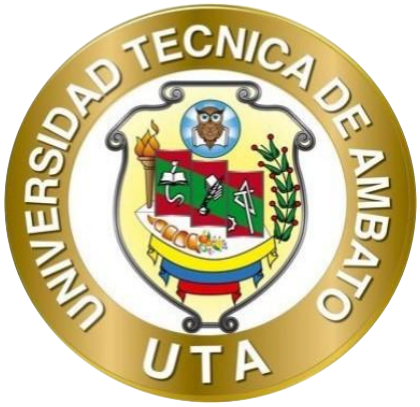


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE MECÁNICA

TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA:

"Diseño de matrices para conformado de herraje de soporte de pared utilizados en estructuras livianas."

Trabajo de titulación, modalidad proyecto técnico, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato

AUTOR: Alex Eduardo Nuñez Paredes

TUTOR: Ing. Francisco Agustín Peña Jordán, MSc.

AMBATO – ECUADOR

Junio - 2025

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **"DISEÑO DE MATRICES PARA CONFORMADO DE HERRAJE DE SOPORTE DE PARED UTILIZADOS EN ESTRUCTURAS LIVIANAS."**, elaborado por el señor Alex Eduardo Nuñez Paredes, portador de la cedula de ciudadanía: 1804404877, estudiante de la Carrera de 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, junio 2025

.....

Ing. Francisco Agustín Peña Jordán, MSc.

C.C: 1803605540

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Alex Eduardo Nuñez Paredes, con C.C.: 1804404877, declaro que todos las actividades y contenidos expuestos en el presente proyecto técnico con el tema: **"DISEÑO DE MATRICES PARA CONFORMADO DE HERRAJE DE SOPORTE DE PARED UTILIZADOS EN ESTRUCTURAS LIVIANAS.",** así como también las ideas de diseño, criterios, análisis, tablas, graficas, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, junio 2025

Alex Eduardo Nuñez Paredes

C.C.: 1804404877

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, junio 2025



Alex Eduardo Nuñez Paredes

C.C.: 1804404877

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe de Proyecto Técnico, realizado por el estudiante Alex Eduardo Nuñez Paredes, de la Carrera de Mecánica bajo el tema: "DISEÑO DE MATRICES PARA CONFORMADO DE HERRAJE DE SOPORTE DE PARED UTILIZADOS EN ESTRUCTURAS LIVIANAS.".

Ambato, junio 2025

Por constancia firma:

.....	.....
Ing. Diego Fernando Núñez Núñez MSc.	Ing. Wilson Henry Vaca Ortega, Mg.
C.C.: 1803367729	C.C.: 1803729126
MIEMBRO CALIFICADOR	MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, Carlos Núñez y Sonia Paredes, cuyo sacrificio, paciencia, amor incondicional y constante apoyo han sido fundamentales a lo largo de mi formación académica. Este logro no habría sido posible sin su fortaleza y guía.

A mis hermanas, Cristina y Nayelly, y a toda mi familia, por sus palabras de aliento, compañía y sabios consejos que me impulsaron a seguir adelante en cada etapa de este camino recorrido.

A mis abuelitos maternos +, Luz, Alfonso, aunque no compartimos mucho tiempo juntos, los llevo en mi corazón con profundo cariño. Su recuerdo y el amor que siempre sentí por ellos han sido una inspiración silenciosa en mi vida.

A mis abuelitos paternos +, Teresa y Alonso, quienes fueron parte esencial de mi vida, compartiendo conmigo entrañables momentos desde mi infancia. Gracias por guiarme con su ejemplo y enseñarme valores fundamentales como el respeto, que hoy son la base de mi formación personal y profesional.

Desde el cielo, mis abuelitos tanto maternos y paternos me bendicen y celebran conmigo esta gran alegría. Tengo la certeza de que se sienten orgullosos de lo que he alcanzado, gracias a los valores que me inculcaron y que hoy florecen en cada uno de mis logros.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Técnica de Ambato, en especial a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente y hacer realidad este importante logro en mi vida.

A mi querida familia, cuyo amor y apoyo incondicional han sido el pilar de este camino. A mis padres, Carlos Núñez y Sonia Paredes, por su sacrificio y guía constante; y a mis hermanas, Cristina y Nayelly, por su compañía y aliento en los momentos clave. Su respaldo ha sido fundamental para alcanzar esta meta, y les expreso mi más profundo agradecimiento.

Extiendo también mi gratitud a todos los docentes de la carrera de Ingeniería Mecánica, quienes, con su dedicación y conocimientos, fueron parte esencial de mi formación académica. Un especial agradecimiento al Ingeniero Francisco Peña, por su orientación y apoyo durante el desarrollo de este proyecto técnico.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA…… I
APROBACIÓN DEL TUTOR II
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN III
DERECHOS DE AUTOR IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO V
DEDICATORIA VI
AGRADECIMIENTO VII
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS VIII
ÍNDICE DE FIGURAS XII
ÍNDICE DE TABLAS XIV
RESUMEN EJECUTIVO XV
ABSTRACT XVI
CAPÍTULO I 1
1 MARCO TEÓRICO 1
1.1 Antecedentes investigativos 1
1.2 Justificación 2
1.3 Fundamentación teórica 3
1.3.1 Matrices 3
1.3.2 Matrices de conformado 3
1.3.3 Matrices de estampado 3
1.3.4 Matrices de corte 3
1.3.5 Matrices de embutición 3
1.3.6 Matrices de doblado 4
1.3.7 Formado de metales 4
1.3.8 Aluminio 4
1.3.9 Acero inoxidable 4

1.3.10 Acero galvanizado 5
1.3.11 Estructuras aligeradas (Steel Framing) 5
1.3.12 Métodos de anclaje 6
1.3.13 Herraje de soporte de pared 7
1.3.14 Norma ecuatoriana de la construcción para estructuras de acero 8
1.4 Objetivos 8
1.4.1 Objetivo general: 8
1.4.2 Objetivos específicos: 8
CAPITULO II 9
2 METODOLOGÍA 9
2.1 Materiales 9
2.1.1 Equipos y herramientas empleadas para el diseño de la matriz 9
2.1.2 Materiales para matrices 10
2.1.3 Tratamientos térmicos 12
2.1.4 Selección de materiales de la matriz 13
2.2 Métodos 14
2.2.1 Investigación Descriptiva 14
2.2.2 Investigación Aplicada 14
2.2.3 Investigación Cuantitativa 14
2.2.4 Investigación Experimental de simulación 14
2.3 Diagrama de flujo de desarrollo de proyecto 15
CAPITULO III 16
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN 16
3.1 Análisis del herraje de soporte de pared 16
3.2 Selección de tipo de matrices 18
3.2.1 Matriz de corte 18
3.2.2 Matriz de doblado 18

3.2.3 Matriz progresiva de corte y doblado 19
3.3 Partes de la matriz 20
3.3.1 Placa base superior 20
3.3.2 Placa sufridera superior 20
3.3.3 Placa porta punzones 21
3.3.4 Placa sufridera intermedia 21
3.3.5 Placa pisadora 21
3.3.6 Placa porta matrices 22
3.3.7 Placa sufridera inferior 22
3.3.8 Placa base inferior 22
3.3.9 Placas separadoras 23
3.3.10 Punzones de corte 23
3.3.11 Troqueles de corte 24
3.3.12 Punzones de corte normalizados 24
3.3.13 Punzones y postizos de doblado 25
3.3.14 Componentes estandarizados 25
3.4 Cálculos 28
3.4.1 Cálculos de la matriz 28
3.4.2 Verificación teórica de la matriz 33
3.4.3 Verificación de costos 40
3.4.4 Verificación de la inversión económica 44
4 CAPITULO IV 50
4.1 Conclusiones y Recomendaciones 50
4.1.1 Conclusiones 50
4.1.2 Recomendaciones 52
5 BIBLIOGRAFÍA 55
6 ANEXOS 58

PLANOS 63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de instalación en pared [19]. 7
Figura 2. Diagrama de instalación en cerchas de techo [19]. 8
Figura 3. Propiedades del Acero D2 [29]. 10
Figura 4. Especificaciones AISI 1045 [30]. 11
Figura 5. Propiedades del acero ASTM A36 [32]. 12
Figura 6. Herraje de soporte de pared diseño CAD. 16
Figura 7. Simulación de desdoblado del herraje. 16
Figura 8. Disposición de la pieza y diseño de punzones de corte. 17
Figura 9. Posicionamiento de los punzones de corte y perforación. 17
Figura 10. Banda con el posicionamiento de los procesos en cada estación. 17
Figura 11. Banda con los procesos continuos de corte y doblado. 18
Figura 12. Grafica de matriz de corte con sus partes. [5] 18
Figura 13. Matrices de doblado ejemplos en v y deslizante [5] 19
Figura 14. Matriz progresiva de corte y doblado. 20
Figura 15. Placa base superior 20
Figura 16. Placa sufridera superior 21
Figura 17. Placa porta punzones 21
Figura 18. Placa sufridera intermedia. 21
Figura 19. Placa pisadora. 22
Figura 20. Placa porta matrices. 22
Figura 21. Placa sufridera inferior. 22
Figura 22. Placa base inferior. 23
Figura 23. Placas separadoras. 23
Figura 24. Punzones diseñados. 24
Figura 25. Troqueles de corte. 24
Figura 26. Punzones de diversos diámetros. 25
Figura 27. Punzones y postizos de doblado. 25
Figura 28. Coluna guía. 26
Figura 29. Resorte pisador. 26
Figura 30. Columna guía porta punzón. 27
Figura 31. Punzón de posicionamiento. 27
Figura 32. Soporte punzón de posicionamiento. 27

Figura 33. Columnas elevadoras. 28
Figura 34. Elementos de sujeción. 28
Figura 35. Definición de formas de corte..... 29
Figura 36. Estaciones de doblado..... 31
Figura 37. Esquema simplificado de placas de matriz para calculo. 34
Figura 38. Tabla de calidad de superficies [33]. 37
Figura 39. Tabla de acabados superficiales [33]. 38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales de oficina. 9
Tabla 2. Propiedades acero D2 10
Tabla 3. Propiedades de AISI 1045 11
Tabla 4. Propiedades acero A36 12
Tabla 5. Definición de materiales de la matriz 13
Tabla 6. Continuación tabla 5: Definición de materiales de la matriz .....**¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 7. Tabla de fuerzas en software. 29
Tabla 8. Continuación Tabla 7, fuerzas en software. 29
Tabla 9. Fuerzas de sujeción y doblado. 32
Tabla 10. Fuerza de corte y doblado de la matriz 32
Tabla 11. Tabla de selección de prensa. 39
Tabla 12. Análisis de costos de la materia prima para la matriz. 40
Tabla 13. Costos de ingeniería y oficina. 40
Tabla 14. Costos de materia prima de Acero AISI 1045 40
Tabla 15. Costo de componentes estandarizados. 42
Tabla 16. Costo de procesos de mecanizado 42
Tabla 17. Costo de tratamientos térmicos. 42
Tabla 18. Costos de puesta en funcionamiento. 43
Tabla 19. Resumen de costo de la matriz. 43
Tabla 20. Estimación de cantidad de herrajes en una vivienda. 44
Tabla 21. Gastos fijos y variables estimados 47

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de titulación se enfoca en el diseño de matrices para conformado de herraje de soporte de pared utilizados en estructuras livianas (Steel Framing), partiendo del análisis del crecimiento de este sistema en el mercado de la construcción nacional. Con base en datos del INEC, se identificó un campo potencial de aprovechamiento equivalente al 2,9 % del total de viviendas proyectadas, lo que evidencia una oportunidad clara para el desarrollo de soluciones técnicas aplicadas a este nicho.

Para cumplir con los objetivos, se diseñó una matriz progresiva que integra de forma secuencial las operaciones de corte, perforación y doblado, distribuidas en siete estaciones de trabajo. El diseño se realizó mediante software CAD, lo que permitió simular y optimizar cada etapa del proceso productivo. Se seleccionaron aceros AISI 1045, D2 y ASTM A36 según los requerimientos de cada componente, además de definirse procesos de manufactura y tratamientos térmicos que aseguran resistencia, precisión y durabilidad en la producción del herraje.

Finalmente, se llevó a cabo un análisis económico que demuestra la viabilidad del proyecto. Los resultados evidencian una favorable relación costo-beneficio, una recuperación de inversión a corto plazo y una capacidad de producción alineada con la demanda estimada. Se concluye que la matriz diseñada es una solución técnicamente funcional y económicamente rentable para la fabricación de componentes en sistemas de construcción liviana.

PALABRAS CLAVE: DISEÑO DE MATRIZ, SIMULACIÓN DE MATRIZ, MATRIZ DE CONFORMADO, MATRIZ PROGRESIVA, CORTE, PERFORACIÓN, DOBLADO, HERRAJE, STEEL FRAMING.

ABSTRACT

This degree project focuses on the design of dies for forming wall support fittings used in lightweight structures (Steel Framing), based on an analysis of the growth of this system in the national construction market. According to data from INEC, a potential application area equivalent to 2.9% of the total projected housing was identified, which highlights a clear opportunity for the development of technical solutions targeted at this niche.

To achieve the objectives, a progressive die was designed that sequentially integrates cutting, drilling, and bending operations, distributed across seven workstations. The design was carried out using CAD software, which enabled the simulation and optimisation of each stage of the production process. AISI 1045, D2, and ASTM A36 steels were selected according to the requirements of each component, in addition to defining manufacturing processes and heat treatments to ensure strength, precision, and durability in the production of the fittings.

Finally, an economic analysis was conducted, demonstrating the feasibility of the project. The results indicate a favourable cost-benefit ratio, a short-term return on investment, and a production capacity aligned with the estimated demand. It is concluded that the designed die represents a technically viable and economically profitable solution for the manufacture of components used in lightweight construction systems.

KEYWORDS: DESIGN DIE, SIMULATION DIE, FORMING DIE, PROGRESSIVE DIE, CUTTING, DRILLING, BENDING, FITTING, STEEL FRAMING.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos

En el Ecuador, la industria de la construcción abarca una vasta parte del sector productivo y muestra una tendencia sostenida de crecimiento, impulsada por la demanda habitacional (INEC, 2021). Esta dinámica ha favorecido la adopción de sistemas metálicos livianos, cuyos beneficios principales son la rapidez de montaje y la reducción de peso estructural [1].

La estructura metálica en la construcción ha tomado protagonismo principalmente por los beneficios que conlleva este sistema constructivo, entre los cuales destaca la rapidez y eficiencia. Es de esta tendencia de mercado que se hace visible el método constructivo de estructuras metálicas livianas o Steel Framing, que ha sido mencionado en la NEC11, si bien no existe una normativa exclusiva, en este documento se establecen directrices para este tipo de estructuras [2]. En base a estas referencias se han realizado estudios de los beneficios que brinda este sistema de construcción, como la evaluación de confort térmico realizado en la facultad de arquitectura de la Universidad de Cuenca [3].

Las estructuras metálicas livianas se componen de materiales prefabricados, como perfiles, tornillería, herrajes entre otros elementos. La gran mayoría de estos elementos se fabrican partiendo de láminas metálicas que se modifican o dan forma del elemento requerido, por medio del proceso de conformado en frio, por ser un método de fabricación eficiente, con alto grado de precisión dimensional, esenciales para la cumplir los estándares de esta industria cumpliendo normativas como la AISI S100-16. Simultáneamente los herrajes complementarios que son fundamentales para las conexiones y refuerzo estructural son producidos mediante técnicas similares como la matricería, que involucra procesos como el estampado, corte, perforación y doblado, que permiten obtener piezas de geometría compleja con tolerancias ajustadas [4].

Considerando estos antecedentes se ve la factibilidad de realizar el estudio y diseño de matrices para conformado de herraje de soporte de pared utilizados en estructuras livianas, mediante el uso de software de diseño asistido por computador (CAD),

permitiendo detallar cada proceso que intervine en la fabricación de la pieza; además que permite realizar un análisis de costo de construcción y verificación de la inversión económica.

1.2 Justificación

Los métodos de construcción a lo largo de la historia se han ido actualizando a la par con los avances tecnológicos y la investigación de nuevos materiales [5]. Es de esta manera que en la actualidad la construcción tradicional de muros, de mampostería ya sea de bloques o ladrillos a migrado a la construcción aligerada con estructuras metálicas livianas [6]. Es este el motivo por el cual siguiendo la tendencia mundial de las nuevas técnicas de construcción que en Ecuador se ha adoptado la implementación de este sistema constructivo, debido a los beneficios que esta técnica ofrece tanto en tiempo de construcción, reducción de desperdicios en la obra y sobre todo la reducción de peso en las estructuras que por otra parte este beneficio también es favorable en cuanto a lugares con alta probabilidad sísmica [7].

En el Ecuador la construcción de viviendas según el último reporte del instituto nacional de estadísticas y censos INEC presentado en el boletín técnico número 2-2025 de estadísticas de edificaciones ESED en el cual se expresan los resultados estadísticos correspondientes al período 2024, manifiesta que el mercado inmobiliario tendría un comportamiento estimado de 32253 de edificaciones que comparado con el año anterior se ha incrementado en un 4.4 %. En cuanto al número de viviendas proyectadas fue de 41230 unidades habitacionales que corresponden al 86% a construcciones nuevas, que en gran medida tienen una finalidad residencial [8], [9].

El sector de la construcción en el Ecuador en las últimas décadas se ha visto una evolución a raíz del desarrollo económico. Los métodos constructivos tradicionales se han visto reemplazados por sistemas relativamente nuevos como es el caso del sistema de acero estructural dando paso a un mercado nuevo en el sector productivo [10].

Partiendo de las necesidades de este nuevo mercado en el país se ha observado la factibilidad de la implementación de herrajes para estructuras metálicas aligeradas. Es así como en este trabajo de titulación se ha optado por diseñar las matrices para conformado de herraje de soporte de pared utilizado en estructuras livianas, con software de diseño asistido por computador incluyendo un análisis económico.

1.3 Fundamentación teórica

1.3.1 Matrices

Son herramientas de vasta importancia en el ámbito de la industria de la fabricación, puesto que son fundamentales en la producción de piezas a gran escala o en serie [11].

Las matrices sirven para dar forma, contorno y detalles específicos a materiales como plásticos, cerámicos o metales, esto mediante los procesos de inyección, termo conformado, embutición, conformado o estampado. Estos elementos producidos en masa son generalmente usados en la fabricación de automóviles, maquinaria, dispositivos electrónicos, estructuras de construcción, entre otros [11].

1.3.2 Matrices de conformado

Las matrices de conformado son herramientas que permiten la fabricación de piezas para la industria, mediante el proceso de deformación plástica característica en los metales. Proceso que por lo general se realiza mediante la aplicación de fuerza sobre la preforma de la cual se requiere obtener la forma final. Para conseguir este resultado es necesario contar con el dado de conformación y la matriz o contra dado. La fuerza se aplica a la matriz mediante una prensa [12]. Existen varios tipos de matrices de conformado como estampado, embutición o de doblado.

1.3.3 Matrices de estampado

Este es un proceso mediante el cual se forma a las chapas metálicas mediante la aplicación de presión, de este procedimiento se obtiene productos de lámina metálica denominados troquelados o estampados [13].

1.3.4 Matrices de corte

Por medio de este proceso se realizan operaciones de cizallado, punzonado y perforado, mediante la acción de cizalla entre dos bordes afilados de corte, este tipo de matriz se componen principalmente de un punzón de corte que es la parte móvil y un troquel que es la parte estacionaria [4].

1.3.5 Matrices de embutición

Mediante el proceso de embutición se llegan a fabricar piezas con formas profundas y complejas partiendo de chapas metálicas con una preforma establecida, por lo general

el campo de aplicación de este tipo de procesos están muy difundidas en la industria automotriz y de electrodomésticos [11].

1.3.6 Matrices de doblado

Las matrices de doblado son utilizadas para el proceso de doblado de chapas metálicas en ángulos específicos, este tipo de procedimiento es ampliamente utilizado en la fabricación de piezas estructurales y componentes de maquinaria [14].

1.3.7 Formado de metales

Es el proceso mediante el cual se da forma a la chapa metálica sin necesidad de añadir o quitar material, entre las técnicas para aplicar este procedimiento se aplica la extrusión, el estampado y el doblado, entre los materiales que más uso tienen en este tipo de fabricación se pueden ser de aluminio, acero y latón [15].

Este procedimiento se lleva a cabo mediante el aprovechamiento del comportamiento plástico de los metales y es necesario superar el límite de fluencia del material esto para que su deformación sea permanente [12].

1.3.8 Aluminio

Es un material que tiene una relación de resistencia peso excelente, una alta conductividad eléctrica y térmica además que cuenta con una excelente protección contra la corrosión. Debido a estas características es un material idóneo para los procesos de conformado como, la extrusión tanto en frio como en caliente [15].

1.3.9 Acero inoxidable

El acero inoxidable por su soldabilidad, mecanizado y facilidad de pulido es bastamente utilizado en los procesos de estampado, al igual que el acero dulce, o de bajo contenido de carbono, se emplea en la fabricación de piezas de maquinaria, plantillas y accesorios [15].

En el conformado de chapa metálica se tiene datos que en 2018 el acero alcanzó una cuota del 91.7% del mercado esto en el ámbito de los sectores de la automoción, construcción e industrias pesadas como el caso de la industria petrolera y del gas, en la industria alimenticia y la química. La chapa metálica tiene gran acogida sobre todo en la industria alimentaria ya que se utiliza para la fabricación de utensilios de cocina como fregaderos, parrillas, cocinas y ollas [15].

1.3.10 Acero galvanizado

El acero galvanizado es un tipo de acero con un recubrimiento de una capa de zinc que sirve para protección ante la corrosión. Este tipo de protección se lo obtiene mediante diversos procesos, entre los más comunes esta la inmersión en caliente y el electro galvanización [16].

Entre las aplicaciones del acero galvanizado se encuentran los siguientes:

Construcción: Estructuras metálicas, techos y revestimientos.

Automotriz: componentes de carrocerías y chasis.

Electrodomésticos: Línea blanca.

Infraestructura: Puentes, postes de iluminación y cercas [16].

1.3.11 Estructuras aligeradas (Steel Framing)

Este es un método constructivo que es limpio y amigable con el medio ambiento con respecto a los métodos tradicionales. En este tipo de sistema constructivo se emplean los perfiles de acero galvanizado de bajo espesor, fabricado por conformado en frio, para crear estructuras resistentes y ligeras, entre la principal ventaja de este tipo de construcciones se consideran la eficiencia, rapidez de montaje y sostenibilidad [17].

Las estructuras livianas son principalmente utilizadas para formar la armazón estructural de edificios y otras construcciones. Los perfiles de este tipo construcción se ensambla mediante tornillería y otros métodos de anclaje que brindan una resistencia estructural robusta y ligera [18].

En Ecuador las estructuras aligeradas están siendo principalmente utilizadas en la construcción de paredes que reemplazan la mampostería tradicional en casa de hasta dos pisos [2].

Normas técnicas ecuatorianas

Para garantizar la calidad y seguridad en las construcciones metálicas, la NEC-SE-MET es la norma técnica obligatoria en Ecuador. Además, en proyectos que utilizan estructuras livianas (Steel Framing), se recomienda complementar con la consulta de la NEC-SE-VIV (Norma Ecuatoriana de Construcción para Vivienda) y la NEC-SE-CF (Conformado en frío). Estas normativas aseguran que las edificaciones cumplan

con estándares específicos de diseño, resistencia y habitabilidad, adaptados a las condiciones locales [19].

Componentes de las estructuras ligeras

Perfiles C: Este tipo de perfiles son utilizados como montantes verticales en las paredes. Tienen alta resistencia y rígides para soportar cargas verticales [20].

Perfiles U: Este tipo de perfiles son utilizados como vigas o dinteles tanto en puertas como en ventanas, brindando soporte estructural adicional [20].

Perfiles Omega (Z): Este tipo de perfiles son usados para reforzar las esquinas y juntas de pared otorgando mayor rigidez y estabilidad a la estructura [20].

Perfiles de borde: Este tipo de perfil es usado para dar forma al perímetro externo de las paredes brindando rigidez y estabilidad [20].

1.3.12 Métodos de anclaje

Los métodos, técnicas o dispositivos de anclaje son utilizados en la ingeniería y la construcción para fijar las estructuras o elementos estructurales de una forma que brinde seguridad y estabilidad, además de brindar la adecuada resistencia ante cargas internas y externas [21]. Existen varios tipos de métodos de anclaje entre los cuales se tiene:

Anclajes Mecánicos

Anclajes de expansión: Este tipo de anclaje se caracteriza por que se expande dentro del agujero para asegurar su fijación.

Anclajes de cuña: En este tipo de anclaje utiliza una cuña que se expande al ajustar el tornillo [22].

Anclajes químicos

Anclajes de resina epoxi: Es un tipo de anclaje el cual es una resina que se inyecta en la perforación antes de colocar el anclaje.

Anclajes de poliéster: Este tipo de anclaje es una mezcla de resina y endurecedor para la fijación [23].

Anclajes de hormigón

Anclajes de perno: Se inserta en el hormigón fresco y queda fijado una vez fraguado entonces se endurece este tipo de fijación.

Anclajes de tornillo: Son tornillos que se anclan directamente al hormigón [24].

Soportes para estructuras

Los soportes para estructuras en el sistema de construcción de estructura aligerada (Steel Framing) son componentes esenciales puesto que otorgan estabilidad y resistencia a las estructuras [25].

1.3.13 Herraje de soporte de pared

Este tipo de herrajes son utilizadas para brindar un soporte estructural, brindando resistencia y estabilidad a la estructura, se fijan mediante pernos o tornillos esta pieza se utiliza en paredes y techo, como se puede observar en la imagen 1 el diagrama de instalación en pared y en la imagen 2 se puede apreciar en el literal 8 en esquema de instalación en estructura de techo en una vivienda [26].

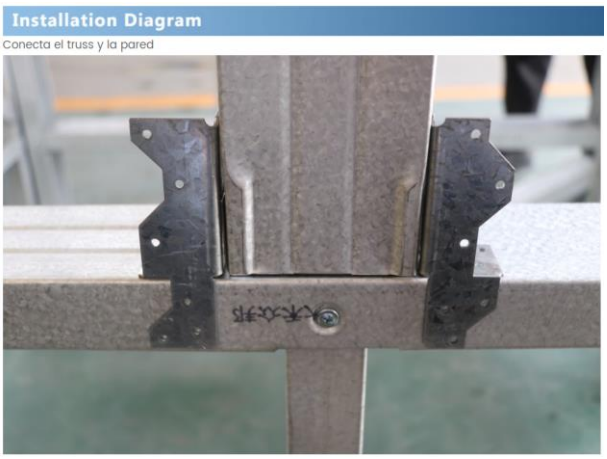


Figura 1. Diagrama de instalación en pared [19].



Figura 2. Diagrama de instalación en cerchas de techo [19].

1.3.14 Norma ecuatoriana de la construcción para estructuras de acero

La norma ecuatoriana de la construcción (NEC) establece lineamientos y requerimientos técnicos para el diseño y la construcción de las estructuras de acero en el Ecuador. La finalidad de esta normativa es garantizar la seguridad, integridad y durabilidad de las edificaciones y sobre todo en correcto cumplimiento para asegurar la resistencia puesto que el país es una región con alta actividad sísmica [19].

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general:

Diseñar las matrices para conformado de herraje de soporte de pared utilizado en estructuras livianas.

1.4.2 Objetivos específicos:

- Estudiar los procesos que intervienen en el conformado del herraje.
- Diseñar y simular la matriz o matrices para el conformado del herraje.
- Analizar el costo de construcción y verificar la inversión económica de las matrices.

CAPITULO II

METODOLOGÍA

2.1 Materiales

2.1.1 Equipos y herramientas empleadas para el diseño de la matriz

Para el diseño y simulación de la matriz progresiva de corte y doblado se ha utilizado los siguientes materiales listados en la siguiente tabla 1.

Tabla 1. Materiales de oficina.

Denominación	Descripción	Imagen
Computador	Equipo electrónico que permite la utilización de diversos programas entre esos los programas de diseño y simulación CAD.	
Calculadora	Equipo electrónico que permite la realización de cálculos de operaciones matemáticas.	
Calibrador	Herramienta de medición de exactitud que permite obtener dimensiones de piezas.	
Software CAD	Programa de diseño asistido por computador, esencial para el modelado 3D y la simulación de los componentes de la matriz.	

2.1.2 Materiales para matrices

2.1.2.1 ACERO DIN 1.2379

Es también conocido como AISI D2 al ser un acero de alta aleación brinda excelente resistencia al desgaste y estabilidad dimensional después de los tratamientos térmicos, siendo ideal para su utilización en matrices y punzones que soportan alta presión al igual que en la placa sufridera se utiliza este material DIN 1.2379, que cuenta con las siguientes características mostradas en la siguiente figura 3 [27].

Propiedades físicas	Métrico	Inglés	Comentarios
Densidad	7,70 g/cc	0,278 libras/pulgada³	

Propiedades mecánicas	Métrico	Inglés	Comentarios
Dureza, Knoop	682	682	Convertido de dureza Rockwell C.
Dureza Rockwell C	58	58	
Dureza, Vickers	661	661	
Izod Impact sin muescas	63,0 J	46,5 libras-pie	

Propiedades térmicas	Métrico	Inglés	Comentarios
CTE, lineal	10,5 µm/m-°C a temperatura de 20,0 a 100 °C	5,83 µin/in-°F a temperatura de 68,0 a 212 °F	
	11,8 µm/m-°C a temperatura de 0,000 a 300 °C	6,56 µin/in-°F a temperatura de 32,0 a 572 °F	
	12,5 µm/m-°C a temperatura de 0,000 a 500 °C	6,94 µin/in-°F a temperatura de 32,0 a 932 °F	

Propiedades de procesamiento	Métrico	Inglés	Comentarios
Temperatura de procesamiento	205 - 540 °C	401-1000 ° F	Temperatura de revenido
	980 - 1025 °C	1800-1877 ° F	Temperatura de endurecimiento
Temperatura de recocido	870 - 900 °C	1600 - 1650 °F	

Propiedades de los elementos componentes	Métrico	Inglés	Comentarios
Carbono, C	1,4 - 1,6 %	1,4 - 1,6 %	
Cromo, Cr	11 - 13 %	11 - 13 %	
Cobalto, Co	<= 1,0 %	<= 1,0 %	
Hierro, Fe	80,8 - 86,9 %	80,8 - 86,9 %	Como equilibrio
Manganeso, Mn	<= 0,60 %	<= 0,60 %	
Molibdeno, Mo	0,70 - 1,2 %	0,70 - 1,2 %	
Fósforo, P	<= 0,030 %	<= 0,030 %	
Silicio, Si	<= 0,60 %	<= 0,60 %	
Azufre, S	<= 0,030 %	<= 0,030 %	
Vanadio, V	<= 1,1 %	<= 1,1 %	

Figura 3. Propiedades del Acero D2 [27].

Para la simulación en el software CAD se utiliza las principales propiedades descritas a continuación en la tabla 2 del acero AISI D2 que se rige a la norma ASTM

A681:

Tabla 2. Propiedades acero D2

Acero AISI D2	
Densidad	7700 kg/m^3
Módulo de elasticidad	210000 MPa
Radio de Poisson	0.27

2.1.2.2 ACERO DIN F-114

Sus equivalentes son UNE F-1140, AISI 1045, Este tipo de acero cuenta con una buena resistencia al desgaste y la capacidad de mantener su dureza a altas temperaturas es comúnmente usado en matrices sus características se muestran a continuación en la imagen [28].

Propiedades físicas	Métrico	Inglés	Comentarios
Densidad	7,85 g/cc	0,284 lb/pulgada³	

Propiedades mecánicas	Métrico	Inglés	Comentarios
Dureza, Brinell	500	500	
Resistencia a la tracción, máxima	1825 MPa	264700 psi	
Resistencia a la tracción, límite elástico	1259 MPa	182600 psi	
Reducción de área	51 %	51 %	
Módulo de elasticidad	206 GPa	29900 ksi	
Módulo volumétrico	163 GPa	23600 ksi	Estimado a partir del módulo elástico
Coeficiente de Poisson	0,29	0,29	Típico del acero
Módulo de corte	80.0 GPa	11600 ksi	Estimado a partir del módulo elástico

Propiedades eléctricas	Métrico	Inglés	Comentarios
Resistividad eléctrica	0,0000162 ohm-cm a temperatura 0,000 °C	0,0000162 ohmios-cm a temperatura de 32,0 °F	muestra recocida
	0,0000223 ohmios-cm a temperatura de 100 °C	0,0000223 ohmios-cm a temperatura de 212 °F	muestra recocida

Propiedades térmicas	Métrico	Inglés	Comentarios
CTE, lineal	11,5 µm/m-°C a temperatura de 0,000 a 100 °C	6,39 µin/in-°F a temperatura de 32,0 a 212 °F	
	13,0 µm/m-°C a temperatura de 0,000 a 300 °C	7,22 µin/in-°F a temperatura de 32,0 a 572 °F	
	14,0 µm/m-°C a temperatura de 0,000 a 500 °C	7,78 µin/in-°F a temperatura de 32,0 a 932 °F	
Capacidad calorífica específica	0,486 J/g-°C a temperatura >=100 °C	0,116 BTU/lb-°F a temperatura >=212 °F	recocido
Conductividad térmica	49,8 W/mK	346 BTU-pulgada/hora-pie²-°F	Acero

Figura 4. Especificaciones AISI 1045 [28].

