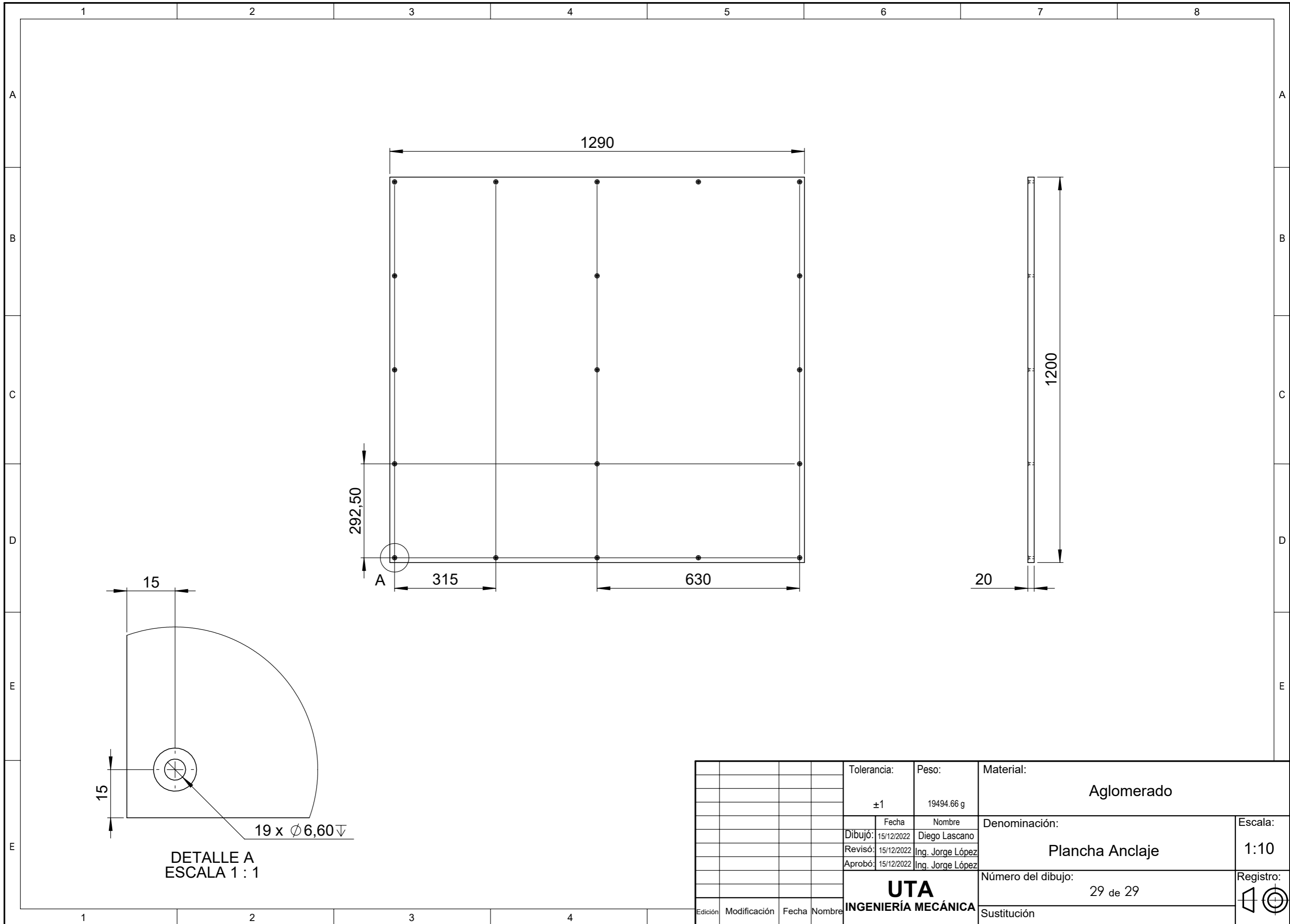


Espesor 0.9mm

				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				±1	1388.64 gr	ASTM A36 Acero	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 15/12/2022	Diego Lascano	Tapa lateral superior eje X (Chapa Metálica Plegada)	1:2.5
				Revisó: 15/12/2022	Ing. Jorge López		
				Aprobó: 15/12/2022	Ing. Jorge López		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		Número del dibujo:	Registro:
						27 de 29	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Sustitución			



				Tolerancia:	Peso:	Material:			
				±1	1388.64 gr	ASTM A36 Acero			
				Dibujó:	Fecha	Nombre	Denominación:		Escala:
				Revisó:	15/12/2022	Ing. Jorge López	Tapa lateral superior eje X (Chapa Metálica desplegada)		1:2.5
				Aprobó:	15/12/2022	Ing. Jorge López	Número del dibujo:		Registro:
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA			28 de 29		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Sustitución		



15

15

19 x \varnothing 6,60

DETALLE A
ESCALA 1 : 1

				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				± 1	19494.66 g	Aglomerado	
						Denominación:	Escala:
				Dibujó:	Fecha	Nombre	Plancha Anclaje
				Revisó:	15/12/2022	Ing. Jorge López	
				Aprobó:	15/12/2022	Ing. Jorge López	
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		Número del dibujo:	Registro:
						29 de 29	☐ ⊙
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	