Para la simulación en el software CAD se utiliza las principales propiedades descritas a continuación en la tabla 3 del acero AISIS 1045 fabricado bajo norma ASTM A830:

Tabla 3. Propiedades de AISI 1045

Acero AISI 1045	
Densidad	7850 kg/m^3
Módulo de elasticidad	205000 MPa
Radio de Poisson	0.29

2.1.2.3 Acero ASTM A36

El acero ASTM A36 es un acero al carbono estructural de uso general, fabricado bajo normativa ASTM A36/A36M, que destaca por su buena soldabilidad, conformabilidad y resistencia mecánica. Es ampliamente utilizado en estructuras metálicas, maquinaria y componentes sometidos a esfuerzos moderados. Su bajo costo y facilidad de mecanizado lo convierten en una opción versátil para aplicaciones industriales sus especificaciones en la fig. 5 [29].

Propiedades físicas	Métrico	Inglés	Comentarios
Densidad	7,80 g/cc	0,282 lb/pulgada³	Típico del acero ASTM
Propiedades mecánicas	**Métrico**	**Inglés**	**Comentarios**
Resistencia a la tracción, máxima	400 - 550 MPa	58000 - 79800 psi	
Resistencia a la tracción, límite elástico	250 MPa	36300 psi	
Alargamiento de rotura	20 %	20 %	en 200 milímetros
	23 %	23 %	En 50 mm.
Módulo de elasticidad	200 GPa	29000 ksi	
Módulo volumétrico	160 GPa	23200 ksi	Típico del acero
Coeficiente de Poisson	0,26	0,26	
Módulo de corte	79,3 GPa	11500 ksi	
Propiedades de los elementos componentes	**Métrico**	**Inglés**	**Comentarios**
Carbono, C	0,25 - 0,29 %	0,25 - 0,29 %	
Cobre, Cu	0,20 %	0,20 %	
Hierro, Fe	98 %	98 %	
Manganeso, Mn	1,03 %	1,03 %	
Fósforo, P	<= 0,040 %	<= 0,040 %	
Silicio, Si	0,28 %	0,28 %	
Azufre, S	<= 0,050 %	<= 0,050 %	

Figura 5. Propiedades del acero ASTM A36 [30].

Para la simulación en el software CAD se utiliza las principales propiedades descritas a continuación en la tabla 4:

Tabla 4. Propiedades acero A36

Acero ASTM A 36	
Densidad	7850 kg/m^3
Módulo de elasticidad	200000 MPa
Radio de Poisson	0.26

2.1.3 Tratamientos térmicos

Los tratamientos térmicos son procesos de calentamiento y enfriamiento controlados aplicados a metales, principalmente al acero, con el objetivo de modificar y mejorar sus propiedades mecánicas, tales como dureza, tenacidad, resistencia al desgaste y ductilidad. Estos tratamientos son fundamentales en la fabricación de matrices y herramientas, ya que permiten que las piezas soporten las exigencias del trabajo industrial [31].

Principales tipos de tratamientos térmicos:

Temple

Consiste en calentar el acero a temperaturas entre 900 °C y 950 °C, a continuación, enfriarlo rápidamente en aceite o agua. Este proceso incrementa la dureza y la resistencia del material, aunque puede hacerlo más frágil [32].

Revenido

Es un tratamiento complementario al temple que implica calentar el acero templado a temperaturas inferiores a la crítica por lo general debajo de 300 °C y luego enfriarlo nuevamente. El revenido reduce la fragilidad generada en el proceso de temple y aumenta la tenacidad, logrando un equilibrio entre dureza y resistencia al impacto [32].

2.1.4 Selección de materiales de la matriz

Acorde a las características y resistencia de cada uno de los materiales investigados en el anterior apartado, se procede a la selección de acero que conformará cada uno de los componentes de la matriz que se identifica en la siguiente tabla 5.

Tabla 5. Definición de materiales de la matriz

Denominación	Material	Norma	Propiedades mecánicas	Tratamiento térmico
Placa base superior Placa base inferior Placa porta punzones Placa porta matrices	Acero AISI 1045	ASTM A830	$\sigma_y = 530\ MPa$; $E = 205000\ MPa$	Temple + revenido
Placa pisadora Troqueles Punzones	Acero AISI D2	ASTM A681	$\sigma_y = 1900\ MPa$; HRC 60 - 62	Temple + revenido Temple + doble / triple revenido
Placa sufridera superior Placa sufridera intermedia Placa sufridera inferior Placas separadoras	Acero ASTM A 36	ASTM A36/A36M	$\sigma_y = 250\ MPa$; $E = 200000\ MPa$	Temple + revenido

Componentes normalizados	Acero SKD 11	JIS G4404	$\sigma_y = 1900\ MPa$; HRC 60 – 62; $E = 210000\ MPa$	Temple + revenido
Componentes normalizados	Acero SKH 51	JIS G4403	$\sigma_y = 3250\ MPa$; HRC 63 – 66 $E = 210000\ MPa$	Temple + doble / triple revenido

2.2 Métodos

2.2.1 Investigación Descriptiva

Se utiliza para recolectar y presentar información técnica sobre los tipos de matrices, los procesos de conformado, los materiales involucrados y el funcionamiento del herraje. Se basa en fuentes bibliográficas, normas técnicas y antecedentes similares.

2.2.2 Investigación Aplicada

Busca aplicar los conocimientos obtenidos en el diseño y simulación de matrices en el software CAD, con una finalidad práctica y técnica específica, con el fin de optimizar el proceso de fabricación del herraje.

2.2.3 Investigación Cuantitativa

Permite analizar numéricamente variables como esfuerzos, tolerancias, propiedades mecánicas de los materiales, y costos de fabricación mediante simulaciones y cálculos.

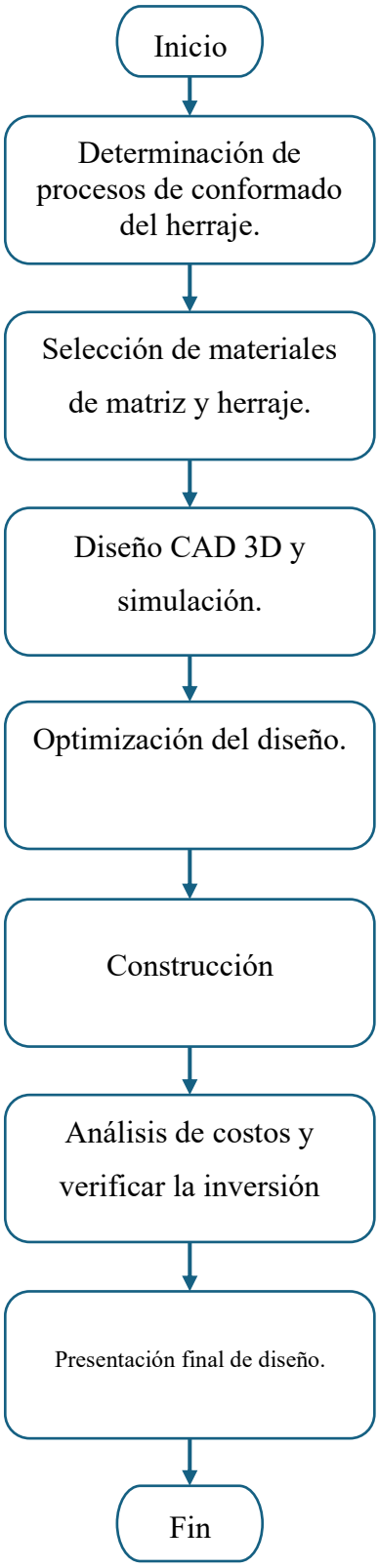
El calibrador pie de rey utilizado para dimensionar el herraje de soporte de pared tiene una sensibilidad de 0.05 mm

La tolerancia general de diseño y planos es de a = 0.05 salvo elementos específicos que se resalta en los planos.

2.2.4 Investigación Experimental de simulación

Se aplica al validar el diseño mediante el uso de software de simulación CAD. Esta parte busca verificar el funcionamiento, resistencia y precisión de la matriz antes de su fabricación.

2.3 Diagrama de flujo de desarrollo de proyecto



CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis del herraje de soporte de pared

Se realizó el diseño CAD del herraje como se muestra en la figura 6 con el fin de analizar cada uno de los procesos que se requieren para obtener el herraje de soporte de pared, partiendo de un fleje o chapa metálica que, según la investigación, es de acero ASTM A36 y que se sometió a un proceso posterior de galvanizado.

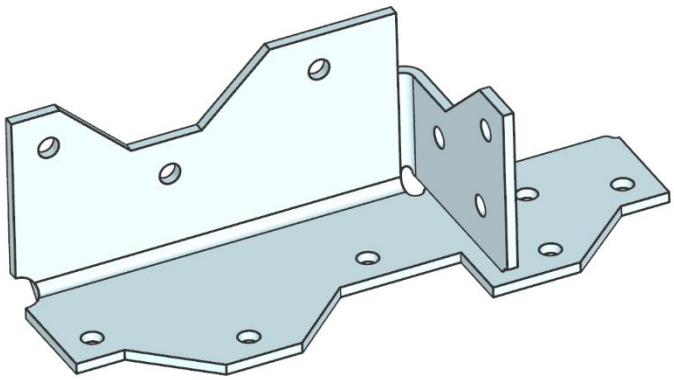


Figura 6. Herraje de soporte de pared diseño CAD.

Se realizó la simulación de la pieza en forma plana, aplicando el proceso de desdoblado de chapa metálica en la aplicación CAD, como se observa en la figura 7.

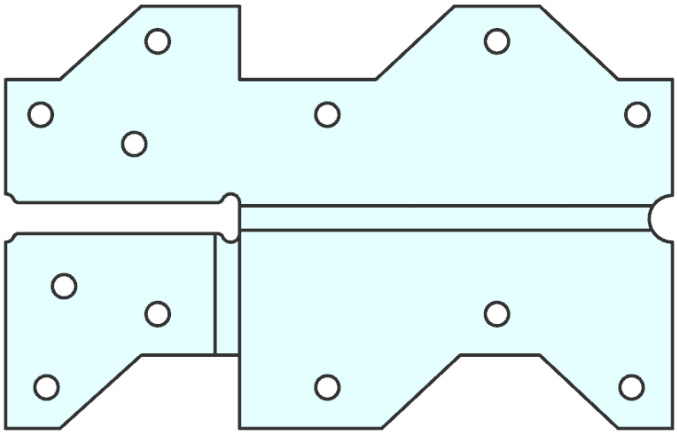


Figura 7. Simulación de desdoblado del herraje.

En la figura 8 se observa la disposición de la pieza desplegada en la banda o fleje metálico, así como el diseño de los punzones de corte necesarios para la creación de la preforma del herraje de soporte de pared.

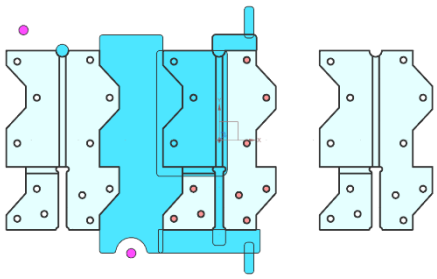


Figura 8. Disposición de la pieza y diseño de punzones de corte.

En la figura 9 se observa la disposición de los punzones de corte en cada una de las estaciones detalladas; de la estación 1 a la 4 se realizan los cortes de la preforma y las perforaciones, mientras que en la estación 7 se ubican los punzones de corte final de la pieza y de la banda.

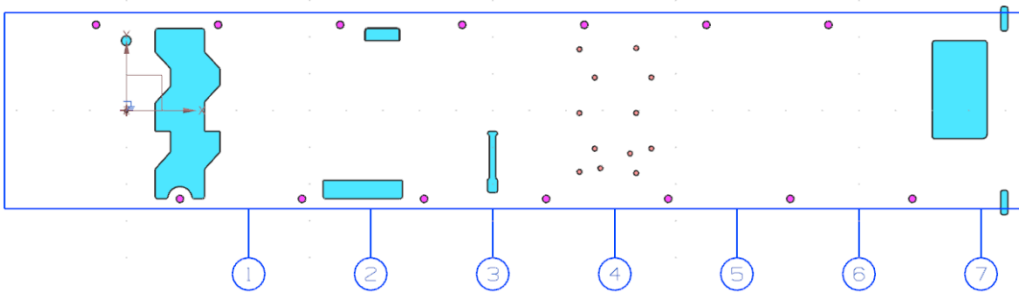


Figura 9. Posicionamiento de los punzones de corte y perforación.

En la figura 10 se observa la disposición de los procesos de doblado. En la estación 5 se encuentra el punzón encargado del doblado de la parte más larga, mientras que en la estación 6 se localiza el punzón destinado al doblado de la parte corta.

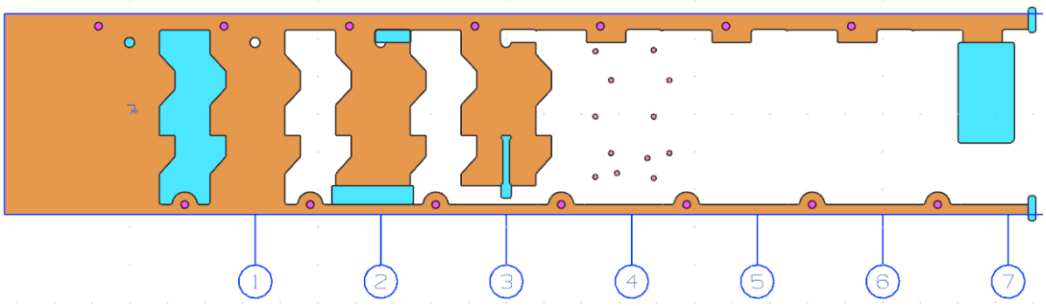


Figura 10. Banda con el posicionamiento de los procesos en cada estación.

En la figura 11 se observa la banda o fleje con cada uno de los procesos de corte y doblado

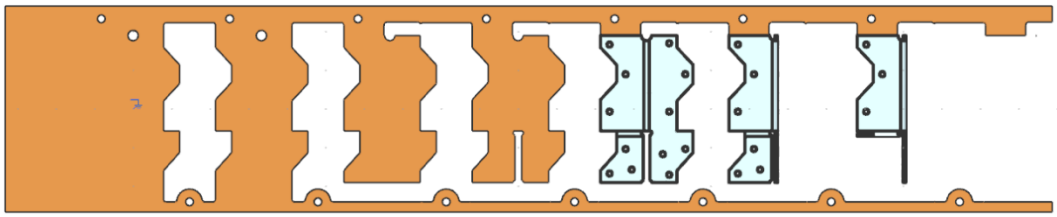


Figura 11. Banda con los procesos continuos de corte y doblado.

3.2 Selección de tipo de matrices

3.2.1 Matriz de corte

Una matriz de corte es un dispositivo utilizado en procesos de manufactura para extraer o recortar, porciones o figuras determinadas de una lámina metálica mediante la aplicación de esfuerzos cortantes. Está compuesta principalmente por un punzón y una matriz (o cavidad) que trabajan en conjunto para realizar el corte preciso de la pieza requerida (fig. 12) [4].

Este tipo de matrices permiten realizar operaciones como: troquelado, escariado, ranurado o perforación, con alta precisión. Son esenciales en los procesos de producción en serie, especialmente en la fabricación de herrajes, componentes estructurales y piezas metálicas estampadas [4].

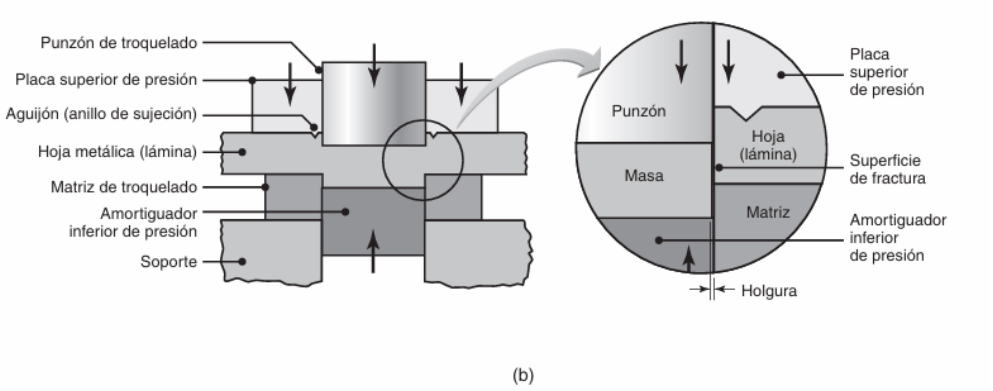


FIGURA 16.5 *(a)* Comparación de orillas cizalladas producidas mediante técnicas de troquelado convencional (izquierda) y fino (derecha). *(b)* Esquema de una configuración para troquelado fino. *Fuente:* Cortesía de Feintool U. S. Operations.

Figura 12. Grafica de matriz de corte con sus partes. [5]

3.2.2 Matriz de doblado

La matriz de doblado es una herramienta utilizada en procesos de deformación plástica para dar forma a láminas metálicas sin eliminar material. Su función es generar un

ángulo o curvatura en la pieza, comúnmente de 90°, mediante la acción combinada de un punzón que aplica la fuerza y una matriz inferior que soporta y guía el doblado. Este tipo de operación es esencial en la fabricación de componentes como herrajes, soportes y perfiles metálicos [4].

El proceso de doblado se basa en inducir una deformación controlada en una zona localizada del material, manteniendo su espesor constante. El diseño de la matriz y punzón depende del ángulo, radio de curvatura, espesor y tipo de material [4].

Según Kalpakjian y Schmid, el doblado implica "deformar una lámina metálica alrededor de un eje, sin variación significativa del espesor ejemplo de matrices de doblado se aprecia en la figura 13" [4].

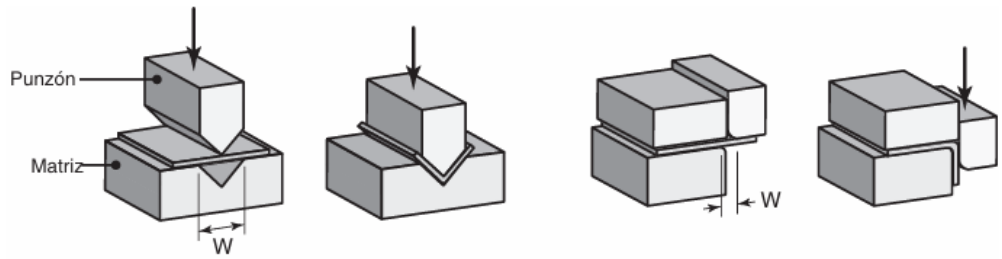


FIGURA 16.21 Operaciones comunes de doblado con matrices donde se muestra la dimensión de abertura de la matriz (*W*) utilizada para calcular las fuerzas de doblado.

Figura 13. Matrices de doblado ejemplos en v y deslizante [5]

3.2.3 Matriz progresiva de corte y doblado

La matriz progresiva de corte y doblado es una herramienta utilizada en procesos de manufactura en serie que combina varias operaciones, como punzonado, corte y doblado, todos estos procesos en secuencia de pasos dentro de una misma matriz. En cada golpe de la prensa, el material avanza de estación en estación, de esta manera cada golpe genera una operación parcial hasta obtener la forma final requerida [4].

Las matrices progresivas permiten alta precisión, velocidad de producción, y menor intervención de operadores, estas características son ideales para la fabricación de piezas complejas como herrajes, partes automotrices entre otras [4].

Se ha determinado implementar una matriz progresiva de corte y doblado, tal como se muestra en la ilustración 14, con el fin de optimizar el proceso productivo del herraje de soporte de pared.

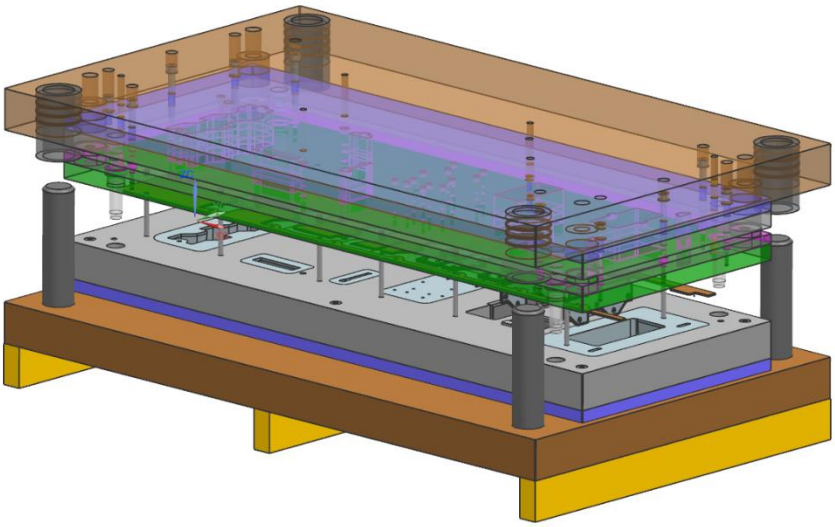


Figura 14. Matriz progresiva de corte y doblado.

3.3 Partes de la matriz

3.3.1 Placa base superior

Actúa como el soporte fundamental de la parte móvil de la matriz, a este elemento se sujetan las demás placas y componentes de la parte móvil, además es la encargada de distribuir las fuerzas generadas por la prensa sobre los demás elementos para la asegurar la uniformidad y estabilidad del conjunto (fig. 15).

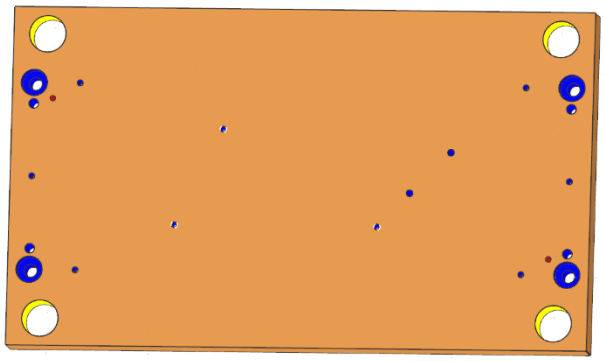


Figura 15. Placa base superior

3.3.2 Placa sufridera superior

Funciona como elemento de protección y soporte, absorbiendo las cargas y tensiones que se generan en la zona superior, lo que contribuye a la durabilidad del conjunto (fig. 16).

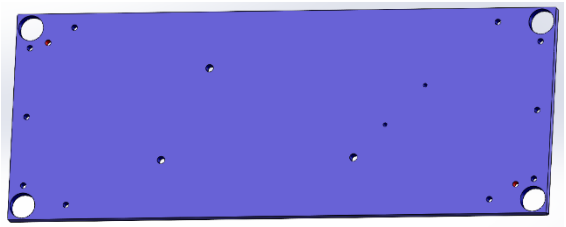


Figura 16. Placa sufridera superior

3.3.3 Placa porta punzones

Está diseñada para alojar, alinear y fijar los punzones de corte, asegurando que estos se mantengan en la posición correcta durante el proceso, lo que resulta fundamental para obtener cortes y operaciones de precisión (fig. 17).

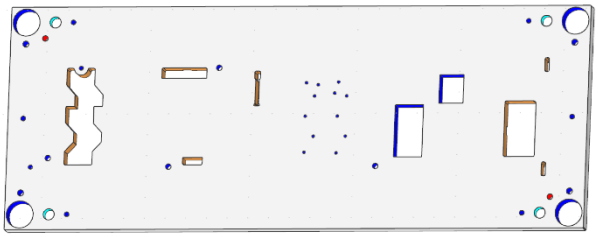


Figura 17. Placa porta punzones

3.3.4 Placa sufridera intermedia

Se ubica entre la placa porta punzones y la placa pisadora. Su función es distribuir y amortiguar las cargas y tenciones, aportando estabilidad estructural y durabilidad al conjunto (fig. 18).

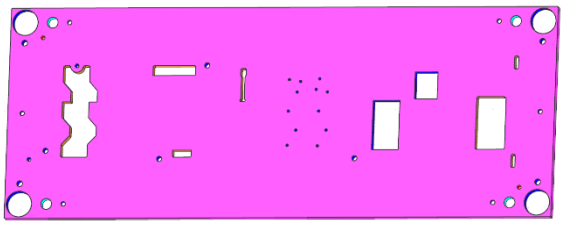


Figura 18. Placa sufridera intermedia.

3.3.5 Placa pisadora

Es el componente que se encarga de aplicar la fuerza de sujeción necesaria para realizar los procesos de corte, perforado y doblado en la lámina metálica (fig. 19).

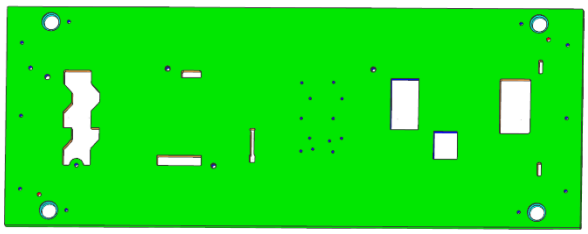


Figura 19. Placa pisadora.

3.3.6 Placa porta matrices

Destinada a sostener y alinear las matrices (troqueles o postizos), este componente asegura que las herramientas de conformado estén correctamente posicionadas durante las operaciones (fig. 20).

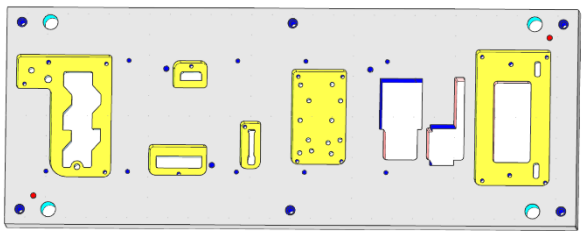


Figura 20. Placa porta matrices.

3.3.7 Placa sufridera inferior

Similar en función a la sufridera superior e intermedia, pero ubicada en la parte inferior, absorbe las cargas residuales y protege la integridad de la sección fija de la matriz (fig. 21).

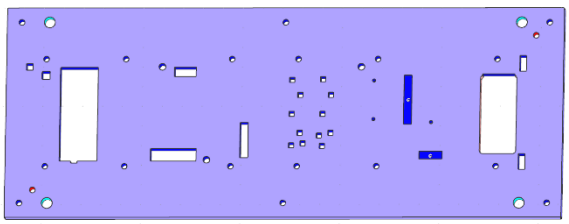


Figura 21. Placa sufridera inferior.

3.3.8 Placa base inferior

Es la base del conjunto de la matriz, proporcionando la rigidez y el soporte necesarios para que la totalidad del sistema funcione de manera adecuada bajo las fuerzas de la prensa (fig. 22).

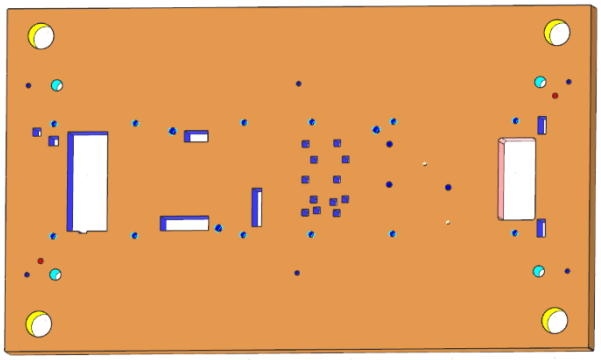


Figura 22. Placa base inferior.

3.3.9 Placas separadoras

Estas placas se encargan de mantener la distancia adecuada entre la mesa de la prensa y la placa base inferior, además facilita el desalojo de residuos generados por los procesos (fig. 23).

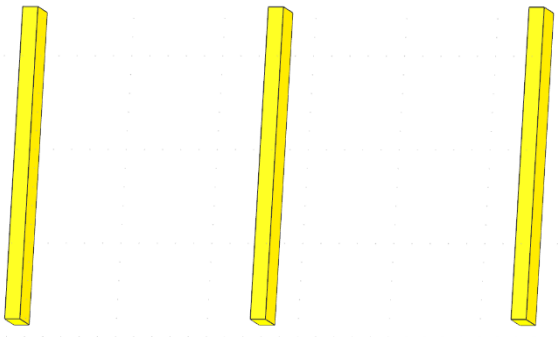


Figura 23. Placas separadoras.

3.3.10 Punzones de corte

Son las herramientas que aplican la fuerza necesaria para perforar o cortar la banda o fleje, definiendo la geometría de la pieza con precisión a través de impactos controlados (fig. 24).

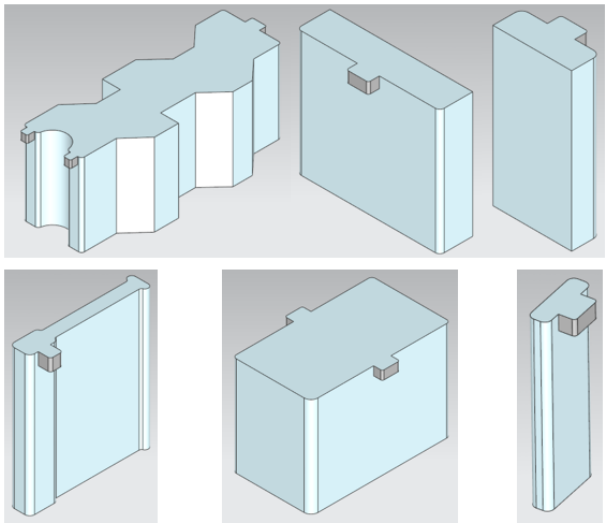


Figura 24. Punzones diseñados.

3.3.11 Troqueles de corte

Actúan de manera complementaria a los punzones, proporcionando la cavidad o el contra molde necesario para lograr el corte de la pieza con el contorno requerido (fig. 25).

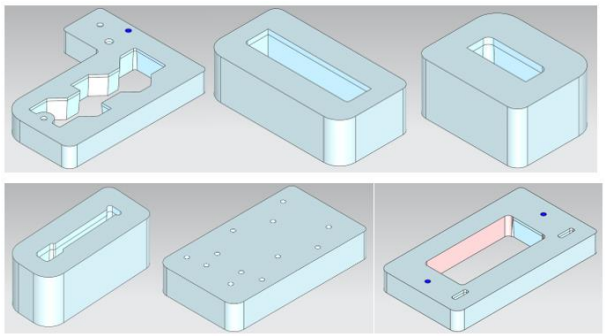
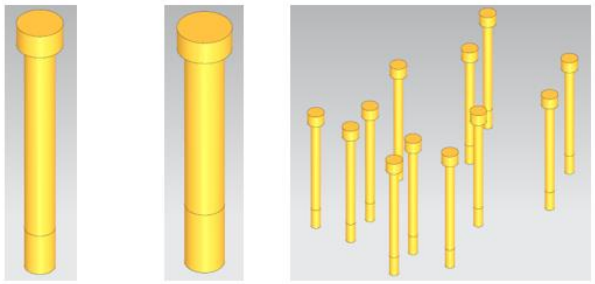


Figura 25. Troqueles de corte.

3.3.12 Punzones de corte normalizados

Fabricados conforme a estándares industriales, estos punzones aseguran la consistencia en las operaciones de perforado, favoreciendo la calidad y uniformidad de las piezas producidas, este tipo de componentes se seleccionan de catálogos de fabricantes como Misumi (fig. 26).

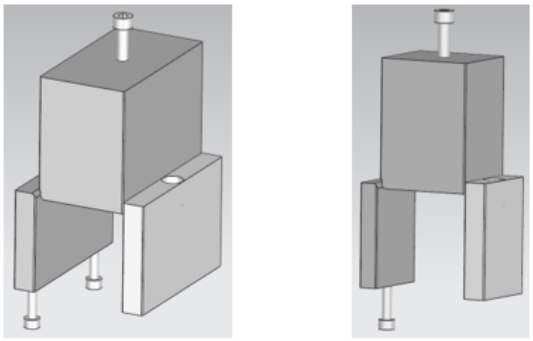


Punzón diámetro 6 Punzón diámetro 8 Punzones diámetro 4

Figura 26. Punzones de diversos diámetros.

3.3.13 Punzones y postizos de doblado

Conjuntamente se utilizan para efectuar los dobleces en el material. Los punzones aplican la fuerza para doblar la pieza, mientras que los postizos garantizan que se alcance el ángulo y la curvatura requeridos con precisión, estos elementos se observan en la figura 27, este tipo de componentes se han seleccionado de catálogos de fabricantes como Misumi.



Punzón y postizos de doblado 1 Punzón y postizo de doblado 2

Figura 27. Punzones y postizos de doblado.

3.3.14 Componentes estandarizados

Comprenden diversos elementos auxiliares y de fijación fabricados según normativas específicas, lo que facilita su mantenimiento, reemplazo y garantiza la integración eficiente de todo el conjunto de la matriz.

Columna guía

Barras cilíndricas que alinean con precisión las partes móvil y fija de la matriz, garantizando un deslizamiento sin holguras y la exactitud del proceso, este componente se ha seleccionado de catálogos de fabricantes como Misumi (fig. 28).

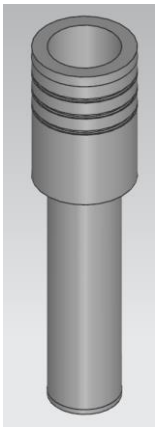


Figura 28. Coluna guía.

Resorte pisador

Elemento elástico montado sobre la placa pisadora que mantiene la chapa firmemente sujeta contra la matriz durante el corte y doblado, evitando desplazamientos indeseados (fig. 29).



Figura 29. Resorte pisador.

Columna guía porta-punzón

Pilar que, además de guiar, sirve de soporte a la placa porta punzones, asegurando que el punzón de corte o doblado se desplace perfectamente perpendicular a la matriz (fig. 30).

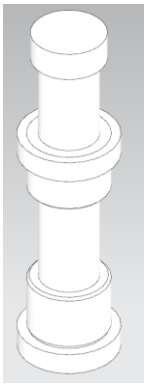


Figura 30. Columna guía porta punzón.

Punzón de posicionamiento

Elementos que se introduce en los orificios de guiado de la chapa para ubicarla en la posición correcta antes de iniciar operaciones, garantizando la repetitividad dimensional (fig. 31).



Figura 31. Punzón de posicionamiento.

Soporte del punzón de posicionamiento

Elemento que da alojamiento a la punta del punzón de posicionamiento; aporta rigidez y precisión en cada ciclo de trabajo (fig. 32).



Figura 32. Soporte punzón de posicionamiento.

Columnas elevadoras

Elemento que se encarga de guiar y elevar la banda a lo largo del proceso, permitiendo la movilidad del fleje después de la operación realizada en cada estación de proceso (fig. 33).



Figura 33. Columnas elevadoras.

Elementos de sujeción

Conjuntos de tornillos o pernos, que fijan las placas, punzones y matrices, asegurando estabilidad y permitiendo ajustes o cambios rápidos (fig. 34).

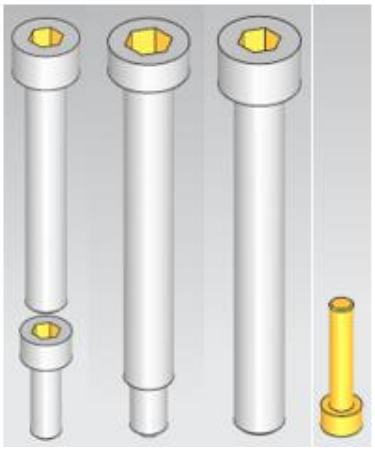


Figura 34. Elementos de sujeción.

3.4 Cálculos

3.4.1 Cálculos de la matriz

3.4.1.1 Corte

En la figura 35 se observa la distribución de los cortes de la matriz en la banda o fleje de 2 mm de espesor.

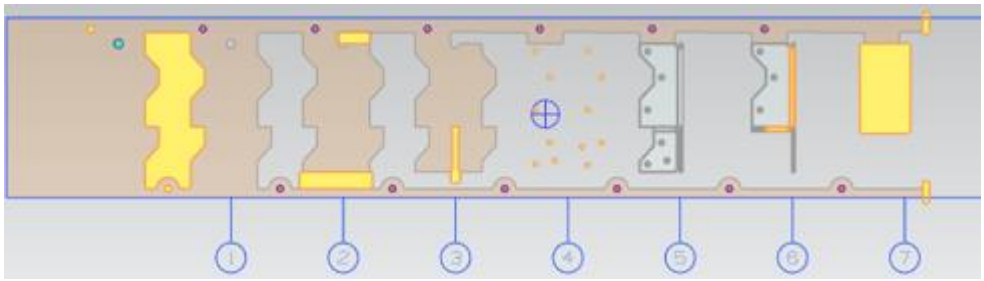


Figura 35. Definición de formas de corte.

En la tabla 7 se observa los datos extraídos del software CAD, resultante de la simulación de los procesos de corte y perforación de la chapa metálica.

Tabla 6. Tabla de fuerzas en software.

Cálculo de Fuerzas				
Denominación	Espesor	Perímetro de corte	Fuerza de sujeción	Fuerza de corte
Punzón 1	2[mm]	419.844[mm]	13603.000[N]	272059.000[N]
Punzón 2	2[mm]	121.774[mm]	3945.480[N]	78909.600[N]
Punzón 3	2[mm]	58.800[mm]	1905.130[N]	38102.700[N]
Punzón 4	2[mm]	89.390[mm]	2896.240[N]	57924.700[N]
Punzón 5	2[mm]	133.121[mm]	4313.120[N]	86262.400[N]
Punzón 6	2[mm]	15.051[mm]	487.636[N]	9752.720[N]
Punzón 7	2[mm]	25.051[mm]	811.635[N]	16232.700[N]
Punzón estándar D6 1	2[mm]	18.850[mm]	610.725[N]	12214.500[N]
Punzón estándar D6 2	2[mm]	18.850[mm]	610.725[N]	12214.500[N]

Tabla 7. Continuación Tabla 7, fuerzas en software.

Cálculo de Fuerzas				
Denominación	Espesor	Perímetro de corte	Fuerza de sujeción	Fuerza de corte
Punzón estándar D 8	2[mm]	25.133[mm]	814.300[N]	16286.000[N]
Punzón estándar D4 1	2[mm]	12.566[mm]	407.151[N]	8143.030[N]
Punzón estándar D4 2	2[mm]	12.566[mm]	407.151[N]	8143.030[N]
Punzón estándar D4 3	2[mm]	12.566[mm]	407.151[N]	8143.030[N]

Punzón estándar D4 4	2[mm]	12.566[mm]	407.151[N]	8143.030[N]
Punzón estándar D4 5	2[mm]	12.566[mm]	407.151[N]	8143.030[N]
Punzón estándar D4 6	2[mm]	12.566[mm]	407.151[N]	8143.030[N]
Punzón estándar D4 7	2[mm]	12.566[mm]	407.151[N]	8143.030[N]
Punzón estándar D4 8	2[mm]	12.566[mm]	407.151[N]	8143.030[N]
Punzón estándar D4 9	2[mm]	12.566[mm]	407.151[N]	8143.030[N]
Punzón estándar D4 10	2[mm]	12.566[mm]	407.151[N]	8143.030[N]
Punzón estándar D4 11	2[mm]	12.566[mm]	407.151[N]	8143.030[N]
Punzón estándar D4 12	2[mm]	12.566[mm]	407.151[N]	8143.030[N]
Total		**1076.659[mm]**	**34883.803[N]**	**697675.180[N]**

Calculo teórico de la fuerza de corte

Para realizar el cálculo de la fuerza de corte se utilizan los siguientes datos:

Material: Acero A 36 S_u = 550 MPa

Espesor de material: t = 2 mm

Perímetro de corte: L = 1076.656 mm

$$F_{corte} = 0.7 S_u t L \quad (1)$$

$$F_{corte} = (0.7) \times (550\ MPa) \times (2\ mm) \times (1076.656\ mm)$$

$$F_{corte} = 829025.12\ N$$

Cálculo de error

$$Error = \frac{|Valor_{simulación} - Valor_{teórico}|}{|Valor_{teórico}|} \times 100 \quad (2)$$

$$Error = \frac{|697675.18 - 829025.12|}{|829025.12|} \times 100 = 15.85\%$$

El cálculo de error determinado es de 15.85% esto debido a las configuraciones del programa de simulación y la utilización de fórmulas empíricas.

3.4.1.2 Doblado

Cálculo de la fibra neutra

$$Fibra\ neutra = K * e \tag{3}$$

Datos:

R_i = 2 mm

e = 2 mm

$$\frac{R_i}{e} = \frac{2}{2} = 1, por\ tanto\ \rightarrow K = 0.42$$

$$Factor\ K = 0.42$$

$$fibra\ neutra = K * 2 = 0.84\ mm$$

En la figura 36 se observa en la estación 5 y 6 las dos fases de doblado de las pestañas

De esta manera se ha determinado la fibra neutra par el espesor 2 mm.

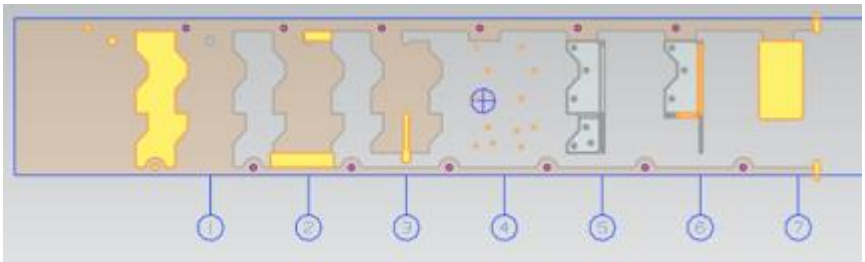


Figura 36. Estaciones de doblado.

En la Tabla 9 se observa los valores calculados con software CAD de las fuerzas de sujeción y doblado.

Tabla 8. Fuerzas de sujeción y doblado.

Cálculo de Fuerzas				
Denominación	Espesor	Perímetro de corte	Fuerza de sujeción	Fuerza de Doblado
Doblado 1	2[mm]	0.000[mm]	9158.650[N]	18317.300[N]
Doblado 2	2[mm]	0.000[mm]	2689.200[N]	5378.400[N]

Cálculo de juego entre la matriz de doblado y el punzón de doblado

$$c = 1.1 \times e \tag{4}$$

$$c = 1.1 \times 2\ mm = 2.2\ mm$$

El juego entre el punzón y matriz de doblado es de 2.2 mm

3.4.1.3 Sumatoria total de fuerzas

En la tabla 10 se expresan los valores resultantes de la sumatoria de fuerzas y centros de gravedad de las operaciones de corte y doblado de la matriz.

Tabla 9. Fuerza de corte y doblado de la matriz.

Resultado de Fuerzas				
Denominación	Centro de gravedad	Perímetro de corte	Fuerza de sujeción	Fuerza de corte
Proceso completo de corte y doblado de la matriz	X:380.396 Y: -4.388 Z: -0.068	1076.659[mm]	46731.653[N]	721370.880[N]

Potencia

Fuerza de operación: 721370.880 N

Carrera efectiva: c = 0.5 * e

Tiempo del ciclo: 1s

$$P = \frac{F_{operación} \times c}{t} \tag{5}$$

$$c = 0.5 * 2 = 1$$

$$P = \frac{721370.880\ N \times 1\ mm}{1s} = 721370.880\ W$$

$$P = 721370.880\ W$$

3.4.2 Verificación teórica de la matriz

Resistencia de punzón a pandeo

Punzón diámetro: 8 mm

Longitud: 57 mm

E = 210000 MPa

K = 1

Fuerza: 16286.000[N]

$$A = \frac{\pi d^2}{4} \tag{6}$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi * 8^2}{4} = 50.27\ mm^2$$

$$I = \frac{\pi d^4}{64} \tag{7}$$

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi * 8^4}{64} = 201.06\ mm^4$$

Carga critica de pandeo

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(K * L)^2} \tag{8}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \times 210000 \times 201.06}{(1 * 57)^2} = 128261.1138\ N$$

Este valor obtenido de 128261.1138 N es más que aceptable en comparación a la fuerza de 16286.000 N a la que está sometido el punzón

Cálculo de factor de seguridad

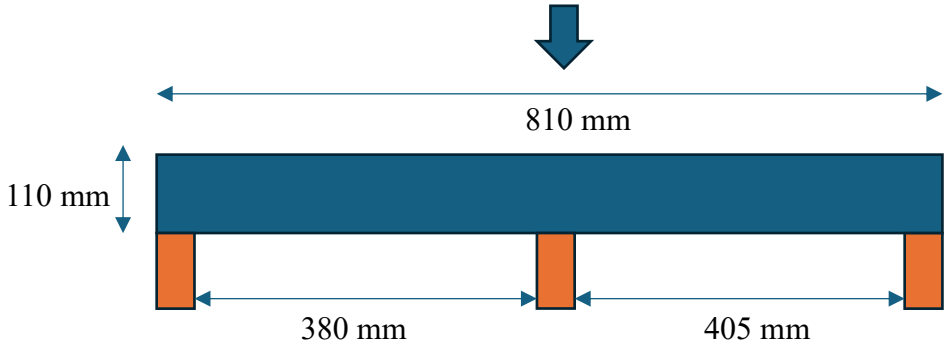


Figura 37. Esquema simplificado de placas de matriz para calculo.

Datos:

Fuerza aplicada: 721370.88 N

Apoyos:3 (dos extremos y uno central)

Distancia entre apoyos laterales: 810 mm

Cada tramo libre de borde a borde: L_1 = 380 mm; L_2 = 405 mm

Materiales:

AISI 1045: $\sigma_y = 530\ MPa$

ASTM A 36: $\sigma_y = 250\ MPa$

$$q = \frac{F}{L_{total}} \tag{9}$$

$$q = \frac{F}{L_{total}} = \frac{721370.88\ N}{0.810\ m} = 890581.33\frac{N}{m}$$

Momento flector máximo

L_1 = 380 mm =0.380 m

$$M_1 = \frac{q * {L_1}^2}{8} \quad (10)$$

$$M_1 = \frac{q * {L_1}^2}{8} = \frac{890581.33 * (0.380)^2}{8} = 16074.99\ N \cdot m$$

L_2 = 405 mm = 0.405 m

$$M_2 = \frac{q * {L_2}^2}{8} \quad (11)$$

$$M_2 = \frac{q * {L_2}^2}{8} = \frac{890581.33 * (0.405)^2}{8} = 18259.69\ N \cdot m$$

Altura total del conjunto de placas

$$h_{total} = 50 + 15 + 45 = 110\ mm$$

$$c = \frac{110}{2} = 55\ mm = 0.055\ m$$

Momento de inercia

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad (12)$$

$$I_1 = \frac{0.380 \cdot 0.055^3}{12} = 5.2685 \times 10^{-6}\ m^4$$

$$I_2 = \frac{0.405 \cdot 0.055^3}{12} = 5.6152 \times 10^{-6}\ m^4$$

Cálculo de tensión máxima

$$\sigma = \frac{M \cdot c}{I} \quad (13)$$

$$\sigma_1 = \frac{16074.99 \times 0.055}{5.2685 \times 10^{-6}} = 167813315\ Pa = 167.81\ MPa$$

$$\sigma_2 = \frac{18259.69 \times 0.055}{5.6152 \times 10^{-6}} = 178850788.9\ Pa = 178.85\ MPa$$

Factor de seguridad

AISI 1045

$$F_{s1} = \frac{530\ MPa}{167.81\ MPa} = 3.16$$

$$F_{s2} = \frac{530\ MPa}{178.85\ MPa} = 2.96$$

ASTM A 36

$$F_{s1} = \frac{250\ MPa}{167.81\ MPa} = 1.48$$

$$F_{s2} = \frac{250\ MPa}{178.85\ MPa} = 1.39$$

Acorde a los factores de seguridad se obtenidos se aprecia que el diseño esta correctamente desarrollado.

3.4.2.1 Tolerancias y acabados superficiales

Para los componentes de la matriz progresiva de corte y doblado, se verificó en la tabla de aplicaciones de estados superficiales figura 37 que, considerando las aplicaciones a las que se someten cada elemento, se ha seleccionado un acabado superficial refinado, adecuado para superficies de deslizamiento intensamente fatigadas, así como para piezas sometidas a fatiga por flexión y torsión, también a condiciones de ajuste de deslizamiento y presión.

.

Estados superficiales	APLICACIÓN DE ESTADOS SUPERFICIALES			TABLA 1 . 8
Clase de superficie	*Símbolo*	*Rugosidad μ*	*Calidad de superficie*	*Aplicaciones*
Superrefinado		0,04 0,06 0,1 0,16	Especial Máxima	Superficies de medición, de los calibres de deslizamiento altamente fatigados, ajustes de precisión no desmontables.
Refinado. — Las estrías no son visibles a simple vista		0,25 0,4 0,6 1 1,6	Muy buena Buena	Superficies de deslizamiento muy fatigadas, ajustes de precisión desmontables Piezas fatigadas por flexión y torsión; ajustes de deslizamiento y presión
Afinado. Las estrías son visibles pero no perceptibles al tacto		2,5 4 6 10	Media	Ajustes de reposo sin transmisión de fuerzas, ajustes ligeros de presión de acero; superficies de deslizamiento poco fatigados, superficies sin mecanizar de piezas prensadas de precisión.
Desbastado. Estrías visibles y perceptibles al tacto		25	Regular	Superficies desbastadas, superficies sin mecanizar de piezas prensadas y forja de precisión, fundición a presión
Limpio. También preparado para desbastado		63	Baja	Cáscara de fundición colada en arena; piezas estampadas y de forja libre
Sin rebabas			Muy baja	Piezas fundidas o forjadas

Figura 38. Tabla de calidad de superficies [33].

Se ha determinado que se requiere una buena calidad superficial, la cual se define mediante una rugosidad de entre 0.6 y 1.6. Por lo tanto, según la tabla de procesos normales de fabricación presentada en la figura 38, y considerando estos factores junto con los procesos de fresado y taladrados aplicados a las piezas que conforman la matriz, se concluye que el acabado superficial óptimo corresponde a la denominación N6.

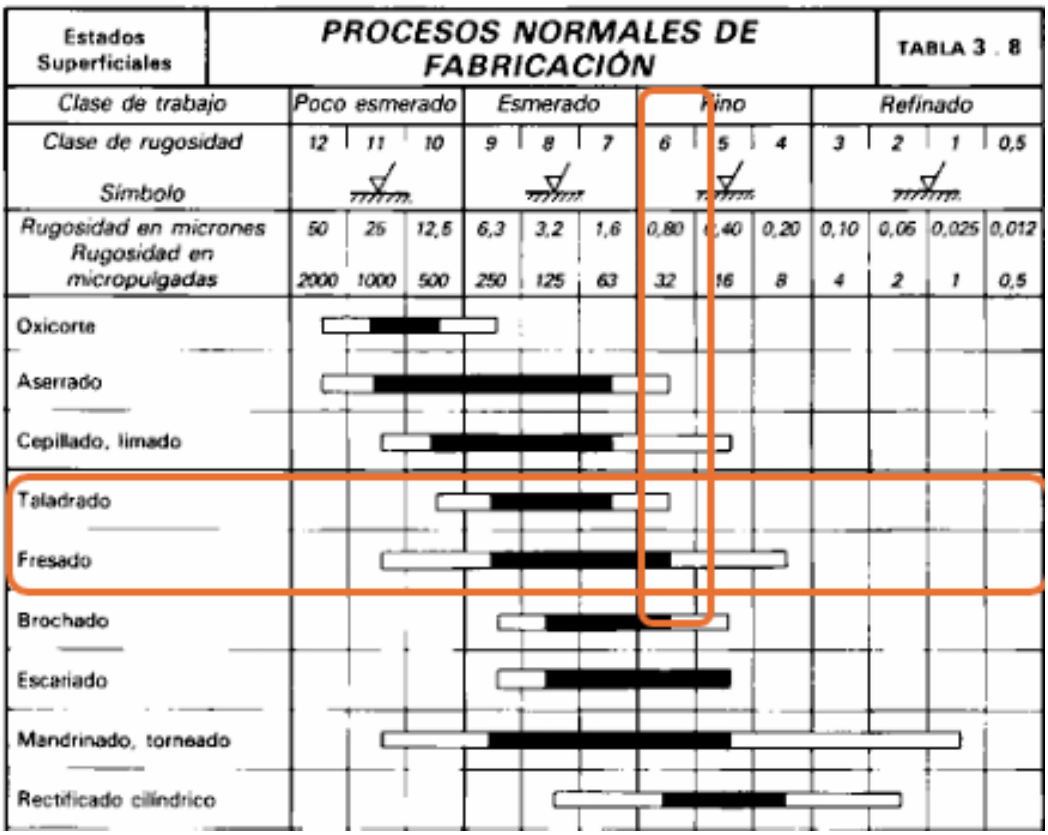


Figura 39. Tabla de acabados superficiales [33].

3.4.2.2 Selección de prensa

Para la selección adecuada de la prensa para la matriz progresiva de corte y doblado con dimensiones de **860 mm** de largo, **500 mm** de ancho y **360 mm** de altura abierta, y considerando la fuerza total de corte y doblado, de **721370,88 N** equivalente a **72 t**, se establecen los siguientes criterios técnicos [33], [34].

En primer lugar, la prensa debe contar con una capacidad nominal superior a la fuerza máxima calculada, estimada en aproximadamente **721 kN o 72t**, para garantizar el correcto funcionamiento y durabilidad del equipo se considera un margen de seguridad del 25% al 30% [33].

Acorde a este criterio se calcula el tonelaje de la prensa:

$$Tonelaje\ de\ la\ prensa = 72\ t \times 1{,}30 \cong \mathbf{94\ t}$$

En cuanto a las dimensiones, la apertura vertical de la prensa debe ser mayor que la altura máxima de la matriz, por tanto, la luz vertical mínima debe ser mayor que 360 mm para facilitar la instalación y extracción de la matriz durante el proceso productivo. También, la mesa de la prensa debe tener dimensiones superiores al largo y ancho de

la matriz que tiene dimensiones de 860 mm x 500 mm , esto con el fin de proporcionar estabilidad y espacio suficiente para la fijación segura de la matriz [33].

Con todas las condiciones antes establecidas se procede a buscar en catálogos de fabricantes, la prensa adecuada para la matriz progresiva de corte y doblado, obteniendo como la opción más viable las prensa Komatsu OBS-110 que se explica en la siguiente tabla [34].

Tabla 10. Tabla de selección de prensa.

Selección de prensa		
Denominación	Valor	Cálculo /especificación
Fuerza de proceso total	721 370,88 N (≈ 72 t)	Suma de todas las operaciones
Margen de seguridad (30%)	21 600 kgf (≈ 21,6 t)	72 t × 0,30
Tonelaje prensa recomendado	Altura del troquel ≥ 279 mm; Carrera ≥ (359 – 279) =80 mm110 t	Cubre 72 t + margen y trabaja por debajo de capacidad
Dimensiones (mesa)	900 × 550 mm	≥ 860 × 500 mm de la matriz
Altura cerrada / abierta	300 mm / 430 mm (carrera130 mm)	Altura del troquel ≥ 279 mm; Carrera ≥ (360 – 280) = 80 mm
Tipo de prensa	Mecánica “gap frame”	Rigidez y precisión para progresivas
Proveedor / Serie	Komatsu OBS-110	Catálogo OBS Series

3.4.3 Verificación de costos

3.4.3.1 Costo de fabricación

En la tabla 12 se detalla un análisis de precio de material por kilogramo en base a un 20% de porcentaje de holgura tomando en cuenta la variación entre precio bajo, precio alto y precio promedio que es el que se utilizara para los cálculos de costo de materia prima de las placas, punzones y troqueles.

Tabla 11. Análisis de costos de la materia prima para la matriz.

Material	Porcentaje de holgura + /-	Precio - kg	Precio Bajo	Precio Alto
Acero AISI 1045	20%	2,2	1,76	2,64
Acero AISI D2	20%	18	14,4	21,6
Acero ASTM A 36	20%	2	1,6	2,4

En la tabla 13 se muestra un resumen de los costos de ingeniería y oficina que representa el estudio y diseño de la matriz.

Tabla 12. Costos de ingeniería y oficina.

Costos de ingeniería y oficina			
Denominación	**Tiempo [horas]**	**Costo/horas [USD]**	**Costo Total [USD]**
Estudios y análisis del proyecto	40	20	800
Diseño de la matriz	60	45	2700
Total			**3500**

En la tabla 14 se muestra el costo total y desglosado por material de cada uno de los componentes, como placas, punzones y troqueles que posteriormente se mecanizaran.

Tabla 13. Costos de materia prima de Acero AISI 1045

Materia prima Acero AISI 1045				
Denominación	**Material**	**Cantidad**	**Peso [kg]**	**Costo [USD]**
Placa base superior 860 x 500 x 50 mm	Acero AISI 1045	1	168,78	371,316
Placa base inferior 860 x 500 x 50 mm	Acero AISI 1045	1	168,78	371,316

Placa porta punzones 840 x 320 x 20 mm	Acero AISI 1045	1	42,20	92,84
Placa porta matrices 840 x 320 x 45	Acero AISI 1045	1	94,95	208,89
Placa pisadora 840 x 320 x 20 mm	Acero AISI D2	1	41,4	745,2
Punzone 1 149 x 53 x 57 mm	Acero AISI D2	1	3,47	62,46
Punzone 2 65 x 57 x 20 mm	Acero AISI D2	1	0,57	10,26
Punzone 3 28,75 x 15,5 x 57 mm	Acero AISI D2	1	0,2	3,6
Punzone 4 50 x 57 x 13,25 mm	Acero AISI D2	1	0,29	5,22
Punzone 5 80 x 55 x 57 mm	Acero AISI D2	1	1,93	34,74
Punzone 6 57 x 20 x 11 mm	Acero AISI D2	2	0,1	3,6
Troquel 1 180 x 140 x 25 mm	Acero AISI D2	1	4,85	87,3
Troquel 2 85 x 45 x 25 mm	Acero AISI D2	1	0,74	13,32
Troquel 3 50 x 40 x 25 mm	Acero AISI D2	1	0,39	7,02
Troquel 4 70 x 40 x 25 mm	Acero AISI D2	1	0,54	9,72
Troquel 5 140 x 80 x 25 mm	Acero AISI D2	1	2,16	38,88
Troquel 6 200 x 110 x 25 mm	Acero AISI D2	1	4,24	76,32
Placa sufridera superior 840 x 320 x 15 mm	Acero ASTM A 36	1	31,65	61,9923
Placa sufridera intermedia 840 x 320 x 12 mm	Acero ASTM A 36	1	25,32	46,45098
Placa sufridera inferior 840 x 320 x 15 mm	Acero ASTM A 36	1	31,65	58,2822
Placas separadoras 25 x 500 x 50 mm	Acero ASTM A 36	2	4,91	19,625
Total				**2328,35248**

En la tabla 15 se reflejan los costos de los componentes estandarizados o prefabricados.

Tabla 14. Costo de componentes estandarizados.

Costo de componentes estandarizados		
Denominación	**Cantidad**	**Costo [USD]**
Columna guía	4	122.944
Columna guía porta punzón	4	255.626
Resortes placa pisadora	4	18.2596
Pines guía	6	4.3368
Columnas elevadoras	12	82.08
Punzón de posicionamiento	3	5.478
Soporte punzón de posicionamiento	3	20.52
Punzones y postizos de doblado	2	245
Punzón diámetro 4	12	129.6
Punzón diámetro 6	2	25
Punzón diámetro 8	1	14.3
Elemento de unión varios	36	110.16
Total		**1033.3044**

En las tablas 16 y 17 se muestran los costos de procesos de mecanizado y tratamientos térmicos.

Tabla 15. Costo de procesos de mecanizado

Costo de procesos de mecanizado			
Denominación	**Tiempo [horas]**	**Costo/hora [USD]**	**Costo Total [USD]**
Fresado	32.5	45	1462.5
Taladrado	10.6	40	318
Rectificado	13.6	45	612
Total			**2392.5**

Tabla 16. Costo de tratamientos térmicos.

Costo de tratamientos térmicos				
Denominación	**Cantidad**	**Tiempo [horas]**	**Costo/hora [USD]**	**Costo Total [USD]**
Placa base superior	1	4,5	30	135

Placa base inferior	1	4,5	30	135
Placa porta punzones	1	3,8	30	114
Placa porta matrices	1	4,2	30	126
Placa pisadora	1	3,5	30	105
Troqueles	6	1,2	30	216
Punzones	6	0,6	30	108
Placa sufridera superior	1	3,2	30	96
Placa sufridera intermedia	1	3	30	90
Placa sufridera inferior	1	3,2	30	96
Placas separadoras	3	1	30	60
Total				**1281**

En la tabla 18 se muestra el costo de puesta en marcha o funcionamiento de la matriz progresiva en la cual se incluye el ensamble, ajustes y pruebas de funcionamiento.

Tabla 17. Costos de puesta en funcionamiento.

Costos de puesta en funcionamiento			
Denominación	**Tiempo [horas]**	**Costo / hora [USD]**	**Costo total**
Ensamble	8	60	480
Ajustes	4	60	240
Pruebas de funcionamientos	5	60	30
Total			**1020**

3.4.3.2 Costo total

Tabla 18. Resumen de costo de la matriz.

Costo total de la matriz	
Denominación	**Costo [USD]**
Costos de ingeniería y oficina	3500,00
Costo total de materia prima	2328,35
Costo de componentes estandarizados	1033,30

Costo de procesos de mecanizado	2392,5
Costo de tratamientos térmicos	1281,00
Costos de puesta en funcionamiento	1020,00
Total	**11555,16**

En la tabla 19 se especifica el valor al que asciende la matriz progresiva que es de $11,555.16 dólares americanos como se puede observar en la tabla resumen. Este valor resulta del desglose detallado de cada uno de los apartados que comprenden los costos de análisis y diseño mecánico, materia prima, componentes estandarizados, procesos de mecanizado, tratamientos térmicos y todos los gastos asociados a la puesta en funcionamiento. Cada uno de estos pasos ha sido seguido en orden para la obtención del producto final, asegurando que cuente con todas las características necesarias para un correcto funcionamiento.

3.4.4 Verificación de la inversión económica

3.4.4.1 Cantidad de herrajes en una vivienda

Tomando como referencia una vivienda de 100 metros cuadrados, se estima que una casa cuenta con un aproximado de 40 metros lineales de muros exteriores, 20 metros lineales de muros interiores considerando un herraje cada 1.2 metros, en esquinas y refuerzos especiales aproximadamente 10 piezas, adicional en la estructura de techo considerando que se necesitan aproximadamente 14 cerchas cada una utilizaría entre 4 y 6 herrajes [2], [35].

Tabla 19. Estimación de cantidad de herrajes en una vivienda.

Estimación de cantidad de herrajes en una vivienda.	
Componente	**Cantidad de herrajes**
Muros exteriores (40 m)	34
Muros interiores (20 m)	17
Estructura de techo	84
Esquinas y refuerzos	10
Total	**145**

3.4.4.2 Construcción de viviendas en Ecuador

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), en el boletín técnico N° 2-2025-ESED de junio de 2025 el número de viviendas proyectadas fue de 41230. Este dato refleja la importancia del sector de la construcción de viviendas como uno de los principales motores económicos del país, impulsando el desarrollo y la generación de empleo [36].

3.4.4.3 Sistemas constrictivos industrializados

En cuanto a los sistemas constructivos industrializados, el uso de estructuras livianas (Steel Framing) está tomando importancia en Ecuador, principalmente en proyectos de vivienda social y desarrollos urbanos. Este sistema constructivo en seco se destaca por su rapidez de montaje, eficiencia de costos y su capacidad para cumplir con las normativas sísmicas del país, como la NEC-SE-MET [19]. Estas características convierten a este método constructivo en una opción atractiva para responder a las necesidades del mercado, en un ámbito en el cual la seguridad y la economía son prioritarias; además según el ESED 2025 ya mencionado anteriormente también refiere en el apartado de materiales de construcción de estructura metálica es de 7,54% [9].

3.4.4.4 Determinación del mercado potencial

Para calcular el mercado potencial anual de los herrajes de soporte de pared utilizados en la construcción de viviendas nuevas en Ecuador, se definen los siguientes datos; número de viviendas proyectadas 41230; si bien el 7,54% de las viviendas son en estructura metálica según datos de materiales de construcción, no todo ese nicho se refiere estructuras livianas así que se considera el 2,9% como línea base de participación en el mercado [3].

La demanda estimada de herrajes de soporte de pared por vivienda es de 145. Basándose en estos datos que son exclusivamente de viviendas nuevas, dejando de por lado escenarios potenciales de mercado como remodelaciones, ampliaciones o el crecimiento de utilización de estructuras livianas en el mercado nacional se procede a realizar el cálculo del mercado potencial.

3.4.4.5 Cálculo del mercado potencial

Para calcular la cantidad de herrajes de soporte de pared que potencialmente necesitaría el mercado nacional en total para la construcción de nuevas viviendas, se multiplica el número de estas viviendas proyectadas por el porcentaje de viviendas de estructura liviana; posteriormente este resultado se multiplica por la cantidad aproximada de herrajes que cada una necesita.

Viviendas de estructura liviana

$$\boldsymbol{Viviendas_{EL}} = 41230 \times 0{,}029 = 1195{,}67 \cong \mathbf{1195}_{\boldsymbol{viviendas}}$$

Demanda anual de herrajes

$$\boldsymbol{Herrajes_{año}} = 1195_{viviendas} \times 145_{\frac{herrajes}{vivienda}} = \mathbf{173275}_{\frac{\boldsymbol{herrajes}}{\boldsymbol{año}}}$$

Obteniendo una potencial demanda de mercado de 173275 herrajes de soporte de pared por año. Mensualmente se requiere en el mercado de 14439 herrajes.

Costo unitario de herraje

Tomando en cuenta las dimensiones de la banda de materia prima acero A36, el precio de material de la banda de 2 mm de espesor es de 1 dólar por kilogramo.

Costo de galvanizado por inmersión en caliente es de 2,34 dólares por kilogramo.

En fleje que se utiliza en la matriz es de 160 mm de ancho; el peso del herraje terminado es 0.1012 kg; el porcentaje de utilización es de 39.99% este dato se ha obtenido de los cálculos de simulación en el programa CAD.

Datos:

Peso herraje terminado: 0,1012 kg

Rendimiento de material: 39,99%

Costo acero ASTM A 36: 1 $/kg

Material en bruto;

$$m_{bruto} = \frac{0.1012\ kg}{0.3999} = 0.2530\ kg\ por\ pieza$$

Costo materia prima:

$$C_{MP} = 0.2530\ kg\ \times 1\frac{\$}{kg} = \$0.2530$$

Costo de galvanizado por pieza

$$C_{gal} = peso\ de\ herraje \times costo\ galvanizado\ por\ kg \quad (14)$$

$$C_{gal} = 0.1012\ kg \times 2.34\ {}^{\$}/_{kg} = \$0.2368$$

Amortización de la matriz

Datos:

Inversión de la matriz: $11555,16

Vida útil de la matriz: 1000000 golpes

$$C_{matriz\,u} = \frac{Inversión\ de\ la\ matriz}{Vida\ útil\ de\ la\ matriz} \quad (15)$$

$$C_{matriz\,u} = \frac{Inversión\ de\ la\ matriz}{Vida\ útil\ de\ la\ matriz} = \frac{\$\ 11555.16}{1000000} = 0.01156\ por\ pieza$$

Costo variable unitario

$$CV_u = C_{MP} + C_{matriz\,u} + C_{gal} \quad (16)$$

$$CV_u = 0.2530 + 0.01156 + 0.2368 = \$\ 0.5014$$

Costos fijos prorrateados

Datos:

Tabla 20. Gastos fijos y variables estimados

Gastos fijos y variables estimados		
Denominación	**Valor estimado anual [USD]**	**Detalles**
Energía eléctrica	4500	Prensa de 30 kW × 6 h/día × 250 días × $0,10 USD/kWh
Mano de obra	12000	1 operador técnico
Mantenimiento matriz	2000	Revisión, afilado de punzones, lubricación, reemplazos menores
Total, anual	**18500**	**Gastos operativos estimados**

Demanda anual de herrajes: 173275 herrajes/año

$$CF_u = \frac{Gastos\ fijos\ y\ variables}{Demanda\ anual\ de\ herrajes} \quad (17)$$

$$CF_u = \frac{Gastos\ fijos\ y\ variables}{Demanda\ anual\ de\ herrajes} = \frac{\$\ 18500}{173275\ {}^{herrajes}/_{año}} = \$\ 0.1068$$

Costo total unitario

$$C_{total\,u} = CV_u + CF_u \quad (18)$$

$$C_{total\,u} = CV_u + CF_u = 0.5014 + 0.1068 = \$\ 0.6082$$

Precio de venta y márgenes

Precio mínimo

$$P_{min} = C_{total\,u} = \$\ 0.6082$$

Precio sugerido (100%)

$$P_{venta} = 2 \times \$\ 0.6082 = \$1.2164 \cong \$1.22$$

Margen bruto unitario

$$M_u = P_{venta} - CV_u \quad (19)$$

$$M_u = P_{venta} - CV_u = \$1.2164 - \$0.5014 = \$0.7150$$

Este margen representa el 58.8%

Punto de equilibrio (PE)

$$\boldsymbol{PE} = \frac{CF}{M_u} \quad (20)$$

$$\boldsymbol{PE} = \frac{CF}{M_u} = \frac{18500}{0.7150} = 25874.13 \cong \mathbf{25878}$$

Amortización de la inversión de la matriz

$$\boldsymbol{n_{recuperacion}} = \frac{\$11555.16}{M_u} = \frac{11555.16}{0.7150} = 16161.062 \cong 16162\ herrajes$$

Producción 14439 herrajes/mensuales:

$$\frac{16162}{14439} = 1.12\, meses$$

Retorno sobre la inversión

$$R_I = \frac{(Herrajes_{\text{año}} \times M_u - CF)}{Inversion\ matriz} \tag{21}$$

$$R_I = \frac{(173275 \times 0.7150 - 18500)}{11555.16} = 9.12$$

Realizado el análisis de costos es fácilmente apreciable, que la recuperación de la inversión es inmediata en un tiempo estimado de 1.12 meses, esto debido al potencial de mercado que se analizó en su respectivo apartado, si bien el precio de venta de los herrajes es de $1.22 el precio en mercado es posible subirlo hasta $1.50 esto en comparación a otros herrajes de similares características.

CAPITULO IV

4.1 Conclusiones y Recomendaciones

4.1.1 Conclusiones

- Considerando que el conformado del herraje de soporte de pared requiere operaciones de corte, perforación y doblado, se diseñó una matriz progresiva que integra dichos procesos de forma secuencial, con el objetivo de optimizar el proceso productivo y garantizar una fabricación continua y eficiente. El diseño desarrollado permite optimizar el flujo de producción, reducir los tiempos de fabricación, minimizar el desperdicio de material y garantizar la repetitividad dimensional de la pieza. Por lo tanto, se cumple el objetivo general del proyecto, proporcionando una solución técnica viable para la producción industrial del herraje utilizados en sistemas constructivos de estructuras livianas.
- El autor analizó a detalle el herraje de soporte de pared, considerando sus características geométricas y dimensionales, así como las operaciones de manufactura requeridas: corte, perforación y doblado. Cada etapa fue evaluada con el fin de identificar las variables técnicas involucradas y establecer el orden óptimo de operaciones. Esto permitió definir una secuencia lógica de trabajo distribuida en siete estaciones dentro de la matriz progresiva, garantizando la correcta conformación del herraje hasta obtener la pieza final con la calidad requerida.
- Se investigaron las características técnicas necesarias para el diseño de cada uno de los elementos que conforman la matriz progresiva, considerando criterios de funcionalidad, resistencia y durabilidad. Se selecciono los materiales y tratamientos térmicos para los componentes, garantizando un desempeño óptimo durante el proceso de conformado del herraje. Además, se revisaron catálogos de fabricantes de componentes estandarizados, como punzones de perforación, columnas guía, pilares de guía de banda y columnas de elevación, entre otros, con el fin de integrar elementos estándar al diseño. En el caso específico de los punzones y matrices de corte y perforación, se

determinaron las geometrías y dimensiones necesarias para asegurar su correcto funcionamiento dentro del conjunto de estaciones de trabajo.

- El autor diseñó y simuló una matriz progresiva para el conformado del herraje de soporte de pared, utilizando software de diseño asistido por computadora (CAD), lo cual permitió visualizar de forma precisa cada detalle técnico del sistema. Mediante la simulación se analizó la distribución óptima de las operaciones de corte, perforación y doblado, logrando establecer una secuencia eficiente en siete estaciones de trabajo. Esta simulación facilitó la optimización de aspectos dimensionales, el aprovechamiento del material y la eficiencia funcional de la matriz. Adicionalmente, gracias al estudio previo, se seleccionaron materiales adecuados para cada componente, empleando aceros AISI 1045, ASTM A36 y D2, en función de sus propiedades mecánicas y comportamiento frente al desgaste y la carga durante el proceso de conformado.
- En el análisis de costos del diseño de la matriz progresiva, se optó por seleccionar materiales disponibles en el mercado que cumplan con las exigencias técnicas del proceso, priorizando aquellos con buena maquinabilidad y capacidad para recibir tratamientos térmicos que mejoren su resistencia y durabilidad. A partir del dimensionamiento de los componentes obtenido en la etapa de diseño y simulación, se realizó un estudio detallado de la materia prima requerida, considerando también los procesos de mecanizado, tratamientos térmicos y ensamblaje. En base en estos parámetros, se elaboró un presupuesto técnico que permite estimar de forma realista la inversión necesaria para la fabricación de la matriz, confirmando la viabilidad económica del proyecto y su potencial para la producción sostenida del herraje.
- Para la verificación económica del proyecto, se elaboró un presupuesto detallado que contempla los costos de construcción de la matriz progresiva, incluyendo materiales, procesos de fabricación y tratamientos térmicos. En base en estos datos, se evaluó la viabilidad del proyecto considerando tanto el potencial de demanda del herraje en el mercado como la capacidad productiva estimada. Adicionalmente, se analizaron aspectos clave como la amortización de la inversión inicial, los márgenes de rentabilidad y el tiempo estimado de recuperación de 1,12 meses. Estos indicadores financieros permitieron concluir

que el proyecto es viable, rentable y con posibilidad de retorno de la inversión a corto plazo, generando beneficios sostenibles a través de la comercialización del producto final.

4.1.2 Recomendaciones

- Como recomendación inmediata y partiendo de la falta de información específica de datos se recomienda profundizar el análisis estadístico del mercado nacional en relación con las construcciones con sistemas de estructuras livianas (Steel Framing), ya que durante la fase de investigación se evidenció una limitada disponibilidad de datos específicos. Se recomienda acudir a fuentes especializadas, estudios técnicos de empresas del sector y normativas internacionales adaptadas a la realidad local para mejorar la precisión de futuras proyecciones de demanda.
- Como una acción de prioridad para diseñadores de matrices de similares es establecer con mayor detalle la dirección de las operaciones de doblado desde las primeras etapas del diseño, ya que estas influyen directamente en la precisión dimensional y funcional de la matriz progresiva. Una planificación más rigurosa de la secuencia de doblado puede prevenir errores de interferencia entre operaciones y correcto funcionamiento de la matriz.
- En relación con la factibilidad del proyecto y la optimización del mismo se recomienda utilizar software de diseño asistido por computadora (CAD/CAM) con las que el usuario esté mayormente familiarizado, especialmente en el desarrollo de planos técnicos, para reducir los tiempos de elaboración y evitar contratiempos durante la documentación del diseño.
- Ampliar el análisis de la simulación de mecanizado, especialmente en las placas base y elementos críticos de la matriz, con el fin de optimizar los tiempos de producción y reducir costos innecesarios. Esto permitirá identificar mejoras en los procesos previos a la fabricación real.
- A largo plazo se recomienda incluir un estudio preventivo de fallas o defectos potenciales en las piezas fabricadas, lo cual contribuirá a mejorar la precisión del diseño de la matriz y a garantizar la calidad del producto final. Esta evaluación puede basarse en ensayos virtuales o simulaciones de carga y desgaste.

Tabla cruzada de objetivos, conclusión y evidencia

N. Objetivo	Objetivo	Conclusión (Extracto)	Evidencia
Objetivo general	Diseñar las matrices para conformado de herraje de soporte de pared utilizado en estructuras livianas.	El diseño de la matriz progresiva integra los procesos de corte, perforación y doblado de forma secuencial, optimizando el proceso productivo y garantizando una fabricación continua y eficiente, lo que permite reducir tiempos, minimizar desperdicio y asegurar la repetitividad dimensional, cumpliendo así el objetivo general del proyecto con una solución técnica viable.	Presentación del diseño final de la matriz progresiva (planos técnicos detallados, vistas explosionadas, modelos 3D en CAD).
Objetivos específicos 1	Estudiar los procesos que intervienen en el conformado del herraje.	El análisis detallado del herraje y las operaciones de manufactura (corte, perforación, doblado) permitió definir una secuencia lógica de trabajo distribuida en siete estaciones dentro de la matriz progresiva, asegurando la correcta conformación del herraje y la calidad requerida de la pieza final.	Revisión bibliográfica de procesos de corte y doblado para chapas metálicas del espesor y material
Objetivos específicos 2	Diseñar y simular la matriz o matrices para el conformado del herraje.	Se investigaron las características técnicas necesarias para el diseño de cada uno de los elementos que conforman la matriz progresiva, considerando criterios de funcionalidad, resistencia y durabilidad.	En el capítulo 2 se detallan las características técnicas de los materiales y en la tabla 5 se detalla el material de cada elemento.
Objetivos específicos 2	Diseñar y simular la matriz o matrices para el conformado del herraje.	El autor diseñó y simuló una matriz progresiva para el conformado del herraje de soporte de pared, utilizando software de diseño asistido por computadora (CAD)	Se expone las piezas detalladas en el capítulo 3.

Objetivos específicos 3	Analizar el costo de construcción y verificar la inversión económica de las matrices.	El análisis de costos de la matriz consideró materiales disponibles y sus propiedades, el dimensionamiento de componentes, y los procesos de mecanizado, tratamientos térmicos y ensamblaje, derivando en un presupuesto técnico realista que confirma la viabilidad económica del proyecto y su potencial para la producción del herraje.	En el capítulo 3 se detalla los costos que involucra la fabricación de la matriz progresiva, incluyendo materia prima y elementos estandarizados.
Objetivos específicos 3	Analizar el costo de construcción y verificar la inversión económica de las matrices.	La verificación económica del proyecto confirmó su viabilidad, rentabilidad y un retorno de la inversión a corto plazo (1.12 meses), generando beneficios sostenibles a través de la comercialización del producto final, basándose en la demanda potencial y la capacidad productiva estimada.	Este apartado se detalla en el capítulo 3 mediante es estudio que arroja la factibilidad del proyecto, y demuestra el retorno de inversión en 1.12 meses acorde a los resultados del análisis de estimación de demanda del mercado.

BIBLIOGRAFÍA

[1] "3.2024_ESED_boletin_tecnico.pdf". Consultado: el 15 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Encuesta_Edificaciones/2024/anual/3.2024_ESED_boletin_tecnico.pdf?utm_source=chatgpt.com

[2] "nec2011-cap-10-vivienda-de-hasta-2-pisos-con-luces-de-hasta-4-0-m-021412.pdf". Consultado: el 13 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: https://inmobiliariadja.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/09/nec2011-cap-10-vivienda-de-hasta-2-pisos-con-luces-de-hasta-4-0-m-021412.pdf?utm_source=chatgpt.com

[3] J. R. Brito Peña y J. D. Villa Enderica, "Evaluación del confort térmico de una vivienda unifamiliar proyectada con Steel Frame optimizada acorde a la sección estructural", dic. 2020, Consultado: el 15 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/35257

[4] S. Kalpakjian, *MANUFACTURA, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA*, QUINTA EDICIÓN. PEARSON EDUCACIÓN, 2008.

[5] M. D. P. Albuja y V. L. T. Sánchez, "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO STEEL FRAMING FRENTE A MÉTODOS TRADICIONALES COMO EL HORMIGÓN ARMADO, EN LA", 2024, [En línea]. Disponible en: http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27219

[6] C. P. C. Logroño y R. A. P. Marcillo, "Análisis comparativo técnico de un sistema aporticado de hormigón armado y un sistema estructural steel framing.", nov. 2021, [En línea]. Disponible en: http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21897

[7] "¿Qué es Steel Framing? – EcoFrame de Prometal". [En línea]. Disponible en: https://www.prometal.ec/ecoframe/

[8] E. Jáuregui, *Introducción al sistema Steele Framing : construyendo con perfiles de acero galvanizado liviano*. Editorial Nobuko, 2012. [En línea]. Disponible en: https://www.digitaliapublishing.com/a/34277

[9] "Power BI Report". Consultado: el 15 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZTBiYWNhMDYtNzk5YS00MTI0LThjZTctOTFiZGJhNDIzMTA4IiwidCI6ImYxNThhMmU4LWNhZWMtNDQwNi1iMGFiLWY1ZTI1OWJkYTExMiJ9

[10] A. J. Hidalgo Cárdenas, "Construcción con perfiles metálicos livianos", bachelorThesis, Quito: Universidad de las Américas, 2015, 2015. Consultado: el 17 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/3658

[11] "Matrices moldes", Indemat. Consultado: el 29 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.indemat.com/matrices-moldes/

[12] B. S. López, "Procesos de conformado » Ingenieria Industrial Online", Ingenieria Industrial Online. Consultado: el 29 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://ingenieriaindustrialonline.com/procesos-industriales/procesos-de-conformado/

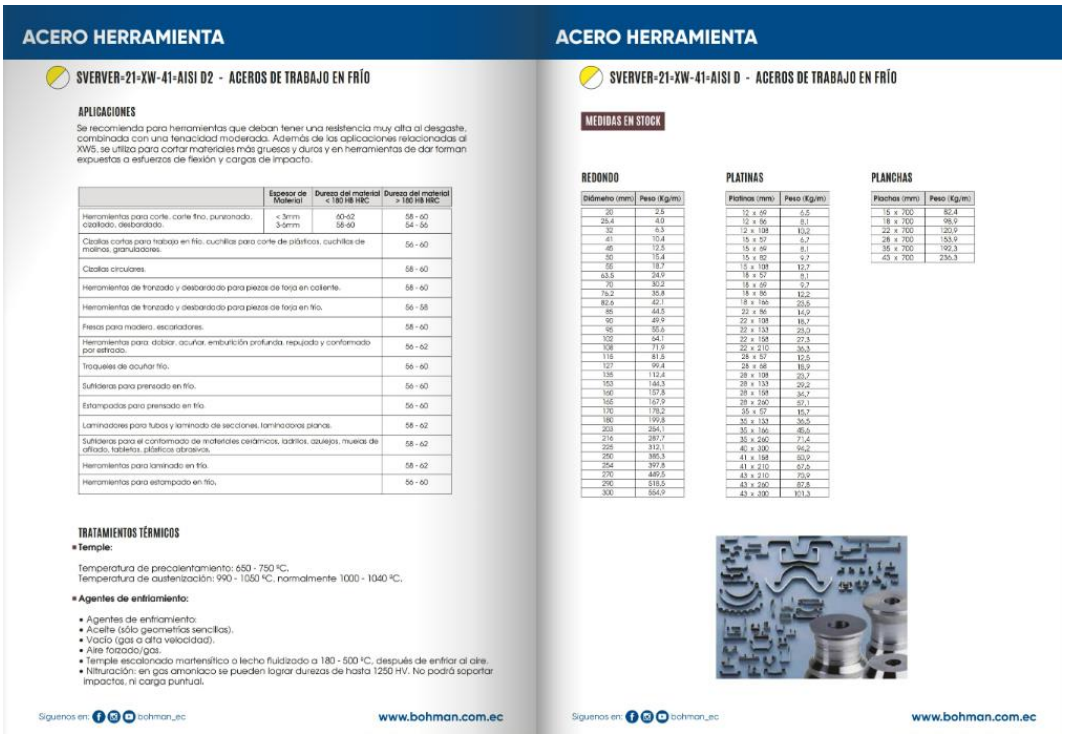
[13] "Estampación en Matrices Progresivas", Gestión De Compras. Consultado: el 29 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en:

https://www.gestiondecompras.com/es/productos/conformado-de-chapa/estampacion-en-matrices-progresivas/
[14] “Explicación de las técnicas de conformado por plegado | Artizono”. Consultado: el 29 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://artizono.com/es/tecnicas-de-conformado-por-plegado/
[15] “Formado”, Dassault Systèmes. Consultado: el 29 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.3ds.com/es/make/guide/process/forming
[16] J. Padial, “Acero galvanizado: qué es, fabricacion y aplicaciones”, Curiosoando. Consultado: el 29 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://curiosoando.com/que-es-el-acero-galvanizado
[17] “Perfiles de acero para Estructuras Metálicas Ligeras”, Perfiles Blanco. Consultado: el 29 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.perfilesblanco.com/estructuras-aligeradas/
[18] “Perfiles Steel Framing ESPAÑA | Fabricante Perfiles acero para estructura”, Perfiles Blanco. Consultado: el 29 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.perfilesblanco.com/steel-framing/
[19] “NEC_SE_AC_Estructura_Acero.pdf”. Consultado: el 30 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2023/01/NEC_SE_AC_Estructura_Acero.pdf
[20] “Ingeniería”, Estructuras Ligeras. Consultado: el 30 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://estructurasligeras.es/
[21] S. Meißl, K. Ninčević, B. E. Abali, y R. Wan-Wendner, “Mortar cure-dependent effects on adhesive anchor systems loaded in tension”, *Construction and Building Materials*, vol. 362, p. 129554, ene. 2023, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2022.129554.
[22] M. N. M. Tirado, “Maestría en Ingeniería Civil”, 2021.
[23] Manel, “Anclajes estructurales activos | ACE”, aceweb.cat. Consultado: el 30 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://aceweb.cat/es/articulos-destacados/anclajes-estructurales-activos/
[24] “HILTI_Livre blanc Eurocode2_ES.pdf”. Consultado: el 30 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.hilti.es/content/dam/documents/pdf/e2/es/HILTI_Livre%20blanc%20Eurocode2_ES.PDF
[25] “Perfiles Steel Framing ESPAÑA | Fabricante Perfiles acero para estructura”, Perfiles Blanco. Consultado: el 30 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.perfilesblanco.com/steel-framing/
[26] Buildmart, “Pared Ajustable De 90 Grados & ángulo Del Clip De Techo”. [En línea]. Disponible en: https://es.buildmartmaterial.com/90-degree-adjustable-wall-roof-clip-angle_p22.html
[27] “Acero para herramientas AISI tipo D2, templado al aire a partir de 1010 °C, revenido a 450 °C”. Consultado: el 7 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=89e3ffd52b6644b58a109dc4de9eeb09
[28] “Acero AISI 1045, templado y revenido a 595 HB”. Consultado: el 7 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=e2fd4473c1ac4dd5a49b20ddeff4f1ac

[29] “Acero ASTM A36: características, propiedades, análogos - Metinvest”. [En línea]. Disponible en: https://metinvestholding.com/es/products/steel-grades/astma36
[30] “ASTM A36 Acero, placa”. Consultado: el 1 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=afc003f4fb40465fa3df05129f0e88e6
[31] “Tratamientos térmicos en aplicaciones de ingeniería - Blog Comité de Estudiantes de Ingeniería Mecánica - CEIM - Uninorte”. [En línea]. Disponible en: https://www.uninorte.edu.co/web/ceimun/home/-/blogs/tratamientos-termicos-en-aplicaciones-de-ingenieria
[32] “Tratamientos térmicos de los aceros y sus objetivos - ACEROA”. [En línea]. Disponible en: https://www.aceroa.com/tratamientos-termicos-de-los-aceros-y-sus-objetivos/
[33] “Guía definitiva de prensa hidráulica - SC Machinery”. [En línea]. Disponible en: https://www.shen-chong.com/es/hydraulic-press-ultimate-guide/
[34] “Komatsu Power Presses ‘OBS’ | Stamping Presses | Komatsu Industries Corp”. Consultado: el 15 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: https://sanki.komatsu/en/tanatsu/OBS.html
[35] “Manual de Ingeniería de Steel Framing.pdf”, Google Docs. Consultado: el 13 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: https://drive.google.com/file/u/0/d/0B9nKI1tYMgmeMmU2dVNNY0hycXc/view?usp=sharing&pli=1&usp=embed_facebook
[36] “2.2023_ESED_Principales_resultados.pdf”. Consultado: el 13 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Encuesta_Edificaciones/2023/anual/2.2023_ESED_Principales_resultados.pdf

ANEXOS

Anexo. 1. Catálogo de acero AISI D2.



ACERO HERRAMIENTA

SVERVER-21-XW-41-AISI D2 - ACEROS DE TRABAJO EN FRÍO

APLICACIONES

Se recomienda para herramientas que deban tener una resistencia muy alta al desgaste, combinada con una tenacidad moderada. Además de las aplicaciones relacionadas al XW5, se utiliza para cortar materiales más gruesos y duros y en herramientas de dar forman expuestas a esfuerzos de flexión y cargas de impacto.

	Espesor de Material	Dureza del material < 180 HB HRC	Dureza del material > 180 HB HRC
Herramientas para corte, corte fino, punzonado, cizallado, desbarbado.	< 3mm 3-6mm	60-62 58-60	58 - 60 54 - 56
Cizallas cortas para trabajos en frío, cuchillas para corte de plásticos, cuchillas de molinos, granuladores.			56 - 60
Cizallas circulares.			58 - 60
Herramientas de tronzado y desbarbado para piezas de forja en caliente.			58 - 60
Herramientas de tronzado y desbarbado para piezas de forja en frío.			56 - 58
Fresas para madera, escariadores.			58 - 60
Herramientas para doblar, acuñar, embutición profunda, repujado y conformado por estirado.			56 - 62
Troqueles de acuñar frío.			56 - 60
Sufrideras para prensado en frío.			56 - 60
Estampados para prensado en frío.			56 - 60
Laminadores para tubos y laminado de secciones, laminadoras planas.			58 - 62
Sufrideras para el conformado de materiales cerámicos, ladrillos, azulejos, muelas de afilado, tabletas, plásticos abrasivos.			58 - 62
Herramientas para laminado en frío.			58 - 62
Herramientas para estampado en frío.			56 - 60

TRATAMIENTOS TÉRMICOS

- **Temple:**

Temperatura de precalentamiento: 650 - 750 °C.
Temperatura de austenización: 990 - 1050 °C, normalmente 1000 - 1040 °C.

- **Agentes de enfriamiento:**

- Agentes de enfriamiento:
- Aceite (sólo geometrías sencillas).
- Vacío (gas a alta velocidad).
- Aire forzado/gas.
- Temple escalonado martensítico a lecho fluidizado a 180 - 500 °C, después de enfriar al aire.
- Nitruración: en gas amoniaco se pueden lograr durezas de hasta 1250 HV. No podrá soportar impactos, ni carga puntual.

Síguenos en: bohman_ec

www.bohman.com.ec

ACERO HERRAMIENTA

SVERVER-21-XW-41-AISI D - ACEROS DE TRABAJO EN FRÍO

MEDIDAS EN STOCK

REDONDO

Diámetro (mm)	Peso (Kg/m)
20	2.5
25.4	4.0
32	6.3
41	10.4
45	12.5
50	15.4
55	18.7
63.5	24.9
70	30.2
76.2	35.8
82.6	42.1
88	48.5
90	49.9
95	55.6
102	64.1
108	71.9
116	81.6
127	99.4
135	112.4
153	144.3
160	157.8
165	167.9
170	178.2
180	199.8
203	254.1
216	287.7
225	312.1
250	385.3
254	397.8
270	449.5
290	518.5
300	554.9

PLATINAS

Platinas (mm)	Peso (Kg/m)
12 x 69	6.5
12 x 86	8.1
12 x 108	10.2
15 x 57	6.7
15 x 69	8.1
15 x 82	9.7
15 x 108	12.7
18 x 57	8.1
18 x 69	9.7
18 x 86	12.2
18 x 166	23.5
22 x 86	14.9
22 x 108	18.7
22 x 133	23.0
22 x 158	27.3
22 x 210	36.3
28 x 57	12.5
28 x 68	15.9
28 x 108	23.7
28 x 133	29.2
28 x 158	34.7
28 x 260	57.1
35 x 57	15.7
35 x 133	36.5
35 x 166	45.6
35 x 260	71.4
42 x 300	94.2
41 x 158	50.9
41 x 210	67.6
43 x 210	70.9
43 x 260	87.8
43 x 300	101.3

PLANCHAS

Planchas (mm)	Peso (Kg/m)
15 x 700	82.4
18 x 700	98.9
22 x 700	120.9
28 x 700	153.9
35 x 700	192.3
43 x 700	236.3

Síguenos en: bohman_ec

www.bohman.com.ec

Anexo. 2. Catálogo de acero ASTM A36



PLANCHA LAMINADA EN CALIENTE

PLANCHAS LAMINADAS EN CALIENTE ASTM A36 / A1011

INFORMACIÓN TÉCNICA:

Es acero laminado que ha pasado por el proceso de conformación a una temperatura superior a los 926 grados para evitar que se recristalice.

Durante el proceso de enfriamiento, el acero laminado en caliente se contrae, haciendo que su tamaño y forma final sean menos predecibles que los del laminado en frío.

El laminado en caliente permite una gran variedad de formas y de piezas, además de poderse utilizar para fabricar piezas grandes sin tener que preocuparse por la integridad del material.

Es fácil de soldar, cortar, dar forma y maquinar.

APLICACIONES:

- Edificios metálicos
- Rieles de vías de tren
- Bastidores
- Partes de vehículos pesados
- Calentadores de agua
- Anclajes
- Llantas
- Estructuras de construcción

MEDIDAS EN STOCK

ESPESOR MM	DIMENSIÓN	PESO TEÓRICO KG/PLANCHAS
2	1220 X 2440	46.74
2.8	1220 X 2440	65.43
3	1220 X 2440	70.10
3.8	1220 X 2440	88.80
4	1220 X 2440	93.47
5	1220 X 2440	116.84
5.8	1220 X 2440	135.53
6	1220 X 2440	140.21
8	1220 X 2440	186.94
10	1220 X 2440	233.68
12	1220 X 2440	280.41
15	1220 X 2440	350.52

Norma	COMPOSICIÓN QUÍMICA				
	C	Mn	P	S	Si
A36	0.25	0.8-1.2 Máx	0.040 Máx	0.050 Máx	0.40 Máx

Norma	PROPIEDAD MECÁNICA		
	Límite de Fluencia MPa >	Carga de Rotura MPa	Elongación % ≥
A36	250	400 - 550	23 (2") 20 (8")

TOLERANCIAS DE ESPESOR SEGÚN NORMA A568 Y A635

Thickness MM	(WIDTH)
	>1200-≤1500
>2.0 - 2.50	±0.35
>3.00 - 4.0	±0.40
>4.00 - 5.0	±0.40
>5.00 - 8.0	±0.60
>8.00 - 10.0	±0.71
>10.00 - 12.0	±0.76
>13.00 - 15.0	±0.83

CALDEROS EN INDUSTRIAS

Síguenos en: bohman_ec

wwwbohman.com.ec

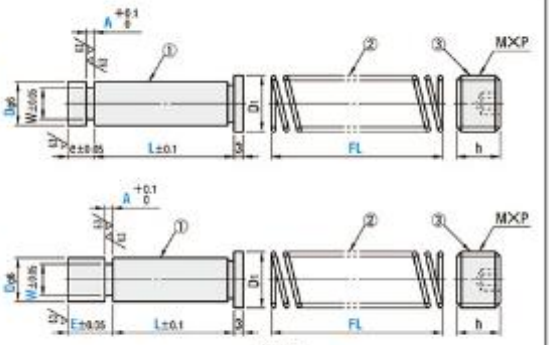
Anexo. 3. Conjunto de elevadores guía.

GUIDE LIFTER SETS



Type	Catalog No.	Components ① Pin	② Spring	③ Screw
Standard	GLS	○	○	○
Configurable L-A-E-W dimensions	GLSH			
Standard	GLP	○		
Configurable L-A-E-W dimensions	GLH			

Type	Catalog No.	Components ① Pin	② Spring	③ Screw
Configurable L-A-E-W dimensions	GLSK	○	○	○
	GLK	○		



■Standard type

①GLP Dg6	e	W	D1	③MSW M×P	h	Catalog No. Type	D	L	A	②Spring Type	FL	Base unit price 1~19 pieces GLS	GLP
4 -0.004 -0.012	5	2.0	6	8×1.25	8	GLS ①②③	4	10 15 20 22 25 28 30 33 35 36 40 45 50	0.5 0.8 1.0	WR	20 25	Quotation	
6	7	3.6	8	10×1.5	10		6	10 15 20 22 25 28 30 33 35 36 40 45 50	0.5 0.8 1.0 1.6	WF	30 35		
8 -0.005 -0.014		5.0	10	12×1.5			8	10 15 20 22 25 28 30 33 35 36 40 45 50 55 60	1.0 1.6 2.0	WL	40 45		
10		6.0	13	16×1.5			10	20 22 25 28 30 33 35 36 40 45 50 55 60	1.6 2.0 2.5	WT	50 55		
13 -0.006 -0.017		7.0	16	20×1.5		GLP ①	13	20 22 25 28 30 33 35 36 40 45 50 55 60	2.0 2.5 3.6	WM	60 65		
16	12	8.0	19	22×1.5	12		16	30 33 35 36 40 45 50 55 60 70	2.0 2.5 4.0	WH	70 80		
20 -0.007 -0.020		10.0	23	27×1.5			20	33 35 36 40 45 50 55 60 70	3.6 5.0	WL WT WM WH	90 100		

※ Springs ② are unavailable in certain types and sizes. Check the "Combinations of guide lifter pin and spring" table on the page at right.

■Configurable L-A dimension type

①GLH Dg6	e	W	D1	③MSW M×P	h	Catalog No. Type	D	0.1mm increments L	A	②Spring Type	FL	Base unit price 1~19 pieces GLSH	GLH
4 -0.004 -0.012	5	2.0	6	8×1.25	8	GLSH ①②③	4	10.0~ 55.0	0.5~2.0	WR	20 25	Quotation	
6	7	3.6	8	10×1.5	10		6	10.0~ 75.0	0.5~3.0	WF	30 35		
8 -0.005 -0.014		5.0	10	12×1.5			8	10.0~ 75.0	0.7~4.5	WL	40 45		
10		6.0	13	16×1.5			10	10.0~ 90.0	0.7~4.5	WT	50 55		
13 -0.006 -0.017		7.0	16	20×1.5		GLH ①	13	10.0~ 90.0	1.0~6.0	WM	60 65		
16	12	8.0	19	22×1.5	12		16	10.0~ 100.0	1.0~6.0	WH	70 80		
20 -0.007 -0.020		10.0	23	27×1.5			20	15.0~ 100.0	1.0~6.0	WL WT WM WH	90 100		
25		13.0	28	33×1.5			25	15.0~ 100.0	1.0~6.0				

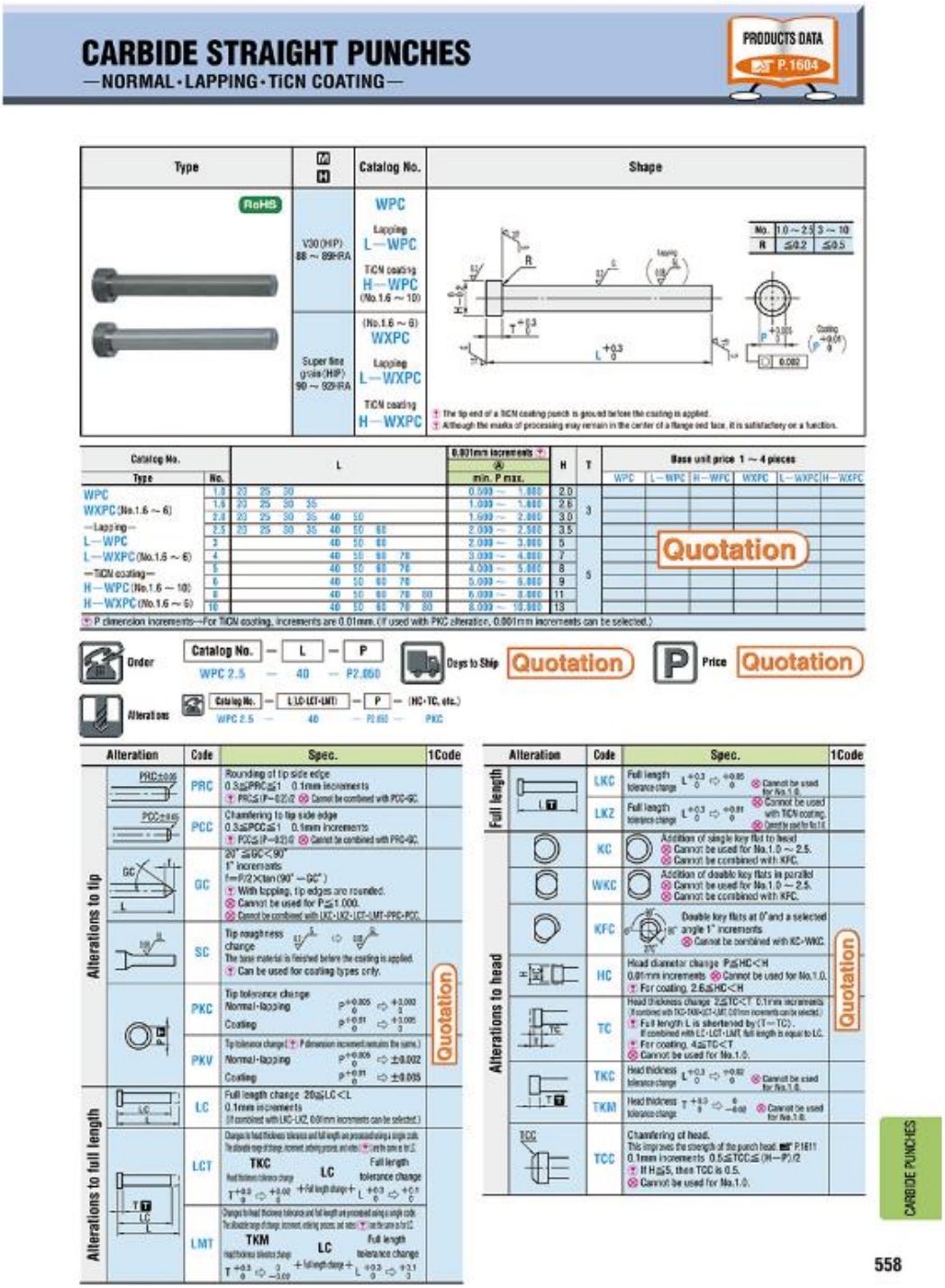
※ Springs ② are unavailable in certain types and sizes. Check the "Combinations of guide lifter pin and spring" table on the page at right.

■Configurable L-A-E-W dimension type

①GLK Dg6	D1	③MSW M×P	h	Catalog No. Type	D	0.1mm increments L	A	E	W	②Spring Type	FL	Base unit price 1~19 pieces GLSK	GLK
4 -0.004 -0.012	6	8×1.25	8	GLSK ①②③	4	15.0~45.0	0.5~2.0	5.0~10.0	1.5~ 2.2	WR	20 25	Quotation	
6	8	10×1.5	10		6	15.0~72.0	0.5~3.0	5.0~10.0	2.5~ 4.5	WF	30 35		
8 -0.005 -0.014	10	12×1.5			8	15.0~72.0	0.7~4.5	5.0~10.0	3.5~ 6.0	WL	40 45		
10	13	16×1.5			10	15.0~82.0	0.7~4.5	5.0~15.0	5.0~ 8.0	WT	50 55		
13 -0.006 -0.017	16	20×1.5	12	GLK ①	13	20.0~82.0	1.0~6.0	5.0~15.0	6.0~11.0	WM	60 65		
16	19	22×1.5			16	20.0~82.0	1.0~6.0	10.0~20.0	6.0~14.0	WH	70 80		
20 -0.007 -0.020	23	27×1.5			20	20.0~82.0	1.0~6.0	10.0~20.0	10.0~18.0	WL WT WM WH	90 100		
25	28	33×1.5			25	20.0~82.0	1.0~6.0	10.0~20.0	13.0~22.0				

※ E≧A+2
※ Springs ② are unavailable in certain types and sizes. Check the "Combinations of guide lifter pin and spring" table on the page at right.

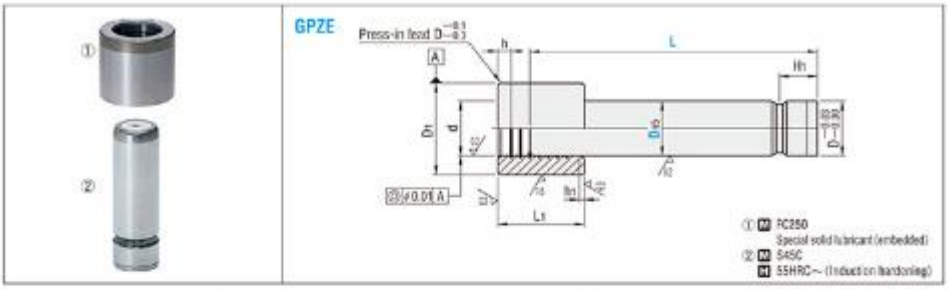
Anexo. 4. Punzón de perforación.



Anexo. 5. Conjunto coluna guía.

OIL-FREE GUIDE POST SETS

—PRESS-FIT TYPE—



②			①						
D_{1s}		H_1	d		$D_{1s/ss}$ GPZE		h	h_1	L_1
32	+0.026 +0.017	20	32	+0.047 +0.037	52	±0.0065	8	4	48
38		25	38	+0.049 +0.037	60		10	5	55
50		32.5	50	+0.052 +0.037	70		15	10	75
60	+0.033 +0.020	37.5	60	+0.061 +0.043	80		20		90
80		50	80	+0.063 +0.043	100	±0.0075	25		120

D_1	Catalog No. Type	D	L	Base unit price 1~9 pieces
52	GPZE	32	90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 200 220 250	Quotation
60		38	110 120 130 140 150 160 170 180 200 220 250 280 300	
70		50	160 170 180 200 220 250 280 300 350	
80		60	180 200 220 250 280 300 350 400	
100		80	250 280 300 350 400 450	

Order — Catalog No. — L — GPZE 80 — 300

Price — Quotation

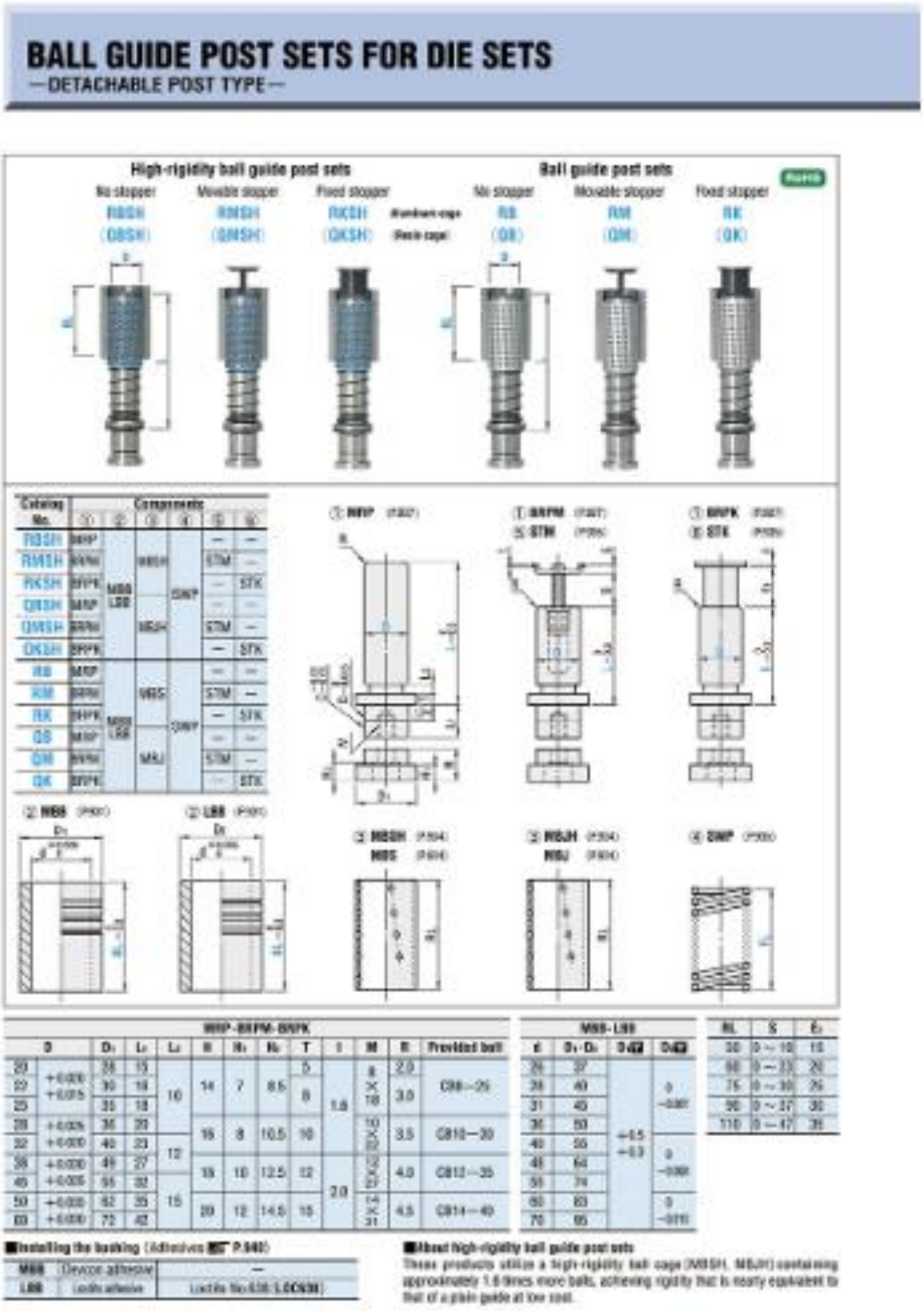
Days to Ship — Quotation

Alterations — Catalog No. — L (LC) — GPZE 80 — LC 250 — Quotation

Alteration	Code	Spec.	D	1Code
	LC	Post length change LCmin.≦LC<Lmax. 1mm increments	32 38-50 60-80	Quotation

D	LCmin.
32	85
38	105
50	140
60	165
80	220

Anexo. 6. Conjunto de columna guía de placa porta punzones.



BALL GUIDE POST SETS FOR DIE SETS

—DETACHABLE POST TYPE—

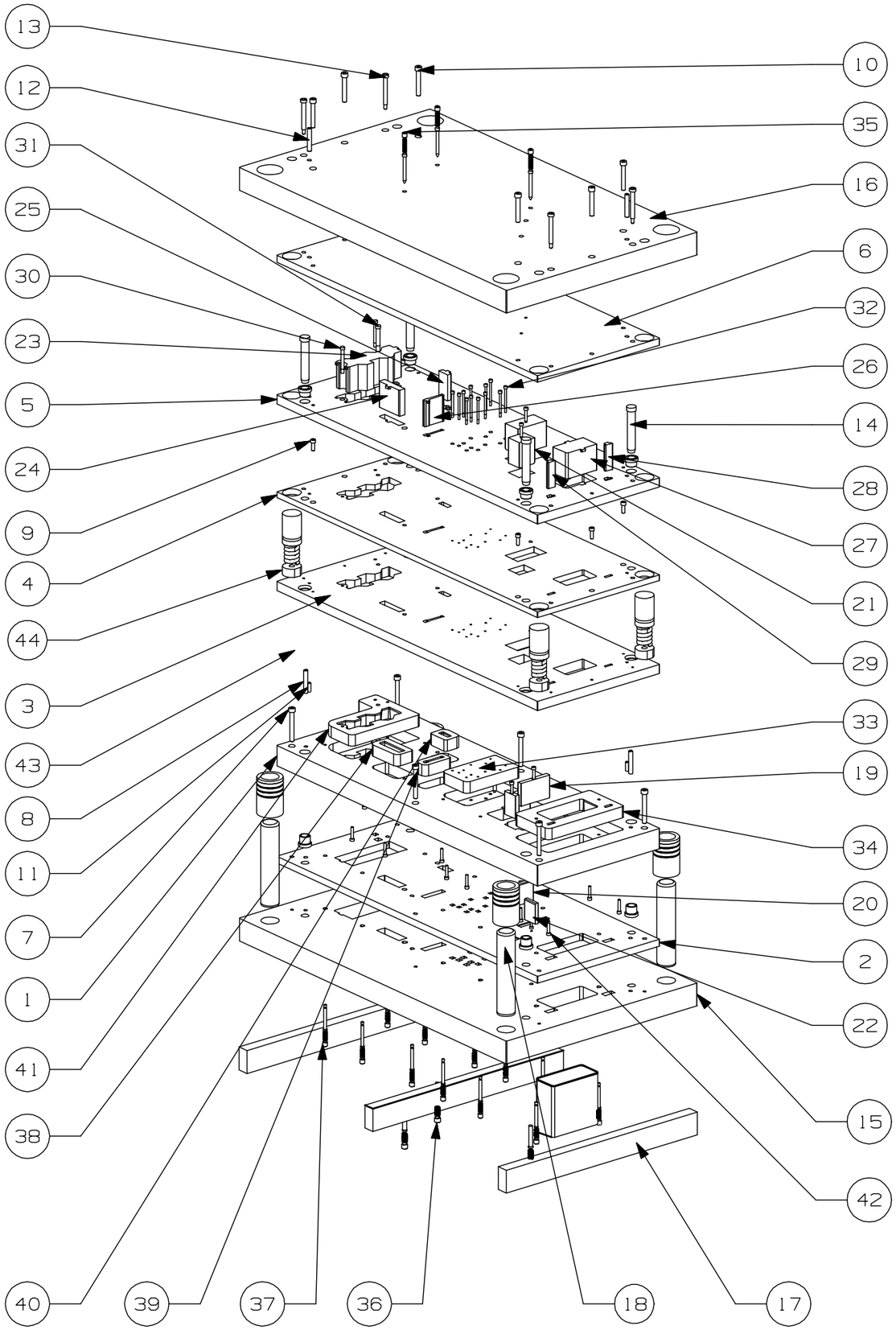
High-rigidity ball guide post sets

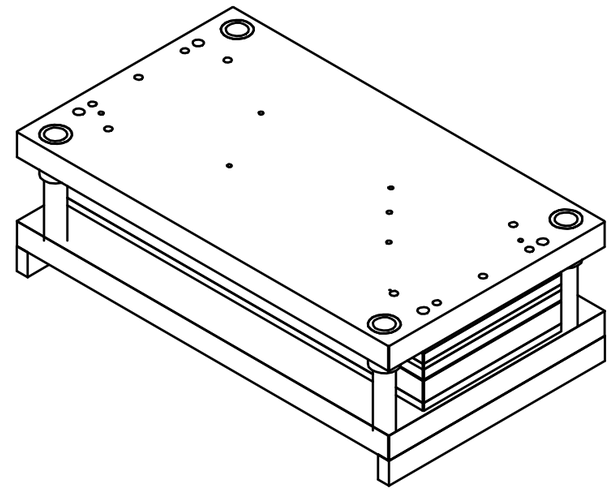
No stopper | Movable stopper | Fixed stopper

Ball guide post sets

No stopper | Movable stopper | Fixed stopper

PLANOS





				Tolerancia: ± 0.5	Peso: 656.90 kg	Material: MATERIALES VARIOS
					Fecha	Nombre
				Dibujó:	02/06/2025	Alex Eduardo Nuñez
				Revisó:	16/06/2025	Ing. Francisco Peña
				Aprobó:	16/06/2025	Ing. Francisco Peña
				U.T.A.		Número de lámina: Hoja 1 de 23
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	INGENIERÍA MECÁNICA		(sustitución)

Denominación: VISTA GENERAL DE LA MATRIZ

Escala: 1: 10

Registro:

PC NO	DENOMINACIÓN	CANT.
1	PLACA_PORTA_MATRICES	1
2	PLACA_SUFRIDERA_INFERIOR	1
3	PLACA_PISADORA	1
4	PLACA_SUFRIDERA_INTERMEDIA	1
5	PLACA_PORTA_PUNZONES	1
6	PLACA_SUFRIDERA_SUPERIOR	1
7	PERNOS_PLACA_SUFRIDERA_INFERIOR_SHCS_SET_039	1
8	PIN_PLC_BASE_PORTA_MATRIZ_DOWEL_SET_033	1
9	PERNOS_PLACA_PISADORA_SHCS_SET1_040	1
10	PERNOS_PLACA_PORTA_PUNZONES_SHCS_SET3_041	1
11	PIN_PLC_PISADORA_DOWEL_SET1_034	1
12	PINES_PLC_SUPERIOR_SUFRIDERA_PORTA_P_DOWEL_SET3_035	1
13	PERNOS_PLACA_BASE_SUPERIOR_PISADERA_HSSS_SET_022	1
14	COLUMNAS_GUIA_PORTA_PUNZONES_SGUIDE_SET_037	1
15	PLACA_BASE_INFERIOR	1
16	PLACA_BASE_SUPERIOR	1
17	SEPARADORES	3
18	COLUMNA_GUIA	1
19	PUNZON_DOBLADO_1	1
20	TROQUEL_DOBLADO_1	1
21	PUNZON_DOBLADO_2	1
22	TROQUEL_DOBLADO_2	1
23	PUNZON_1_F_G	1
24	PUNZON_2_F_R_I	1
25	PUNZON_3_F_R_S	1
26	PUNZON_4_F_D	1
27	PUNZON_5_F_R_C_F	1
28	PUNZON_6_C_S	1
29	PUNZON_7_C_I	1
30	PUNZON_ST_D6_1	1
31	PUNZON_ST_D8	1
32	PUNZON_ST_D4_1	1
33	TROQUEL PERFORACIONES STDR	1
34	TROQUEL 7 F R C F	1
35	PUNZONES_DE_POSICIONAMIENTO_PILOT_B_255	3
36	SOPORTE_PUNZONES_DE_POSICIONAMIENTO_BURRING_LIFTER_SET_262	3
37	COLUMNAS_ELEVADORAS_GUIDE_LIFTER_D_278	6
38	TROQUEL 2 F R I	1
39	TROQUEL 4 F D	1
40	TROQUEL 3 F R S	1
41	TROQUEL 1 F G G Y A	1
42	PERNOS_DE_TROQUELES_SHCS_310	13
43	BANDA_PIEZA_H_S_P_SIMULATION_010	1
44	RESORTE_PISADERA	1

Edición	Modificación	Fecha	Nombre

Tolerancia: ± 0.5

Peso:

Material: VARIOS

	Fecha	Nombre
Dibujó:	02/06/2025	Alex Eduardo Nuñez
Revisó:	16/06/2025	Ing. Francisco Peña
Aprobó:	16/06/2025	Ing. Francisco Peña

U.T.A.

INGENIERÍA MECÁNICA

Denominación: LISTADO DE ELEMENTOS

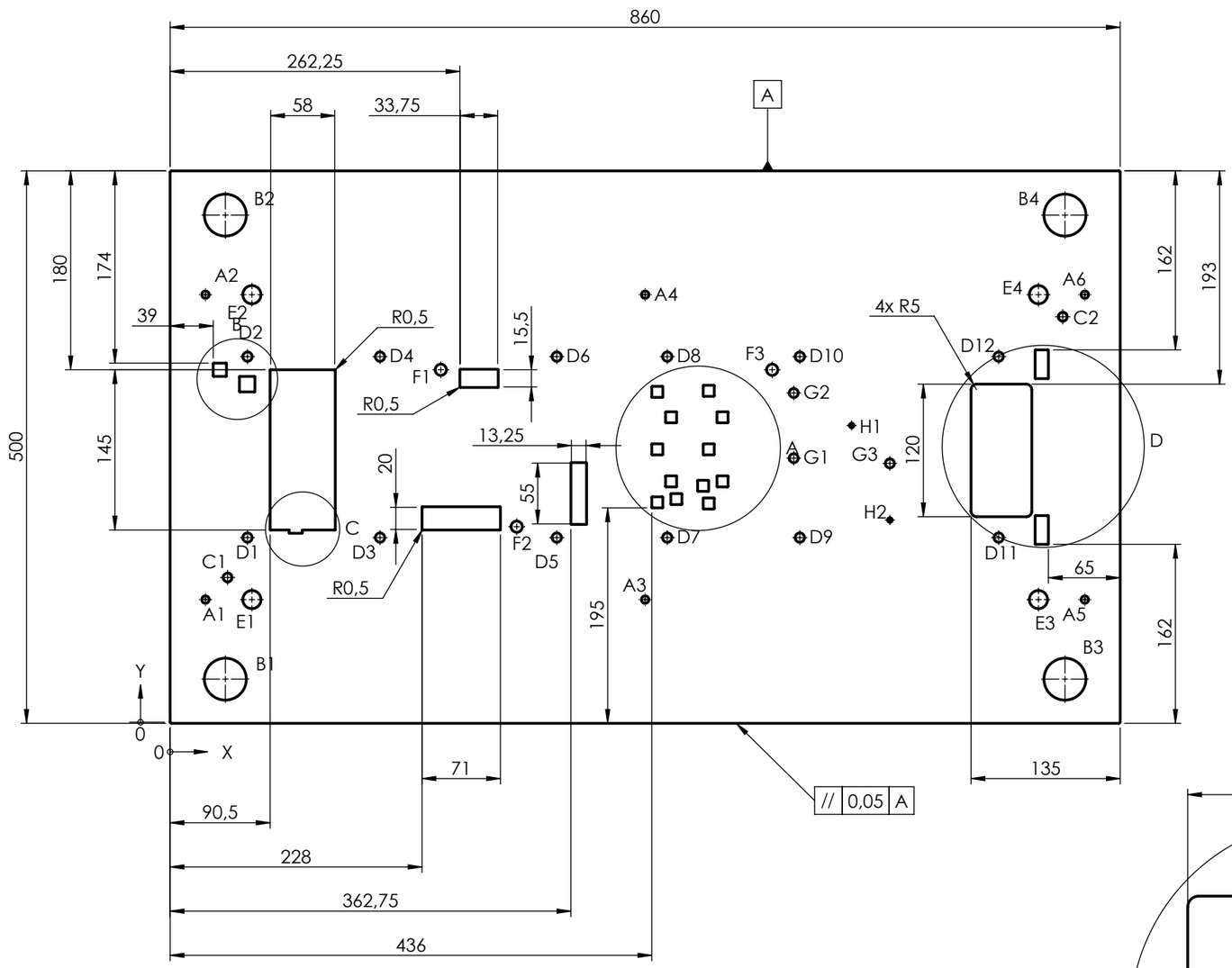
Escala: 1:1

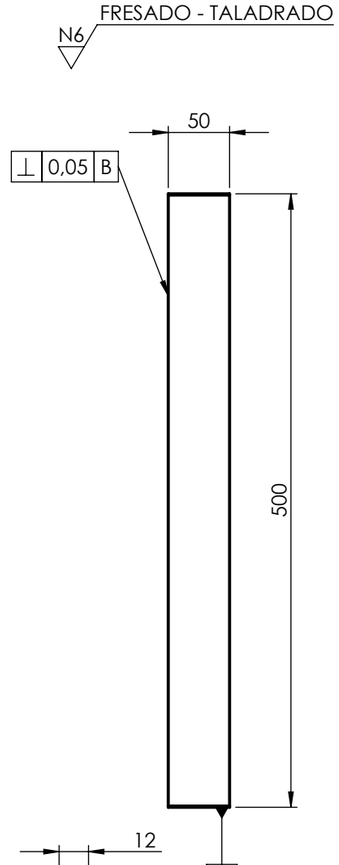
Número de lámina: Hoja 2 de 23

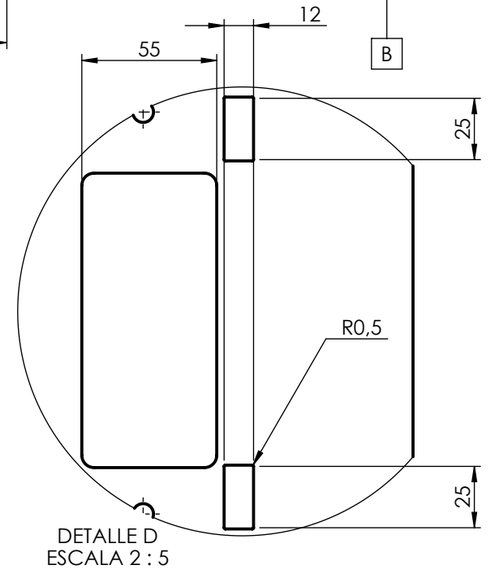
Registro:

(sustitución)

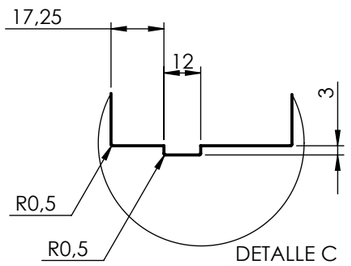
RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	32	111	⌴ ∅6,8↧17,5
A2	32	387	
A3	430	111	
A4	430	387	
A5	828	111	
A6	828	387	
B1	50	39	∅38 POR TODO
B2	50	459	
B3	810	39	
B4	810	459	
C1	52	131	∅8
C2	808	367	
D1	70	167,10	∅8,5 POR TODO
D2	70	330,90	
D3	190	167,10	
D4	190	330,90	
D5	350	167,10	
D6	350	330,90	
D7	450	167,10	
D8	450	330,90	
D9	570	167,10	
D10	570	330,90	
D11	750	167,10	
D12	750	330,90	
E1	74	111	∅16,5 POR TODO
E2	74	387	
E3	786	111	
E4	786	387	
F1	245	319	∅10,2 POR TODO
F2	313,75	177	
F3	545	319	
G1	564,50	239	∅8,25 POR TODO
G2	564,50	298	
G3	651,50	234,31	
H1	616,90	268,62	∅4,2↧5
H2	651,54	183	



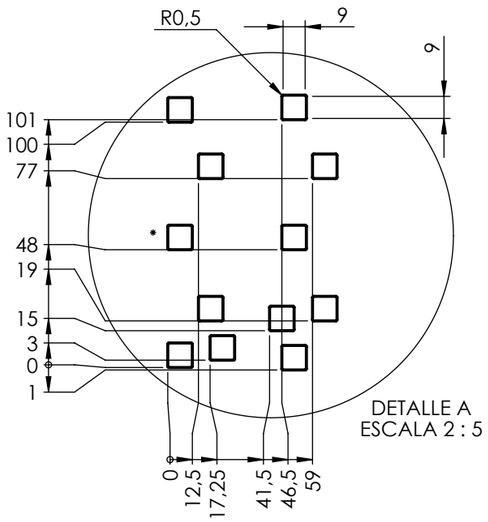




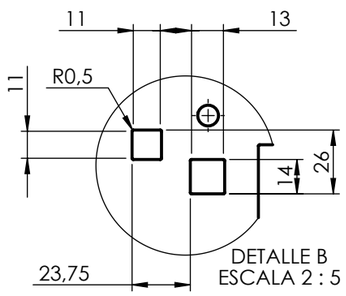
DETALLE D
ESCALA 2 : 5



DETALLE C
ESCALA 1 : 2



DETALLE A
ESCALA 2 : 5



DETALLE B
ESCALA 2 : 5

Edición	Modificación	Fecha	Nombre

Tolerancia: ±0.5	Peso: 158228.95 g	Material: AISI 1045
	Fecha	Nombre
Dibujó:	6/6/2025	Alex Eduardo Nuñez
Revisó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña
Aprobó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña

U.T.A.
INGENIERÍA MECÁNICA

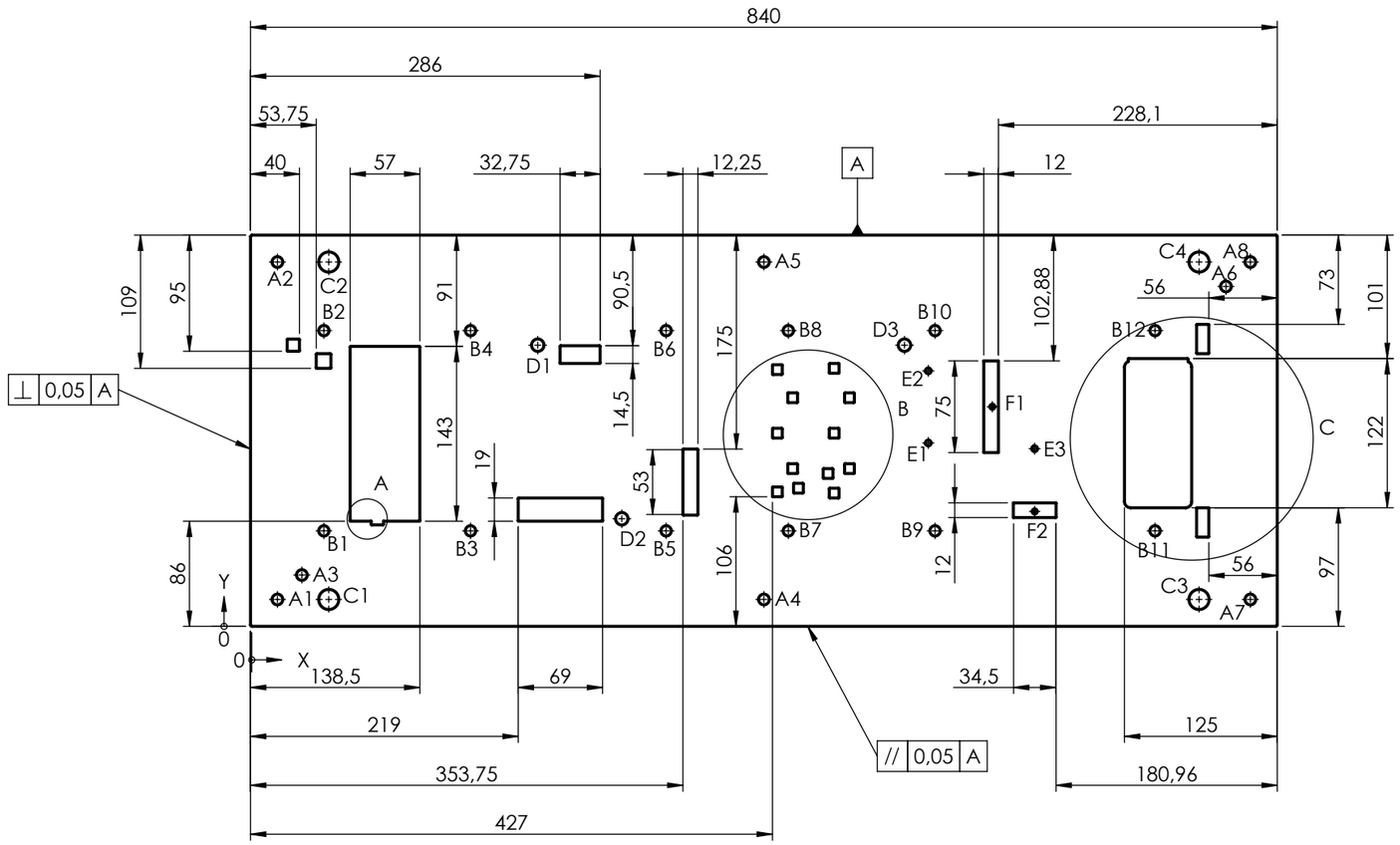
Denominación: PLACA BASE INFERIOR

Escala: 1:5

Número de Lámina: 03 DE 023

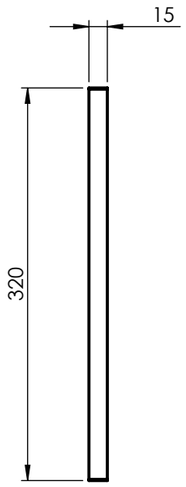
Registro:

(sustitución)

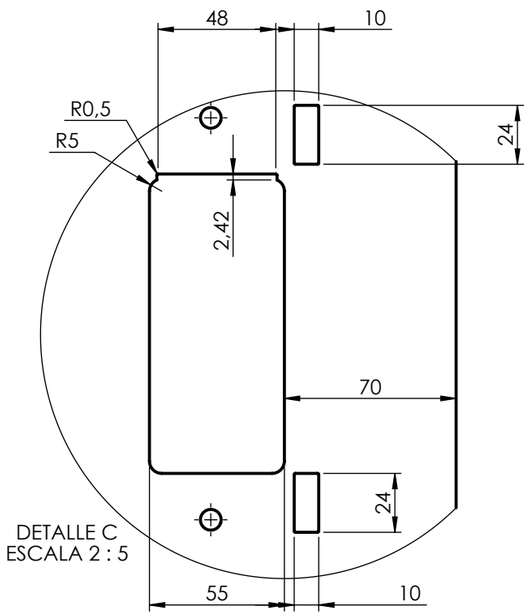


FRESADO - TALADRADO

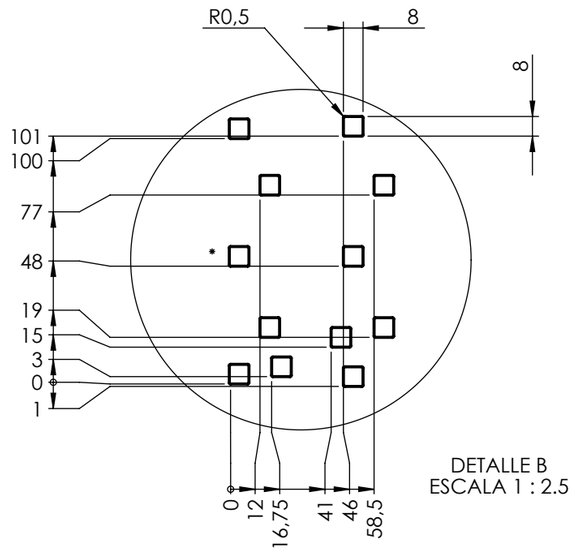
N6



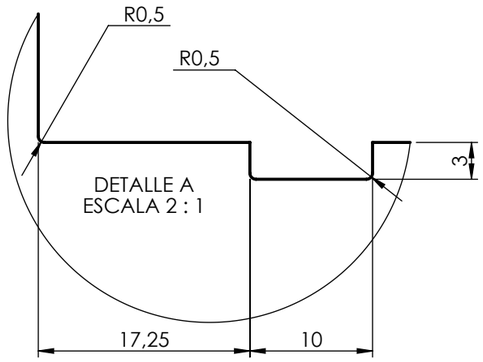
RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	21	22	∅8,8 POR TODO
A2	21	298	
A3	41	42	
A4	419	22	
A5	419	298	
A6	797	278	
A7	817	22	
A8	817	298	
B1	59	78,10	∅8,5 POR TODO
B2	59	241,90	
B3	179	78,10	
B4	179	241,90	
B5	339	78,10	
B6	339	241,90	
B7	439	78,10	
B8	439	241,90	
B9	559	78,10	
B10	559	241,90	
B11	739	78,10	
B12	739	241,90	
C1	63	22	∅16,5 POR TODO
C2	63	298	
C3	775	22	
C4	775	298	
D1	234	230	∅10,2 POR TODO
D2	302,75	88	
D3	534	230	
E1	553,50	150	∅4,8 POR TODO
E2	553,50	209	
E3	640,50	145,31	
F1	605,90	179,62	∅4,2 POR TODO
F2	640,54	94	



DETALLE C
ESCALA 2 : 5



DETALLE B
ESCALA 1 : 2.5

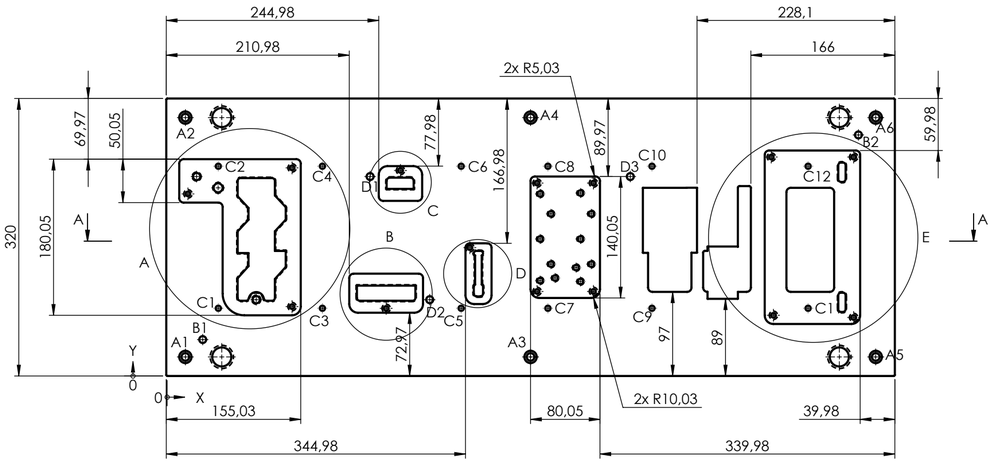


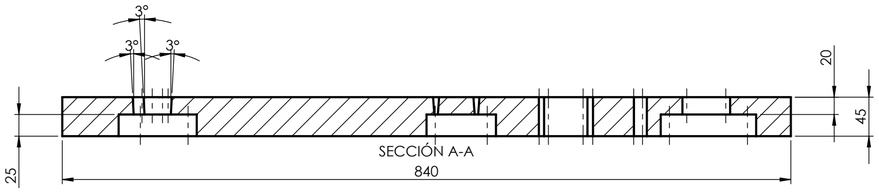
DETALLE A
ESCALA 2 : 1

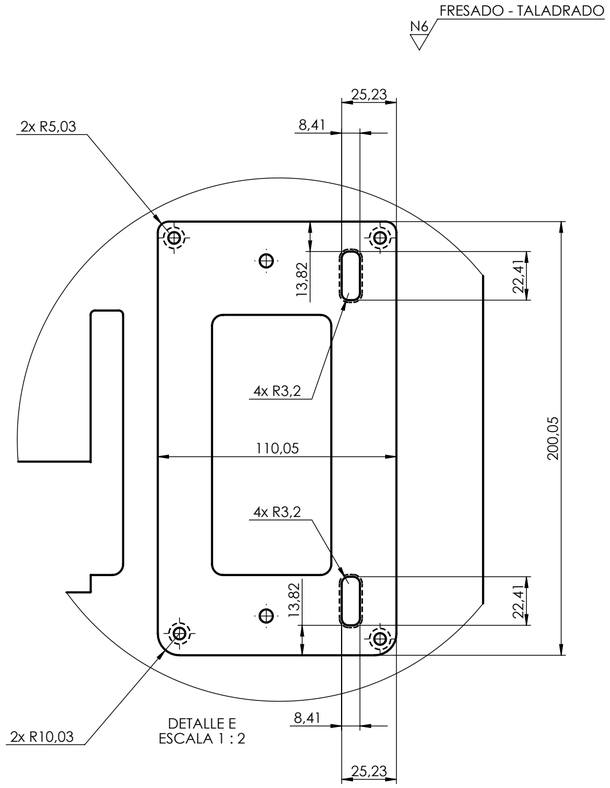
Edición	Modificación	Fecha	Nombre

Tolerancia: ±0.1	Peso: 29141.10 g	Material: ASTM A36
	Fecha / Nombre	Denominación: PLACA SUFRIDERA INFERIOR — Escala: 1:5
Dibujó:	6/6/2025 — Alex Eduardo Nuñez	
Revisó:	16/6/2025 — Ing. Francisco Peña	
Aprobó:	16/6/2025 — Ing. Francisco Peña	
U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		Número de Lámina: 04 DE 023 — Registro:
		(sustitución)

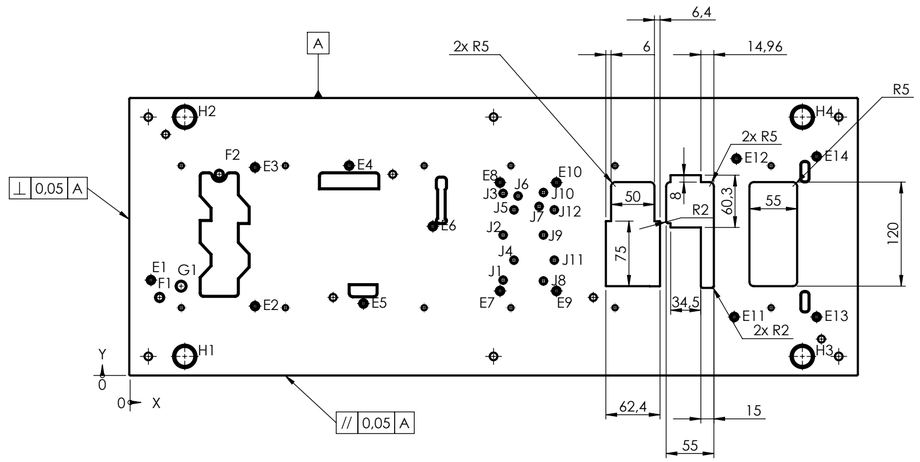
RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMANO
E1	24	110	∅5,4 POR TODO ⌴ ∅9,75↧6
E2	144	80	
E3	144	240	
E4	252,50	242	
E5	269	83	
E6	349	172	
E7	426,50	97,50	
E8	426,50	222,50	
E9	491,50	97,50	
E10	491,50	222,50	
E11	696,50	67,50	
E12	699	250	
E13	791,50	67,50	
E14	791,50	252,50	
F1	34	90	∅10,5023 CÓNICO 6° HASTA ∅8.41
F2	102,75	232	
G1	58,75	103	∅12,5023 CÓNICO 6° HASTA ∅10.41
H1	63	22	∅22 POR TODO ⌴ ∅27↧6
H2	63	298	
H3	775	22	
H4	775	298	
J1	430	110	∅8,5023 CÓNICO 6° HASTA ∅6.41
J2	430	162	
J3	430	210	
J4	442,50	133	
J5	442,50	191	
J6	447,25	207	
J7	471,50	195	
J8	476,50	109	
J9	476,50	162	
J10	476,50	211	
J11	489	133	
J12	489	191	

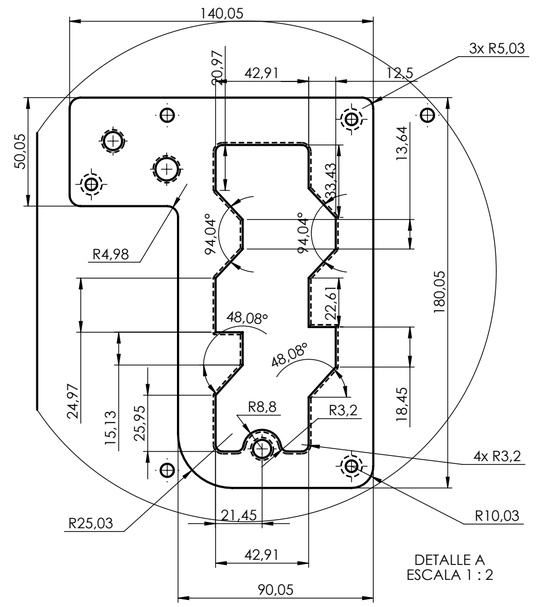


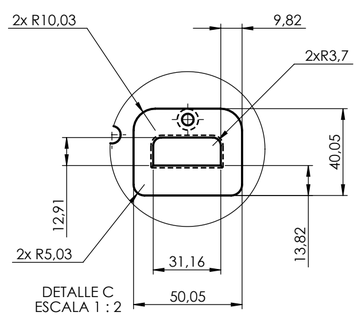


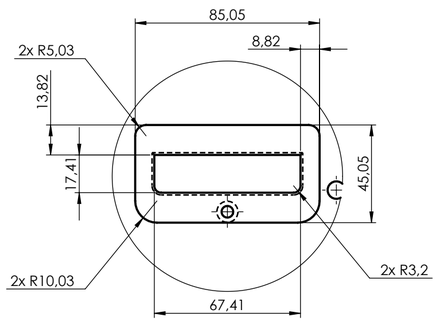


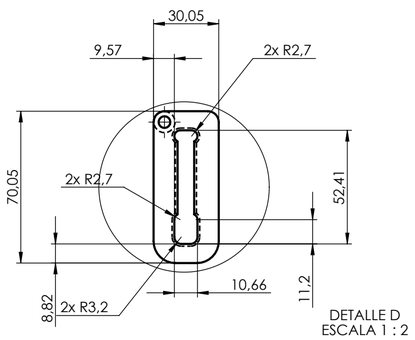
RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMANO
A1	21	22	∅8,8 POR TODO ⌴ ∅14,25↧8,5
A2	21	298	
A3	419	22	
A4	419	298	
A5	817	22	
A6	817	298	
B1	41	42	∅8 POR TODO
B2	797	278	
C1	59	78,10	∅6,1 POR TODO
C2	59	241,90	
C3	179	78,10	
C4	179	241,90	
C5	339	78,10	
C6	339	241,90	
C7	439	78,10	
C8	439	241,90	
C9	559	78,10	
C10	559	241,90	
C11	739	78,10	
C12	739	241,90	
D1	234	230	∅8,1 POR TODO
D2	302,75	88	
D3	534	230	



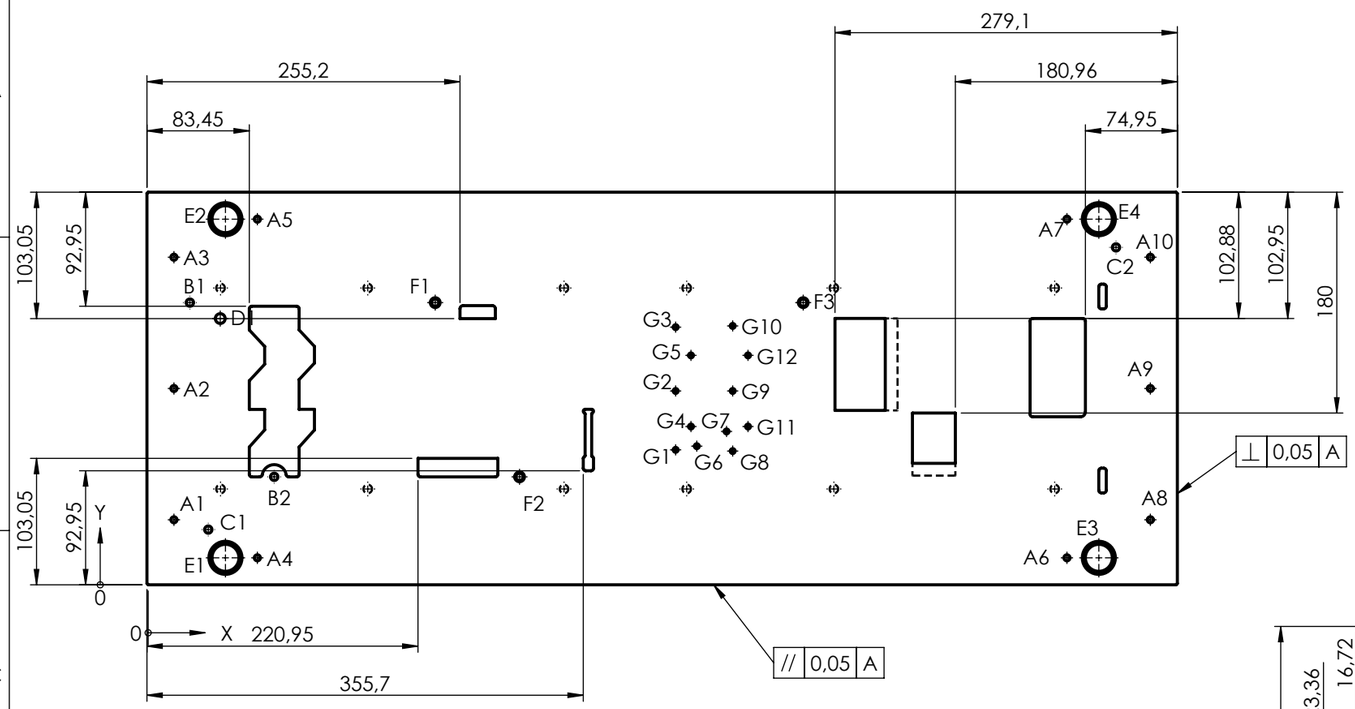


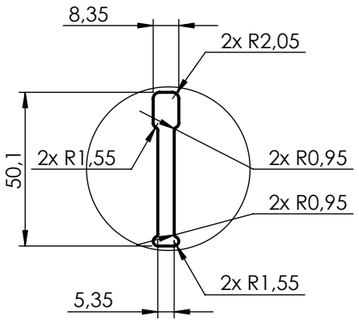




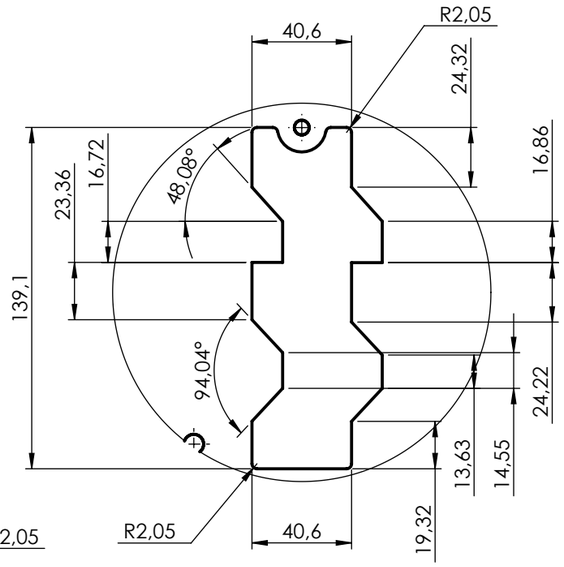


				Tolerancia: ±0.1	Peso: 75809.24 g	Material: AISI 1045
					Fecha / Nombre	Denominación: PLACA PORTA MATRICES
				Dibujó:	6/6/2025 Alex Eduardo Nuñez	Escala: 1:5
				Revisó:	16/6/2025 Ing. Francisco Peña	
				Aprobó:	16/6/2025 Ing. Francisco Peña	
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		Número de Lámina: 05 DE 023
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(sustitución)
						Registro:



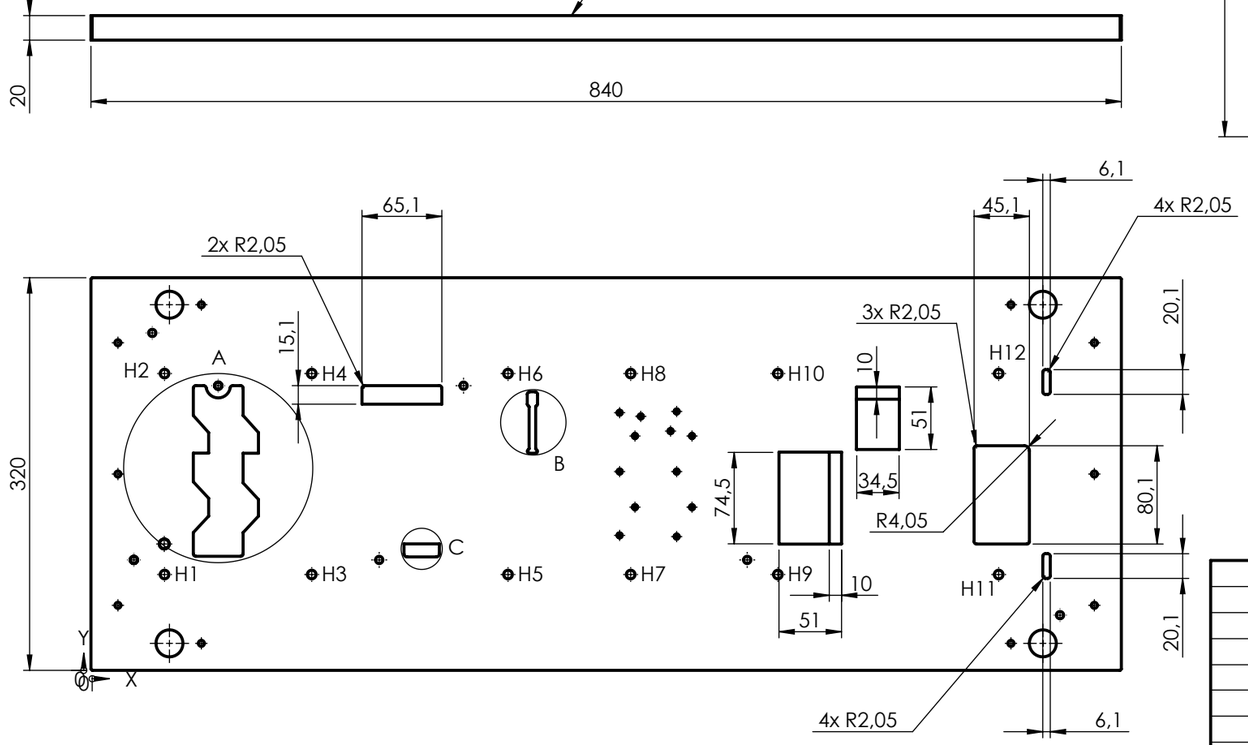


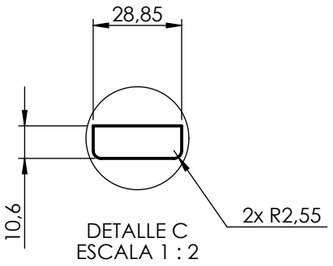
DETALLE B
ESCALA 1 : 2



DETALLE A
ESCALA 2 : 5

RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	21	53	∅5 POR TODO
A2	21	160	
A3	21	267	
A4	89	22	
A5	89	298	
A6	749	22	
A7	749	298	
A8	817	53	
A9	817	160	
A10	817	267	
B1	34	230	∅6
B2	102,75	88	
C1	49	45	∅6 POR TODO
C2	789	275	
D1	58,75	217	∅8
E1	63	22	∅22 POR TODO ⌴ ∅27↧6
E2	63	298	
E3	775	22	
E4	775	298	
F1	234	230	∅6 POR TODO ⌴ ∅8↧5
F2	302,75	88	
F3	534	230	
G1	430	110	∅4
G2	430	158	
G3	430	210	
G4	442,50	129	
G5	442,50	187	
G6	447,25	113	
G7	471,50	125	
G8	476,50	109	
G9	476,50	158	
G10	476,50	211	
G11	489	129	
G12	489	187	
H1	59	78,10	∅7,1↧5,5
H2	59	241,90	
H3	179	78,10	
H4	179	241,90	
H5	339	78,10	
H6	339	241,90	
H7	439	78,10	
H8	439	241,90	
H9	559	78,10	
H10	559	241,90	
H11	739	78,10	
H12	739	241,90	



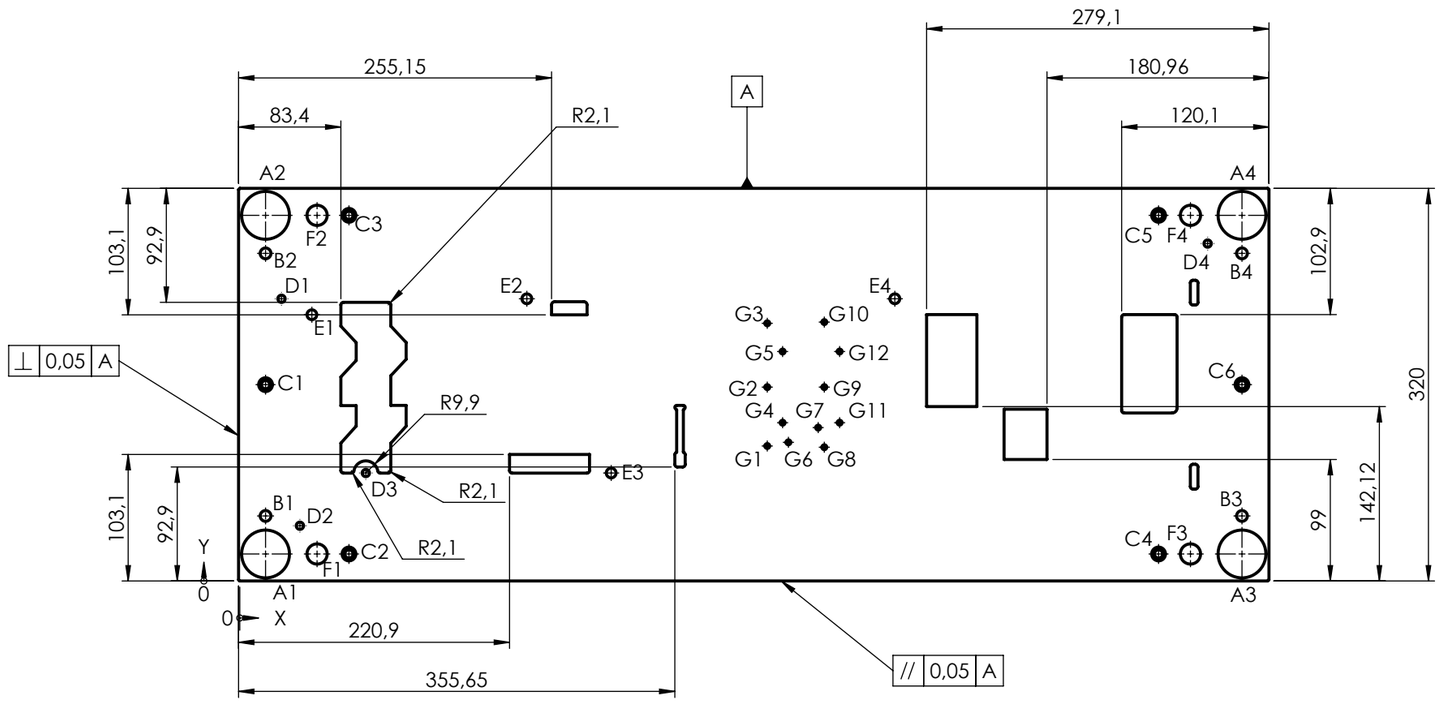


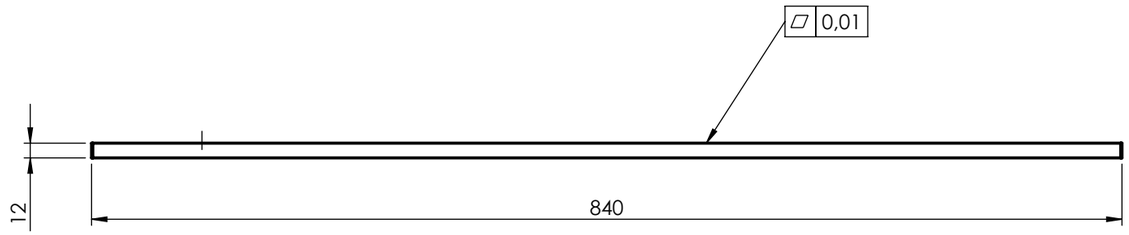
DETALLE C
ESCALA 1 : 2

N6 FRESADO - TALADRADO

				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				±0.1	38627.21 g	AISI D2	
					Fecha	Nombre	Denominación: / Escala:
				Dibujó:	6/6/2025	Alex Eduardo Nuñez	Placa pisadora / 1:5
				Revisó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña	
				Aprobó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		Número de Lámina: 06 DE 023	Registro:
						(sustitución)	

N6 FRESADO - TALADRADO





RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	21	22	∅39 POR TODO
A2	21	298	
A3	817	22	
A4	817	298	
B1	21	53	∅8,8 POR TODO
B2	21	267	
B3	817	53	
B4	817	267	
C1	21	160	∅6,8 POR TODO ⌴ ∅11,25↧6,5
C2	89	22	
C3	89	298	
C4	749	22	
C5	749	298	
C6	817	160	
D1	34	230	∅6 POR TODO
D2	49	45	
D3	102,75	88	
D4	789	275	
E1	58,75	217	∅8 POR TODO
E2	234	230	
E3	302,75	88	
E4	534	230	
F1	63	22	∅16,5 POR TODO
F2	63	298	
F3	775	22	
F4	775	298	
G1	430	110	∅4 POR TODO
G2	430	158	
G3	430	210	
G4	442,50	129	
G5	442,50	187	
G6	447,25	113	
G7	471,50	125	
G8	476,50	109	
G9	476,50	158	
G10	476,50	211	
G11	489	129	
G12	489	187	

Edición	Modificación	Fecha	Nombre

Tolerancia: ±0.1

Peso: 23225.49 g

Material: ASTM A36

	Fecha	Nombre
Dibujó:	6/6/2025	Alex Eduardo Nuñez
Revisó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña
Aprobó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña

U.T.A.
INGENIERÍA MECÁNICA

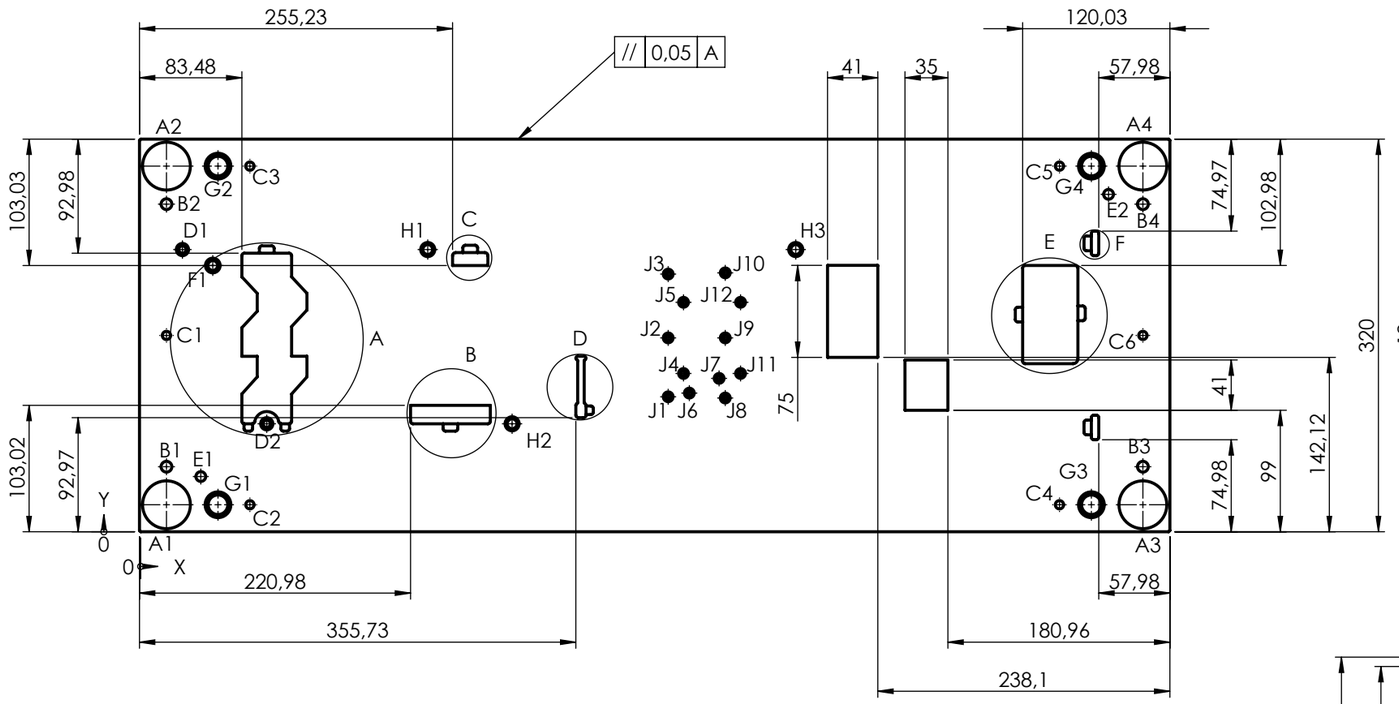
Denominación: PLACA SUFRIDERA INTERMEDIA

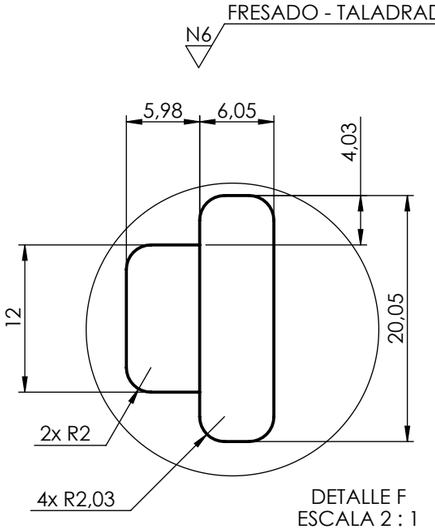
Escala: 1:5

Número de Lámina: 07 DE 023

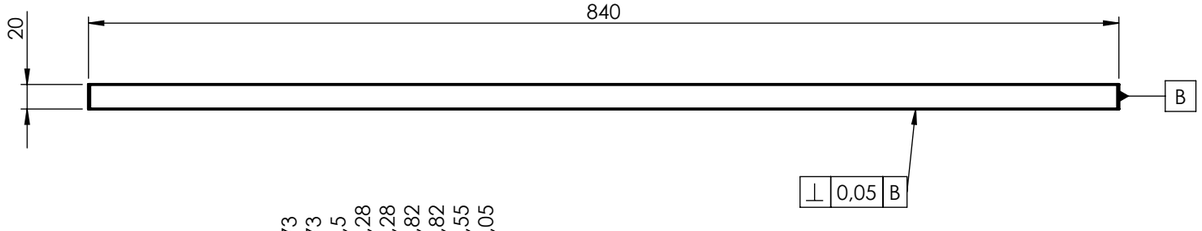
(sustitución)

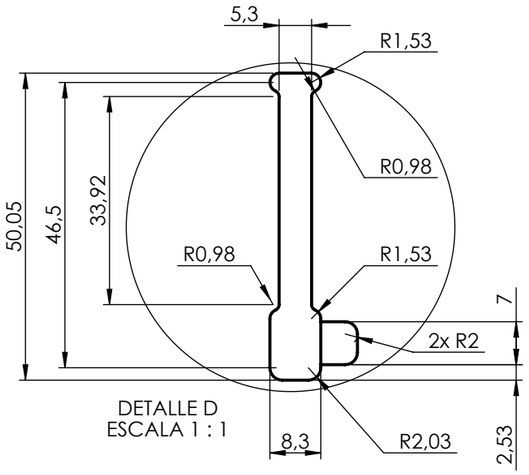
Registro:





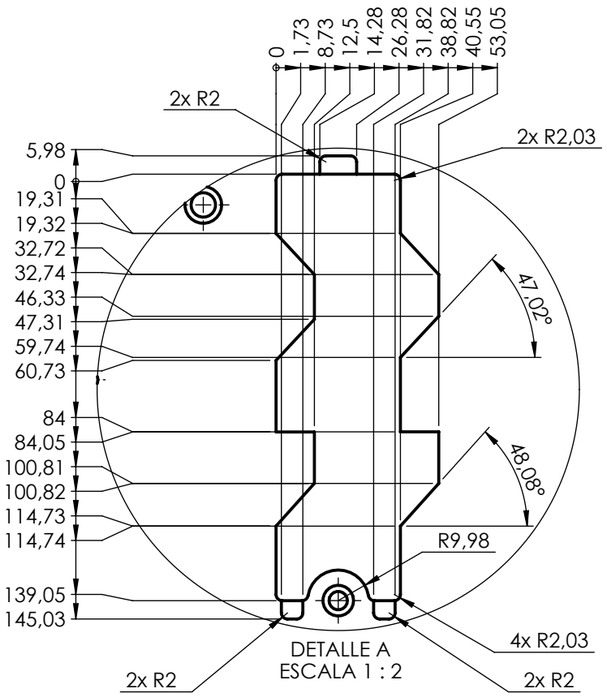
DETALLE F
ESCALA 2 : 1



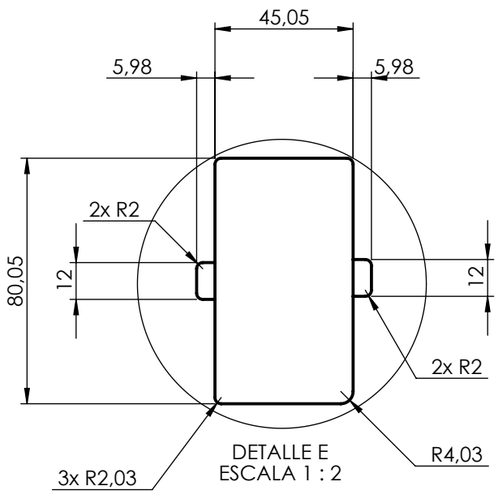


DETALLE D
ESCALA 1 : 1

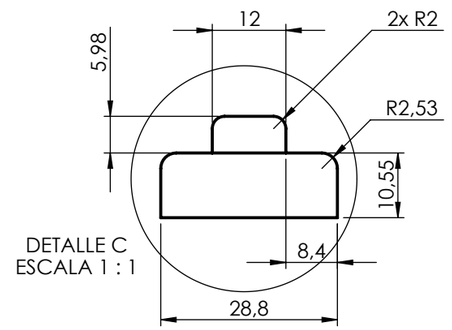
RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	21	22	∅39 POR TODO
A2	21	298	
A3	817	22	
A4	817	298	
B1	21	53	∅8,8 POR TODO
B2	21	267	
B3	817	53	
B4	817	267	
C1	21	160	∅6,8 POR TODO
C2	89	22	
C3	89	298	
C4	749	22	
C5	749	298	
C6	817	160	
D1	34	230	∅6 POR TODO ⌴ ∅10↧5
D2	102,75	88	
E1	49	45	∅8 POR TODO
E2	789	275	
F1	58,75	217	∅8 POR TODO ⌴ ∅12↧5
G1	63	22	∅16 POR TODO ⌴ ∅21↧8
G2	63	298	
G3	775	22	
G4	775	298	
H1	234	230	∅11,5↧5
H2	302,75	88	
H3	534	230	
J1	430	110	∅4 POR TODO ⌴ ∅8↧5
J2	430	158	
J3	430	210	
J4	442,50	129	
J5	442,50	187	
J6	447,25	113	
J7	471,50	125	
J8	476,50	109	
J9	476,50	158	
J10	476,50	211	
J11	489	129	
J12	489	187	



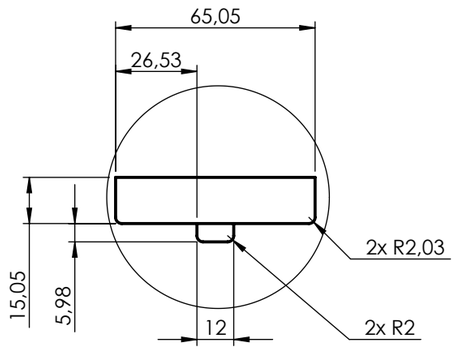
DETALLE A
ESCALA 1 : 2



DETALLE E
ESCALA 1 : 2



DETALLE C
ESCALA 1 : 1



DETALLE B
ESCALA 1 : 2

Edición	Modificación	Fecha	Nombre

Tolerancia: ±0.1	Peso: 38664.64 g	Material: AISI 1045

	Fecha	Nombre
Dibujó:	6/6/2025	Alex Eduardo Nuñez
Revisó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña
Aprobó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña

U.T.A.
INGENIERÍA MECÁNICA

Denominación: PLACA PORTA PUNZONES

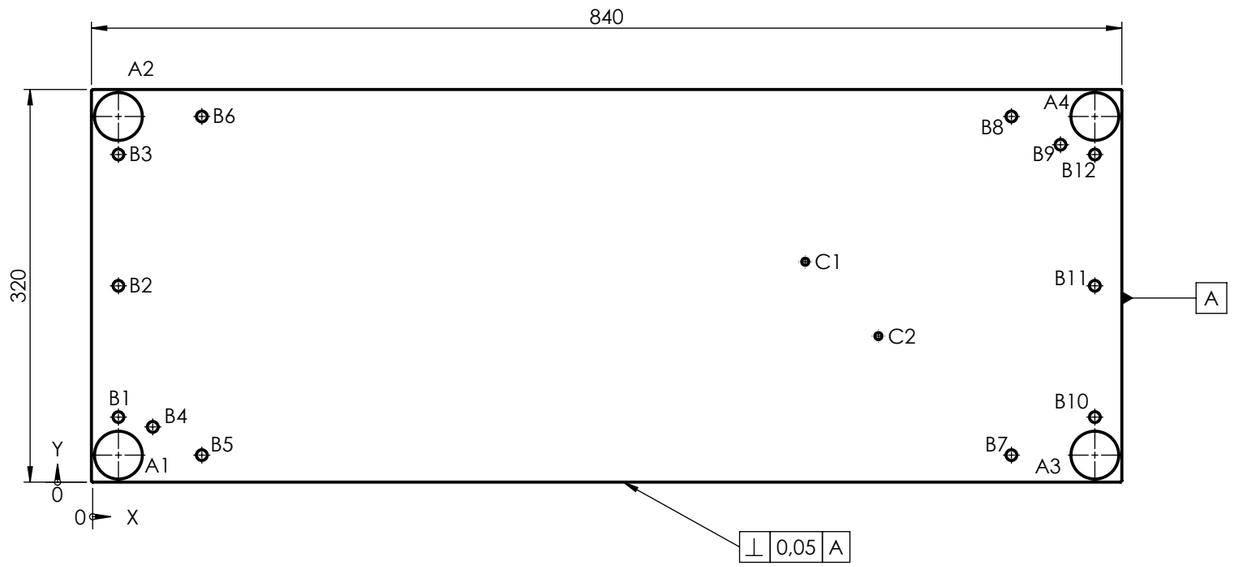
Escala: 1:5

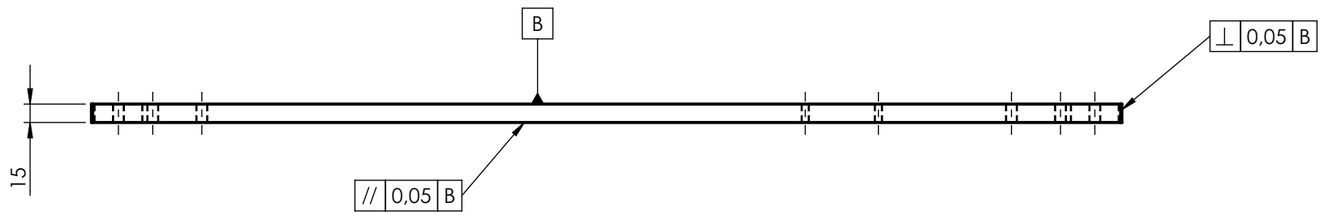
Número de Lámina: 08 DE 023

Registro:

(sustitución)

N6 FRESADO - TALADRADO





RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	21	22	∅39 POR TODO
A2	21	298	
A3	817	22	
A4	817	298	
B1	21	53	∅8,8 POR TODO
B2	21	160	
B3	21	267	
B4	49	45	
B5	89	22	
B6	89	298	
B7	749	22	
B8	749	298	
B9	789	275	
B10	817	53	
B11	817	160	
B12	817	267	
C1	580,90	179,62	∅5,8 POR TODO
C2	640,54	119	

Edición	Modificación	Fecha	Nombre

Tolerancia: ±0.1

Peso: 30996.15 g

Material: ASTM A36

	Fecha	Nombre
Dibujó:	6/6/2025	Alex Eduardo Nuñez
Revisó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña
Aprobó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña

U.T.A.
INGENIERÍA MECÁNICA

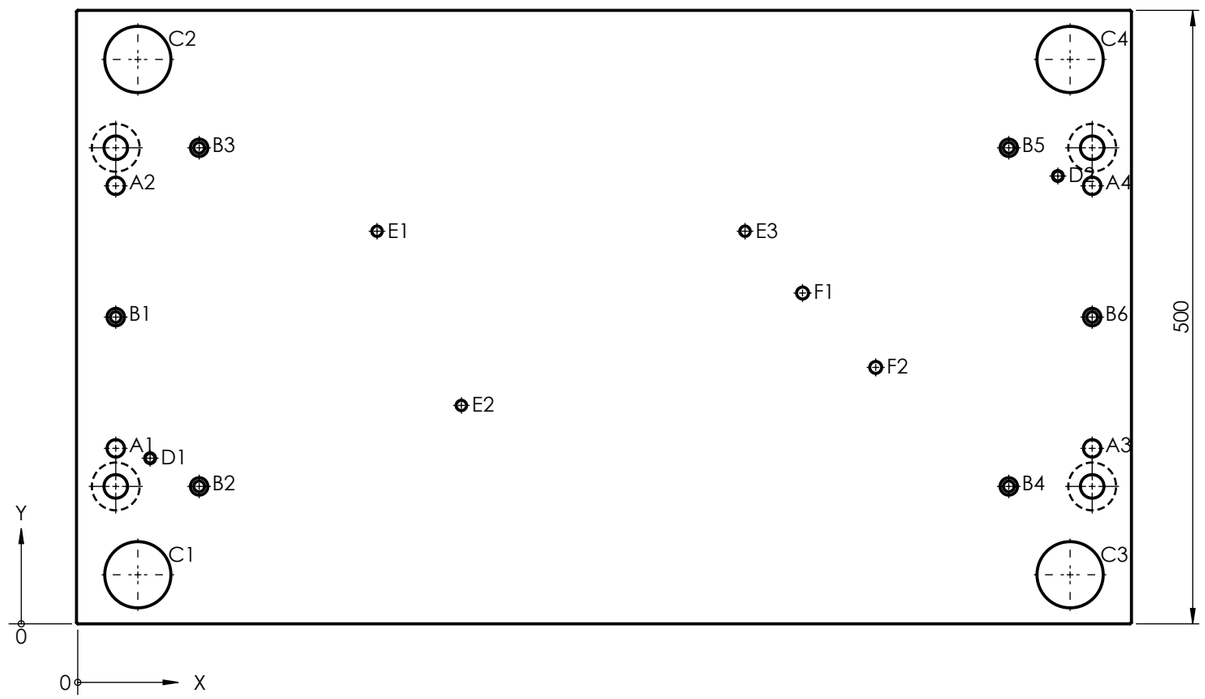
Denominación: PLACA SUFRIDERA SUPERIOR

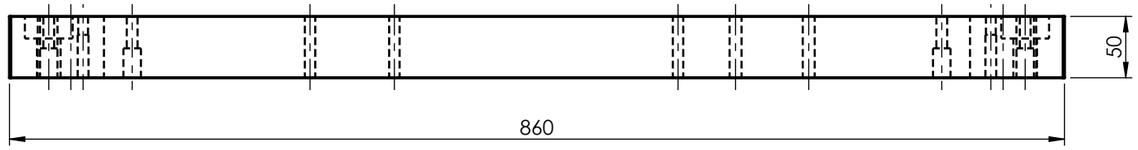
Escala: 1:5

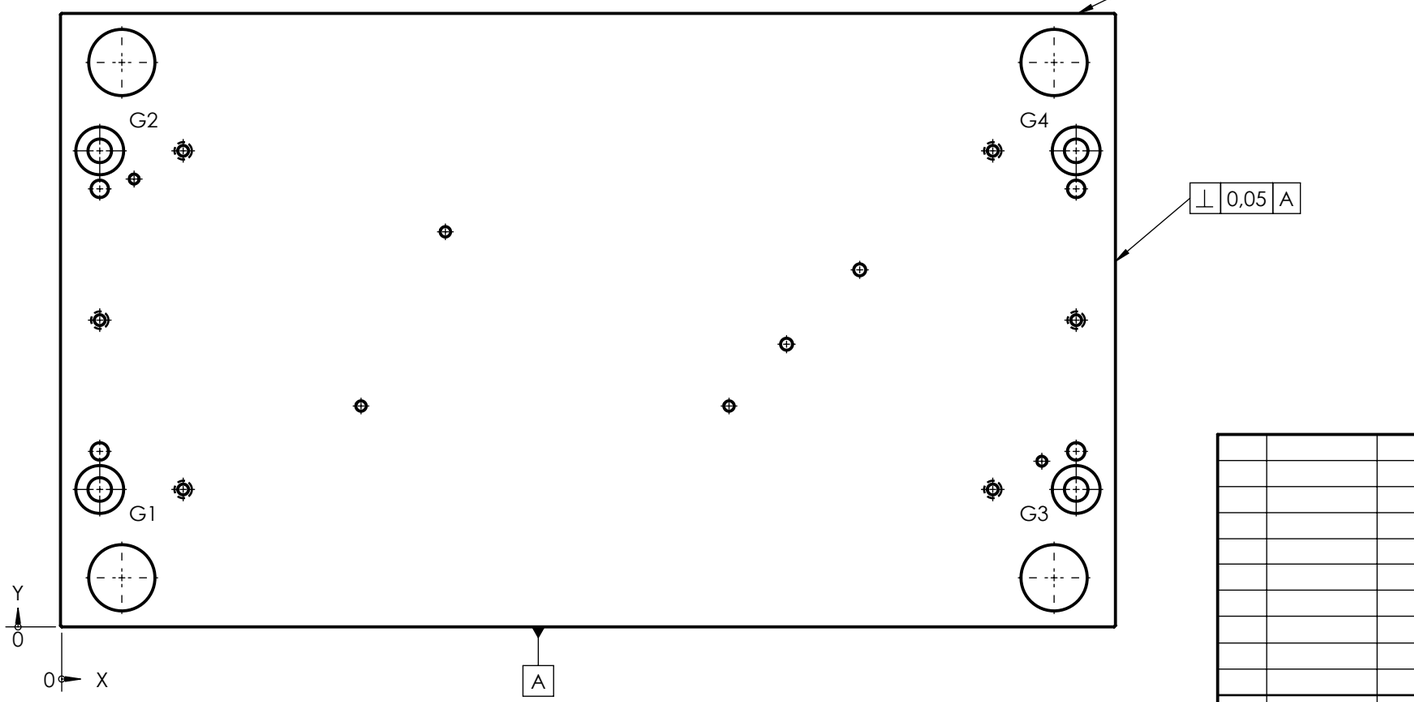
Número de Lámina: 09 DE 023

Registro:

(sustitución)







FRESADO - TALADRADO

N6

RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	31	143	∅14,25 POR TODO
A2	31	357	
A3	827	143	
A4	827	357	
B1	31	250	∅8,8 POR TODO ⌴ ∅14,25↧24
B2	99	112	
B3	99	388	
B4	759	112	
B5	759	388	
B6	827	250	
C1	49	40	∅54 POR TODO
C2	49	460	
C3	809	40	
C4	809	460	
D1	59	135	∅8 POR TODO ⌴ ∅8,8↧35
D2	799	365	
E1	244	320	∅8,5 POR TODO
E2	312,75	178	
E3	544	320	
F1	590,90	269,62	∅9,75 POR TODO
F2	650,54	209	
G1	31	112	∅19,25 POR TODO ⌴ ∅39↧18
G2	31	388	
G3	827	112	
G4	827	388	

Edición	Modificación	Fecha	Nombre

Tolerancia: ±0.1

Peso: 163535.11 g

Material: AISI 1045

	Fecha	Nombre
Dibujó:	6/6/2025	Alex Eduardo Nuñez
Revisó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña
Aprobó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña

U.T.A.
INGENIERÍA MECÁNICA

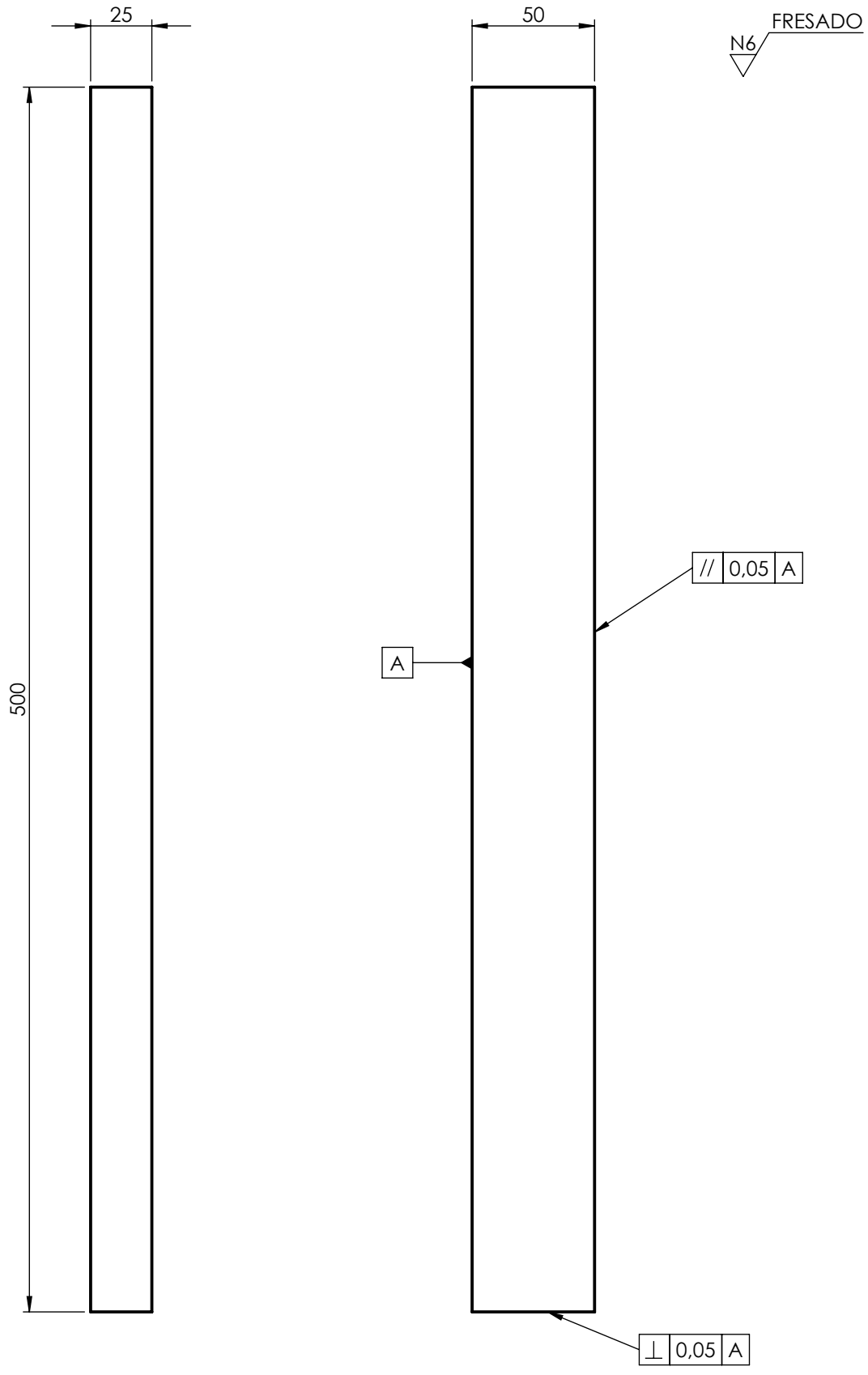
Denominación: PLACA BASE SUPERIOR

Escala: 1:5

Número de Lámina: 010 DE 023

Registro:

(sustitución)



				Tolerancia: ±0.5	Peso: 4906.25 g	Material: ASTM A36 Acero
					Fecha	Nombre
				Dibujó:	10/6/2025	Alex Eduardo Nuñez
				Revisó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña
				Aprobó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña
				U.T.A.		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	INGENIERÍA MECÁNICA		

Denominación: SEPARADOR

Escala: 1:2.5

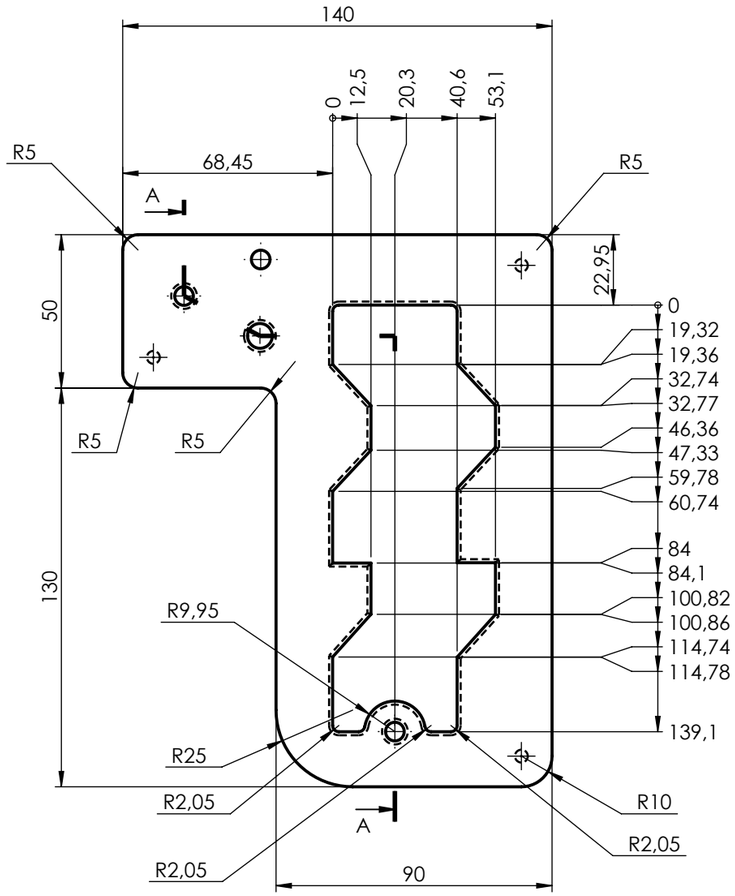
Número de Lámina: 011 DE 023

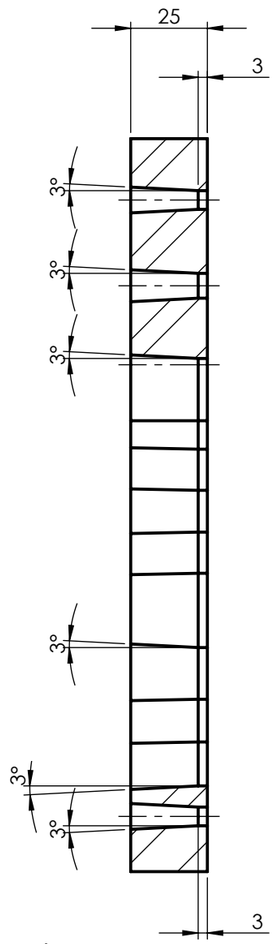
Registro:

(sustitución)

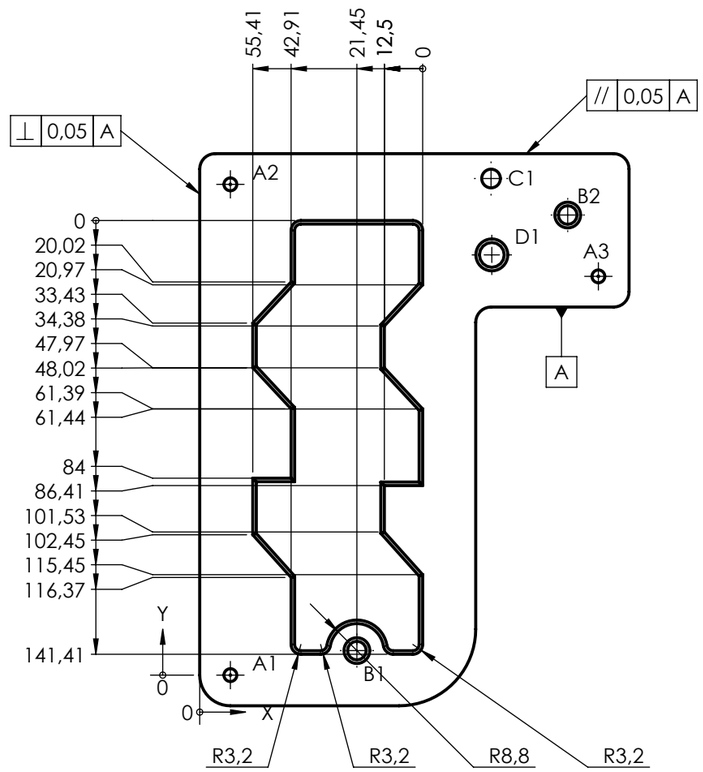
RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	10	0	⌴ ∅4,2↧16
A2	10	160	
A3	130	130	
B1	51,25	8	∅6,1002 POR TODO ⌵ ∅8,4059 X 6°
B2	120	150	
C1	95	161,90	∅6,1 POR TODO
D1	95,25	137	∅8,1002 POR TODO ⌵ ∅10,4059 X 6°

N6 FRESADO - TALADRADO





SECCIÓN A-A



				Tolerancia:	Peso:	Material:
				±0.05	2433.31 g	AISI D2
					Fecha	Nombre
				Dibujó:	6/6/2025	Alex Eduardo Nuñez
				Revisó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña
				Aprobó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	U.T.A.		
				INGENIERÍA MECÁNICA		

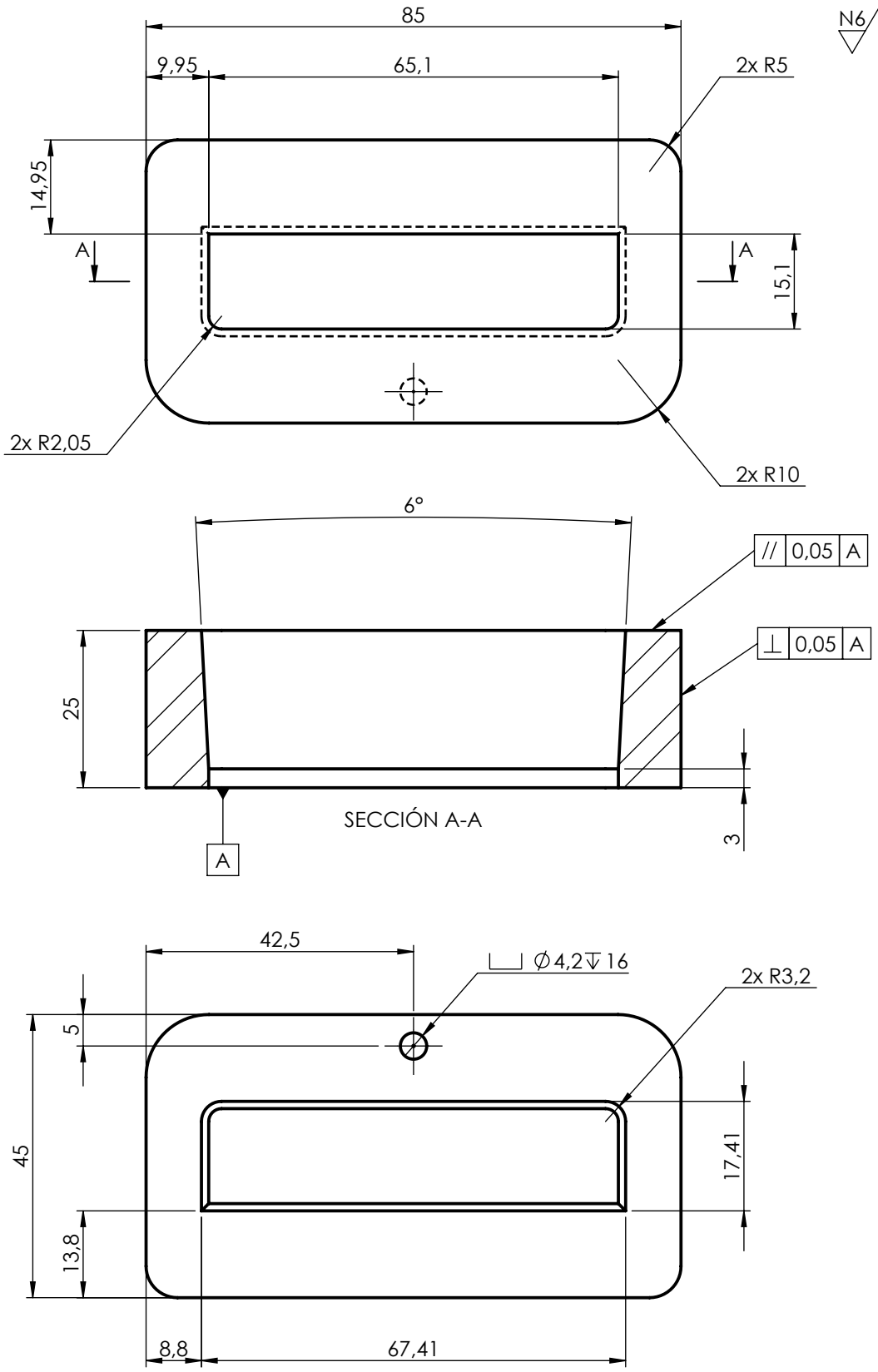
Denominación: TROQUEL DE CORTE 1

Escala: 1:2

Número de Lámina: 012 DE 023

Registro:

(sustitución)



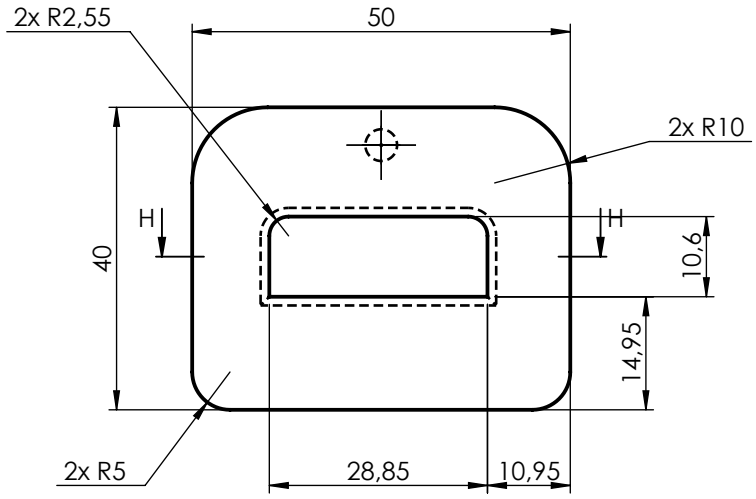
				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				±0.05	519.59 g	AISI D2	
					Fecha	Nombre	Denominación:
				Dibujó:	6/6/2025	Alex Eduardo Nuñez	TROQUEL 2 FORMA RECTANGULAR INFERIOR
				Revisó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña	
				Aprobó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		Número de Lámina: 013 DE 023	(sustitución)

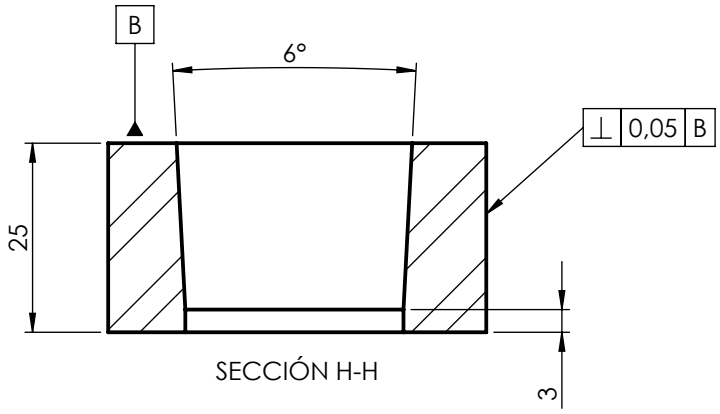
Escala: 1:1

Registro:

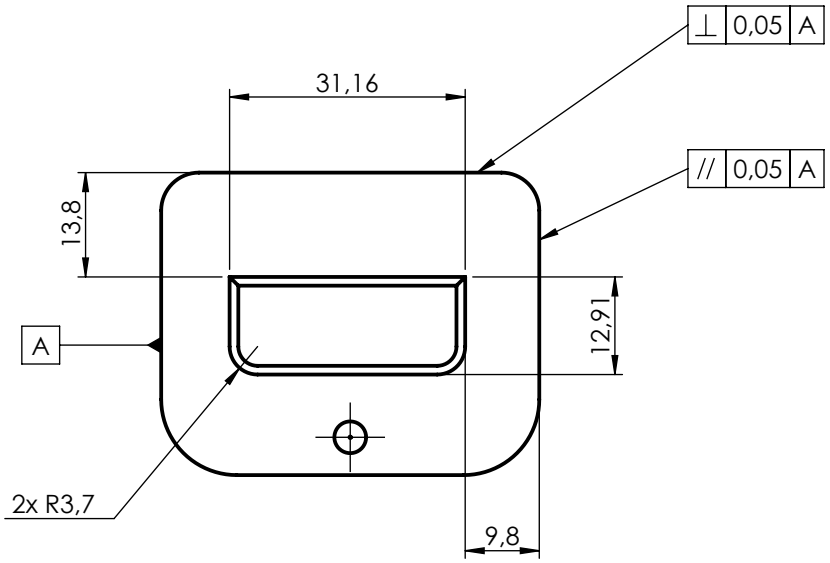
FRESADO

N6





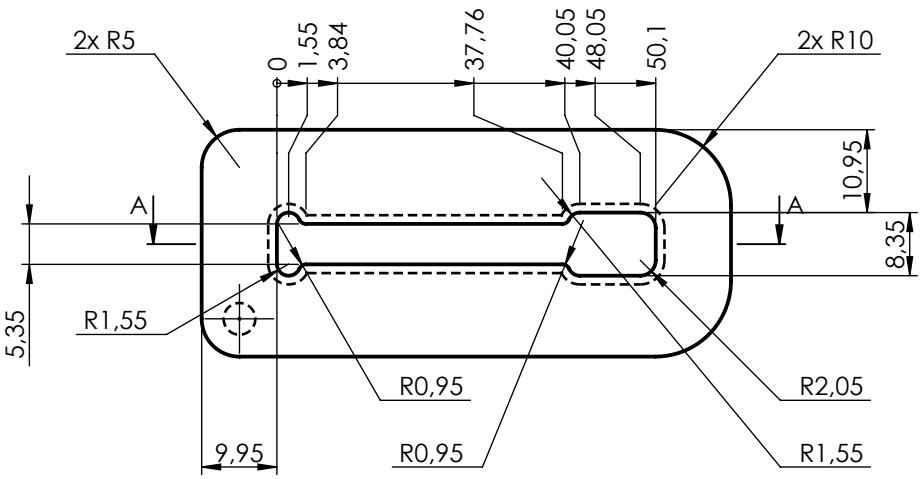
SECCIÓN H-H

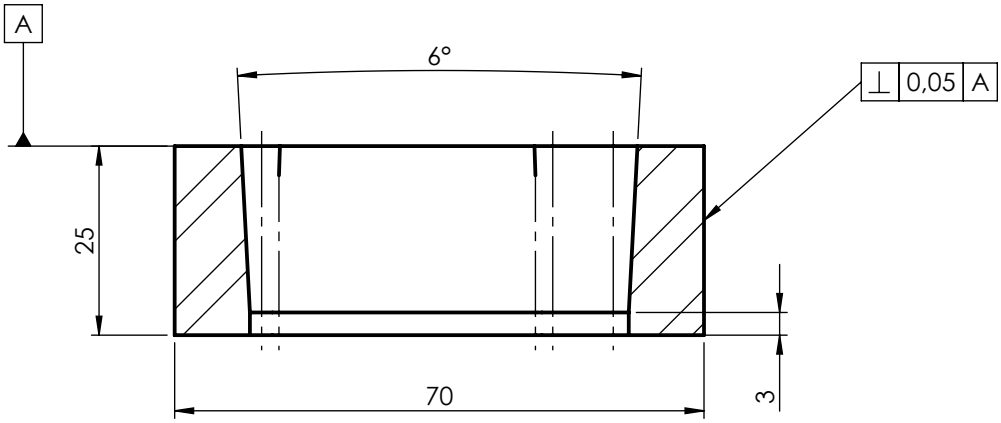


				Tolerancia: ±0.05	Peso: 306.83 g	Material: AISI D2	
					Fecha	Nombre	Denominación: TROQUEL 3 FORMA RECTANGULAR SUPERIOR	Escala: 1:1
				Dibujó:	6/6/2025	Alex Eduardo Nuñez		
				Revisó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña		
				Aprobó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña		
				U.T.A.			Número de Lámina: 014 DE 023	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	INGENIERÍA MECÁNICA			(sustitución)	

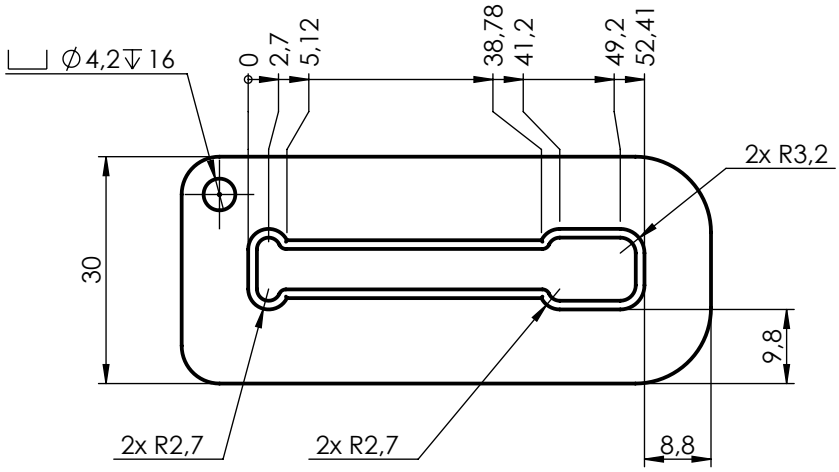
FRESADO

N6





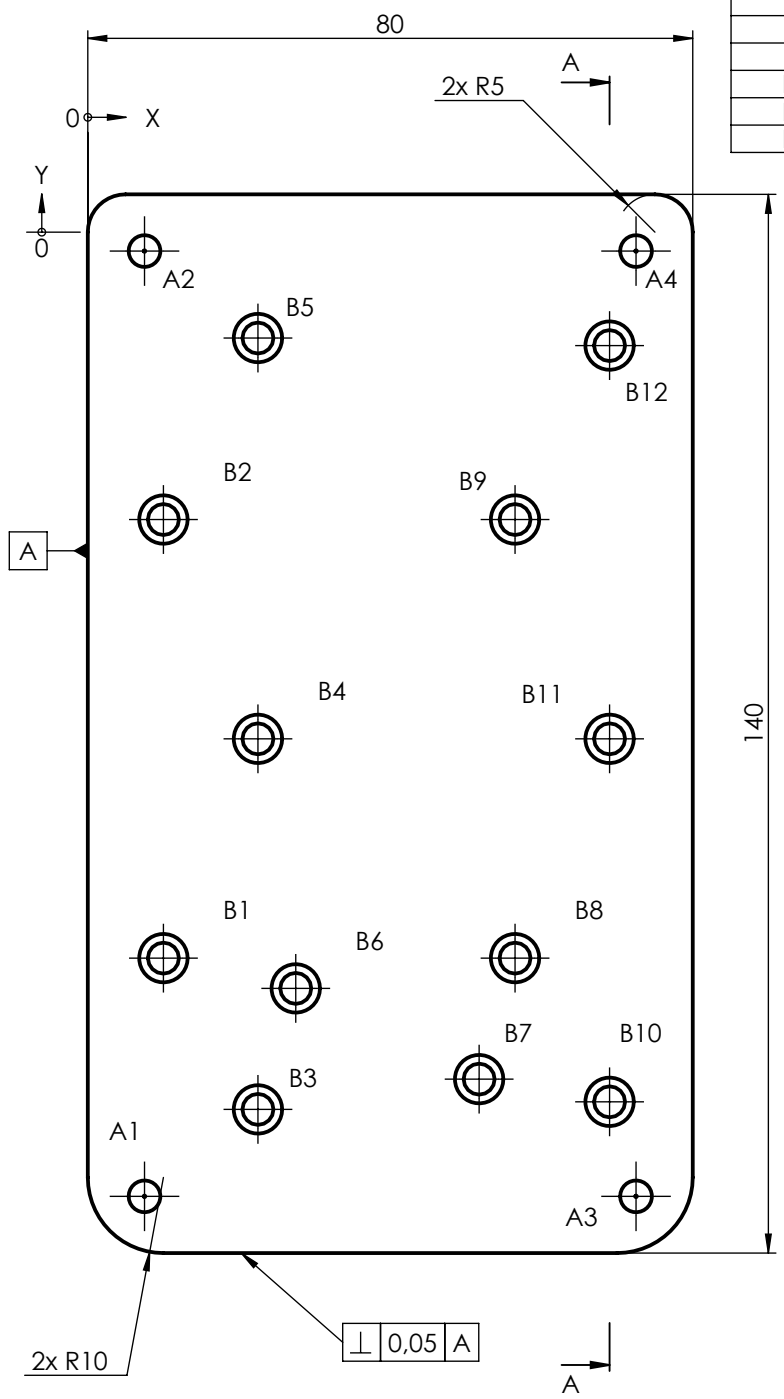
SECCIÓN A-A

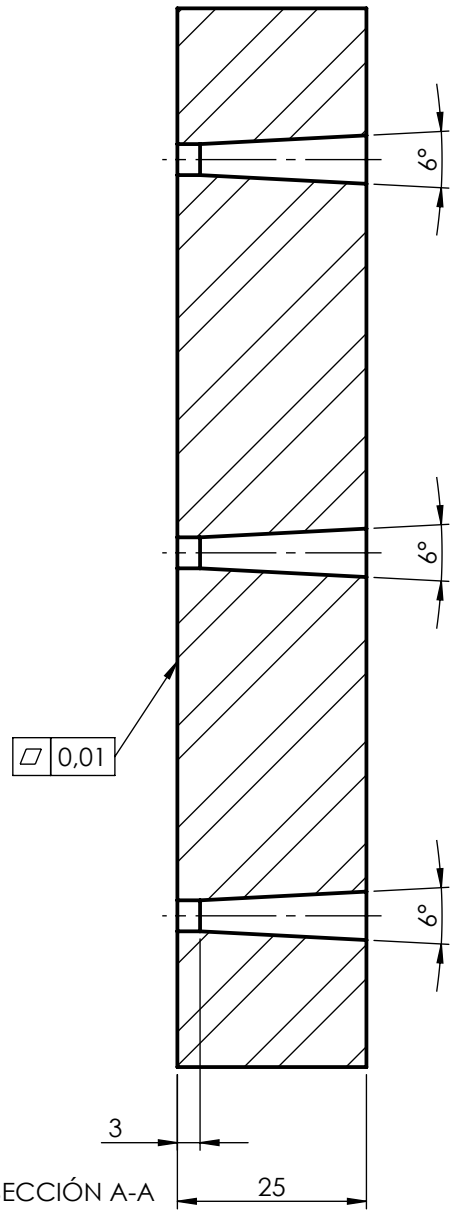


				Tolerancia: ±0.05	Peso: 321.37 g	Material: AISI D2	
					Fecha	Nombre	Denominación: TROQUEL 4 FORMA PARA DOBLADO — Escala: 1:1
				Dibujó:	6/6/2025	Alex Eduardo Nuñez	
				Revisó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña	
				Aprobó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña	
				U.T.A.			Número de Lámina: 015 DE 023 — Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	INGENIERÍA MECÁNICA			(sustitución)

RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	7,50	-127,50	⌴ ⌀4,2↧16
A2	7,50	-2,50	
A3	72,50	-127,50	
A4	72,50	-2,50	
B1	10	-96	⌀4,1002 POR TODO ⌵ ⌀6,4059 X 6°
B2	10	-38	
B3	22,50	-116	
B4	22,50	-67	
B5	22,50	-14	
B6	27,50	-100	
B7	51,75	-112	
B8	56,50	-96	
B9	56,50	-38	
B10	69	-115	
B11	69	-67	
B12	69	-15	

FRESADO - TALADRADO N6





Tolerancia:	Peso:	Material:
±0.05	2090.24 g	AISI D2

	Fecha	Nombre
Dibujó:	6/6/2025	Alex Eduardo Nuñez
Revisó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña
Aprobó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña

Denominación: TROQUEL PERFORACIONES DE PUNZONES STANDARD

Escala: 1:1

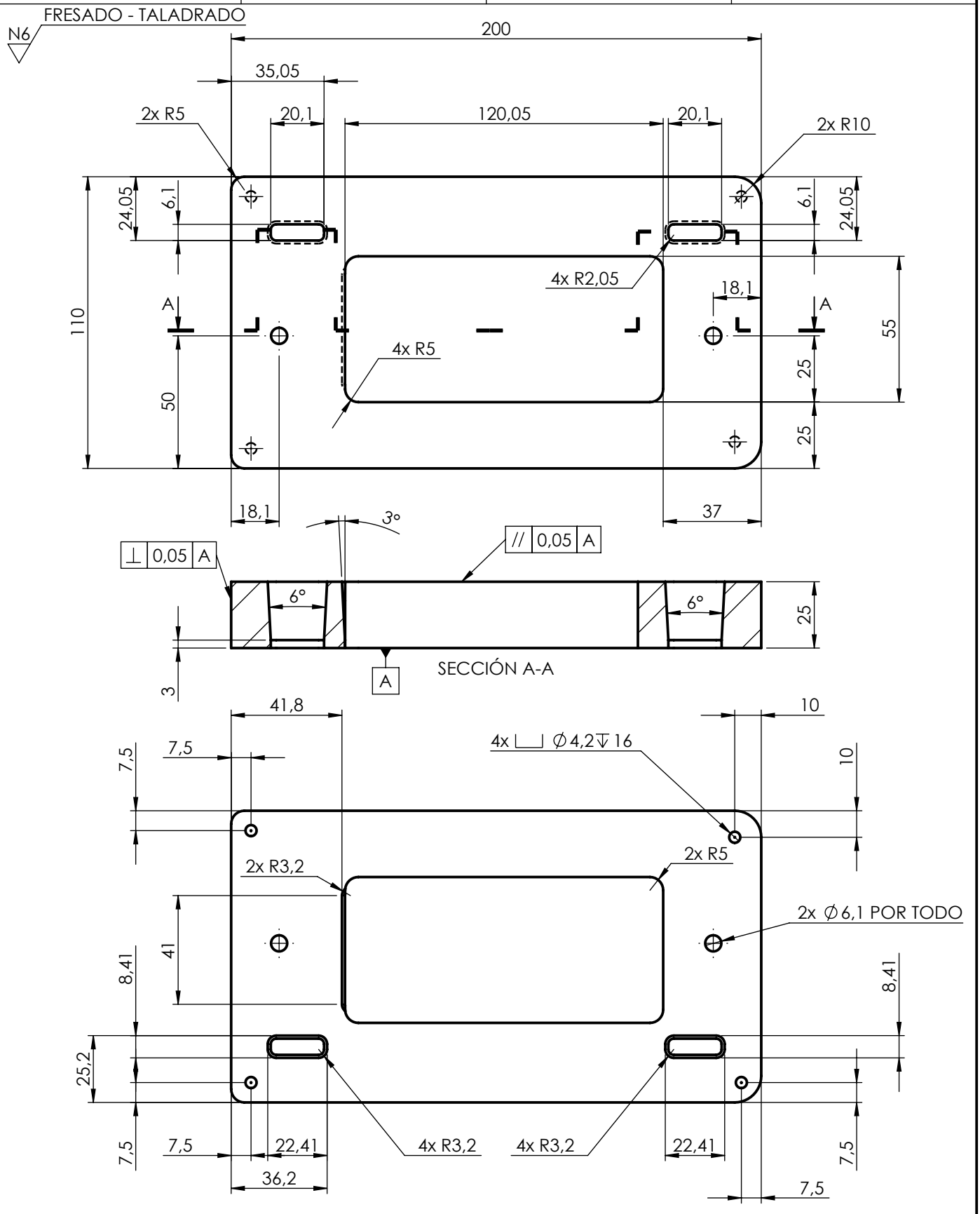
U.T.A.
INGENIERÍA MECÁNICA

Número de Lámina: 016 DE 023

Registro:

(sustitución)

Edición	Modificación	Fecha	Nombre

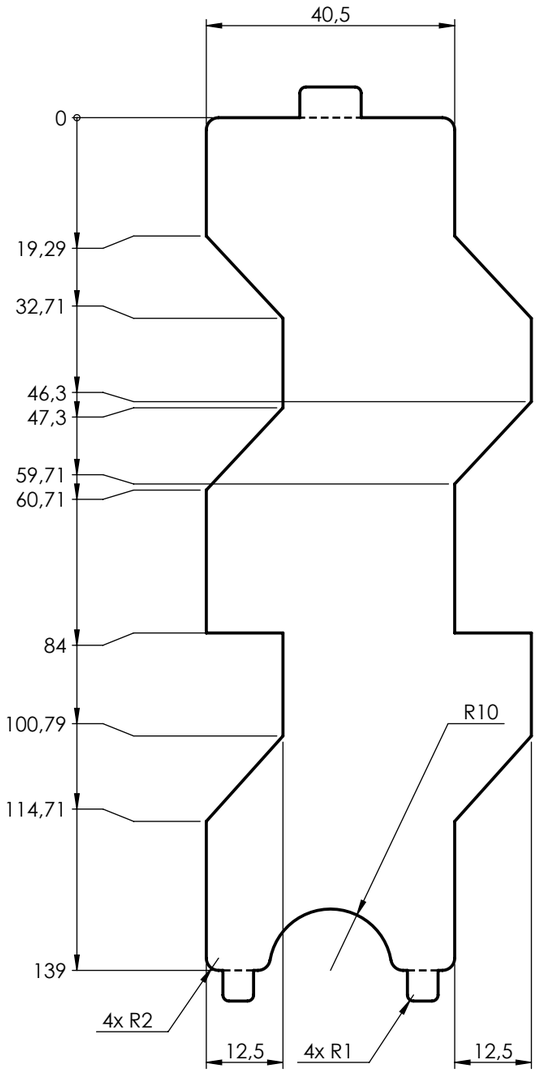


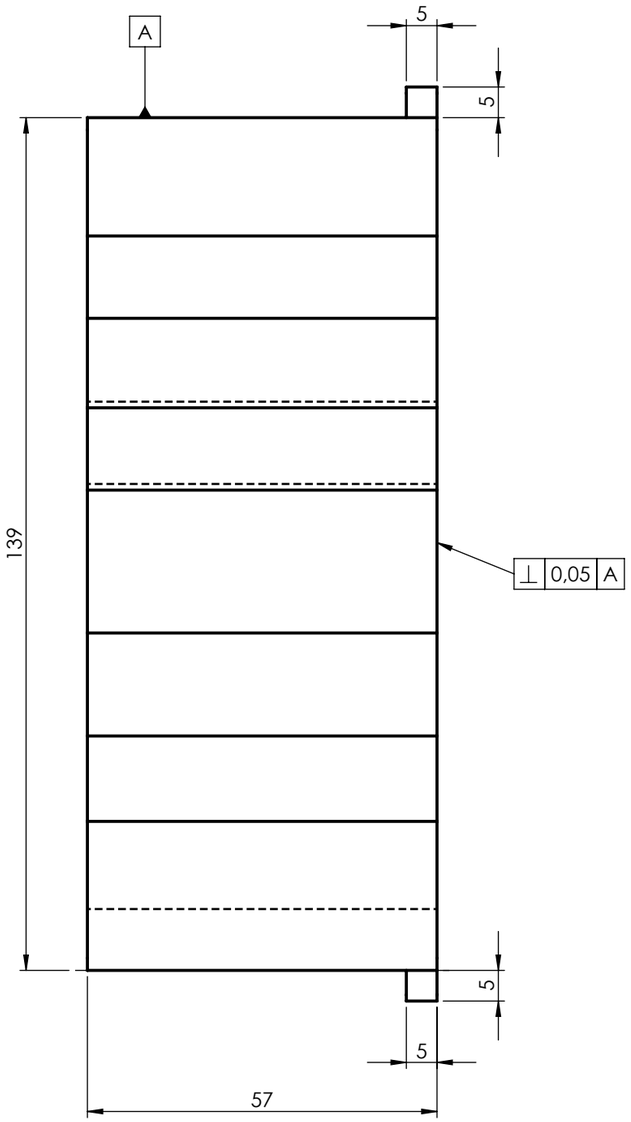
				Tolerancia: ±0.05	Peso: 2879.53 g	Material: AISI D2	
					Fecha	Nombre	Denominación: TROQUEL RECORTE FINAL
				Dibujó:	6/6/2025	Alex Eduardo Nuñez	Escala: 1:2
				Revisó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña	
				Aprobó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña	
				U.T.A.			Número de Lámina: 017 DE 023
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	INGENIERÍA MECÁNICA			(sustitución)

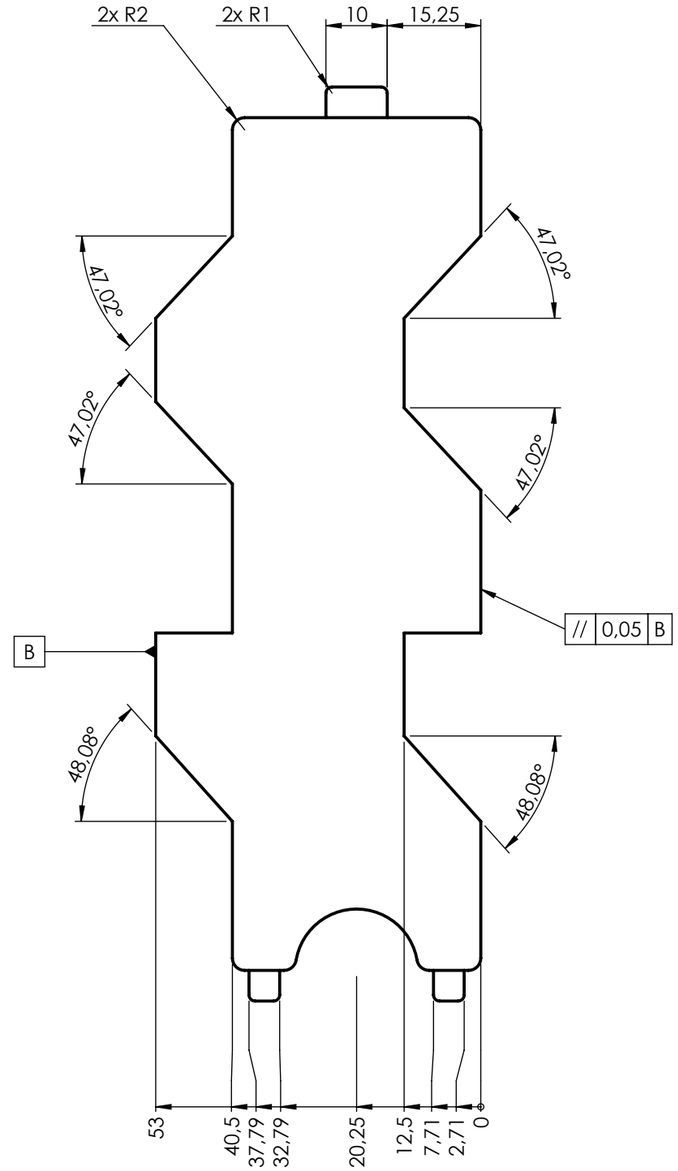
Registro:

FRESADO

N6





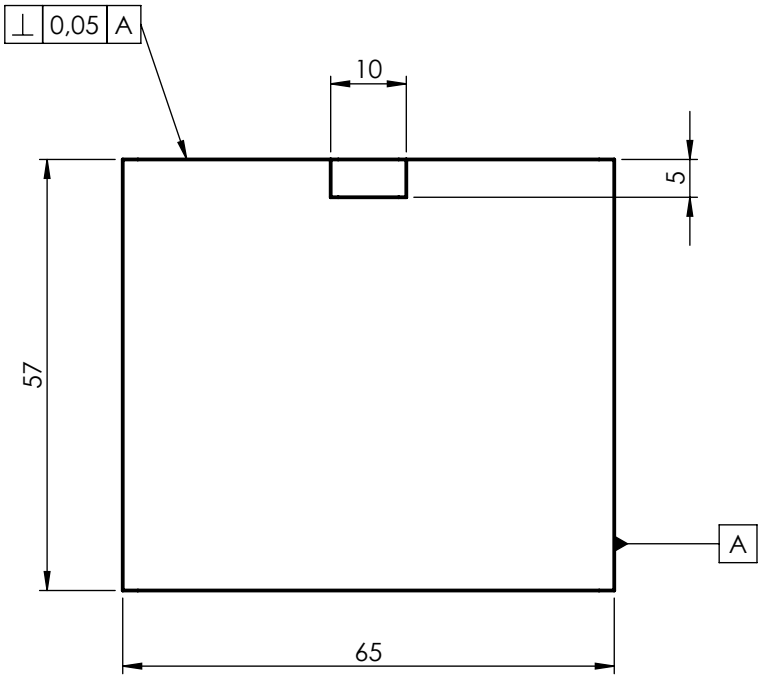


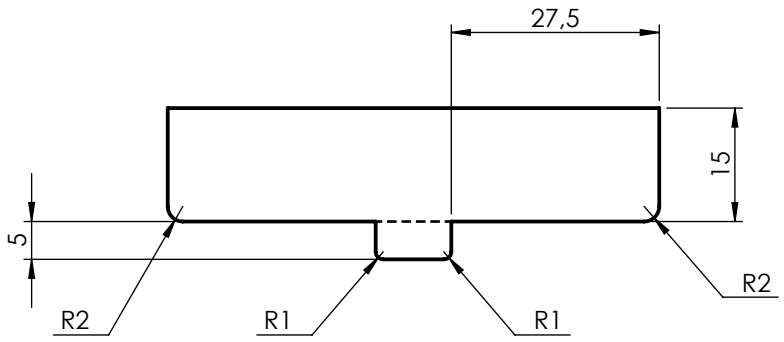
				Tolerancia: ±0.05	Peso: 2398.08 g	Material: AISI D2	
					Fecha	Nombre	Denominación: PUNZON 1 FIGURA PRINCIPAL
				Dibujó:	6/6/2025	Alex Eduardo Nuñez	Escala: 1:1
				Revisó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña	
				Aprobó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña	
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA			Número de Lámina: 018 DE 023
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				(sustitución)

Registro:

FRESADO

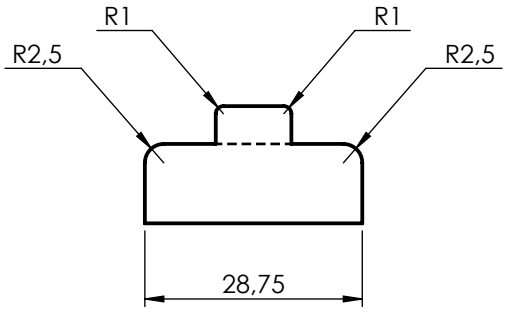
N6

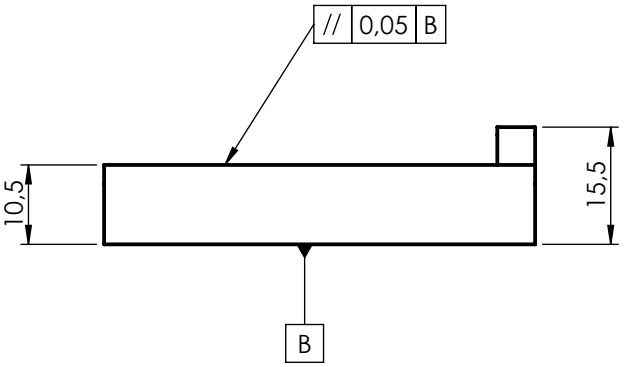


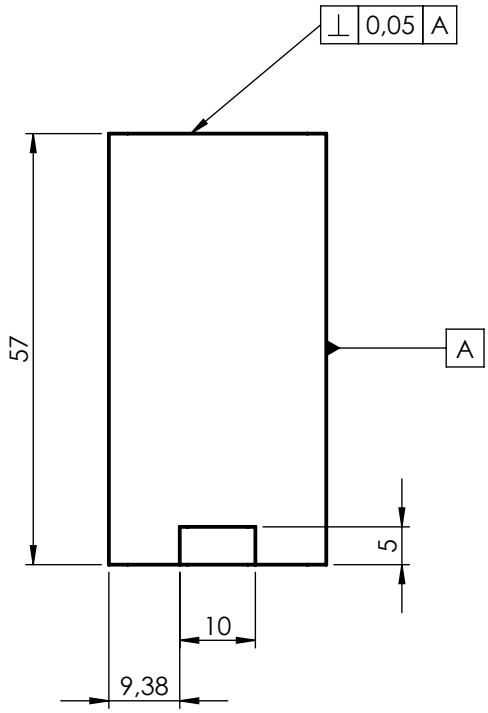


				Tolerancia: ±0.05	Peso: 429.08 g	Material: AISI D2	
					Fecha	Nombre	Denominación: PUNZON 2 RECTANGULAR INFERIOR	Escala: 1:1
				Dibujó:	6/6/2025	Alex Eduardo Nuñez		
				Revisó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña		
				Aprobó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA			Número de Lámina: 019 DE 023	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				(sustitución)	

FRESADO
N6







Edición	Modificación	Fecha	Nombre

	Fecha	Nombre
Dibujó:	6/6/2025	Alex Eduardo Nuñez
Revisó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña
Aprobó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña

Tolerancia: ±0.05

Peso: 133.22 g

Material: AISI D2

Denominación: PUNZON 3 RECTANGULAR SUPERIOR

Escala: 1:1

U.T.A.
INGENIERÍA MECÁNICA

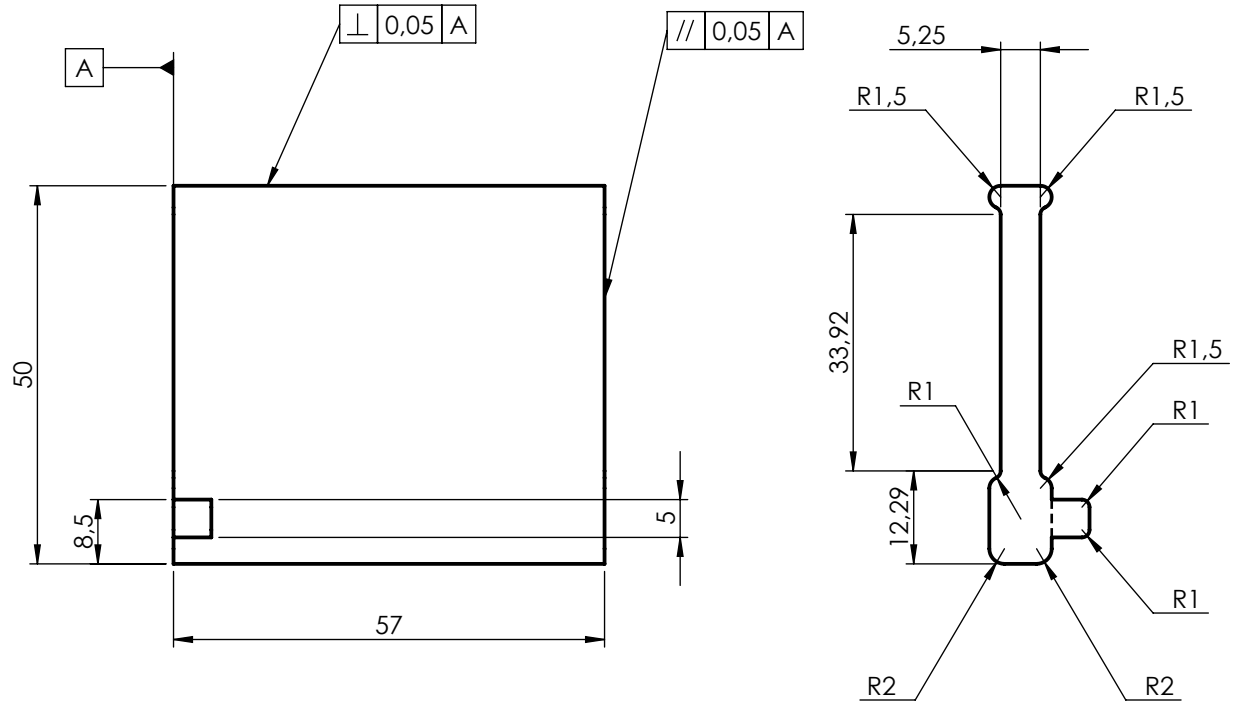
Número de Lámina: 020 DE 023

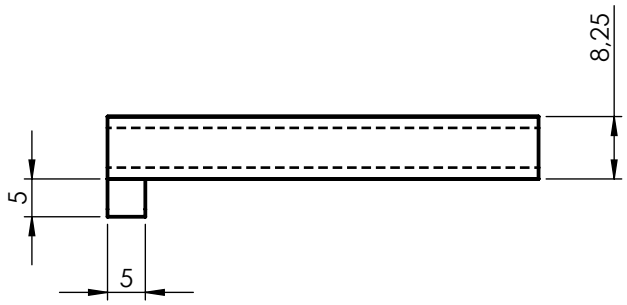
(sustitución)

Registro:

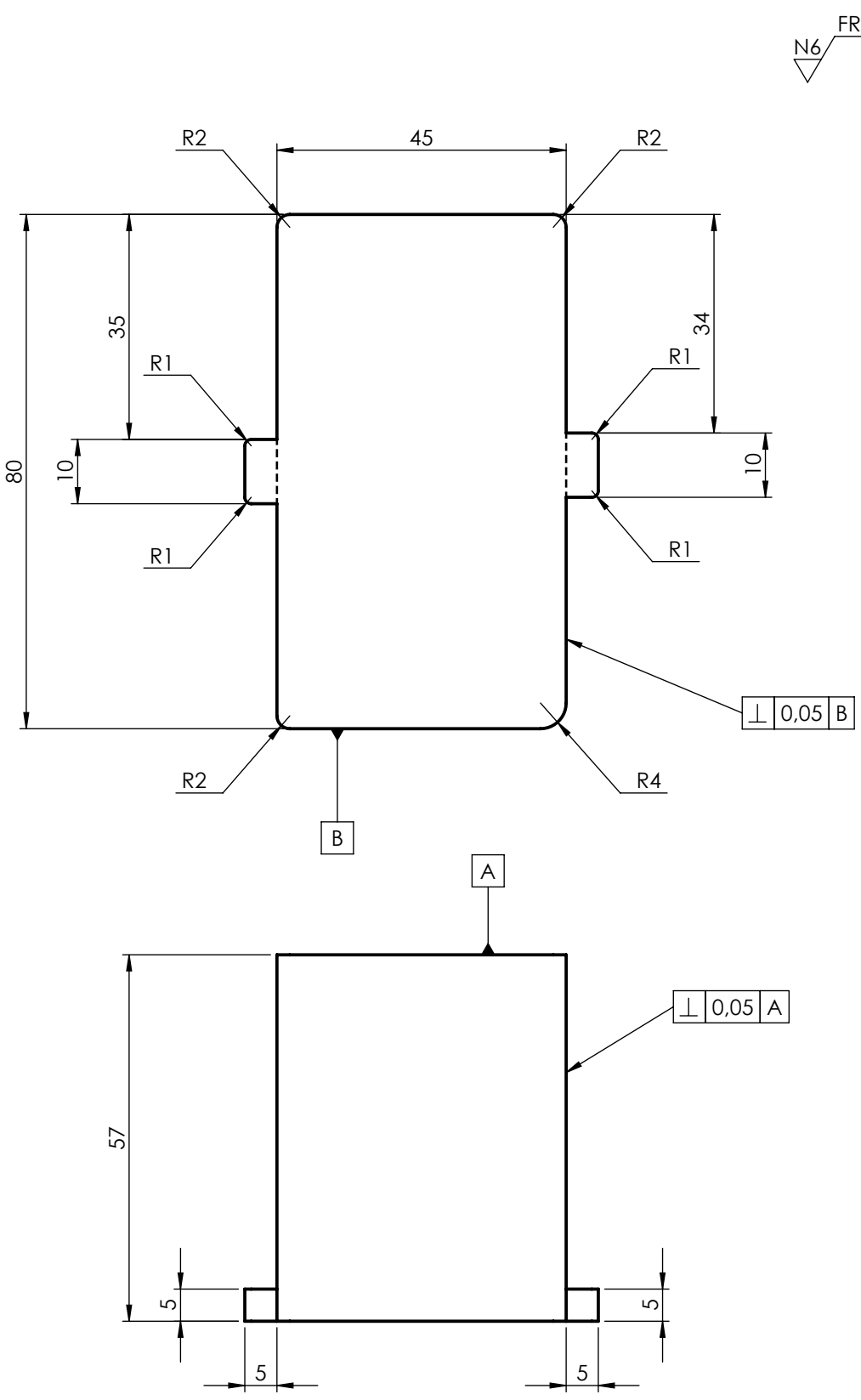
FRESADO

N6





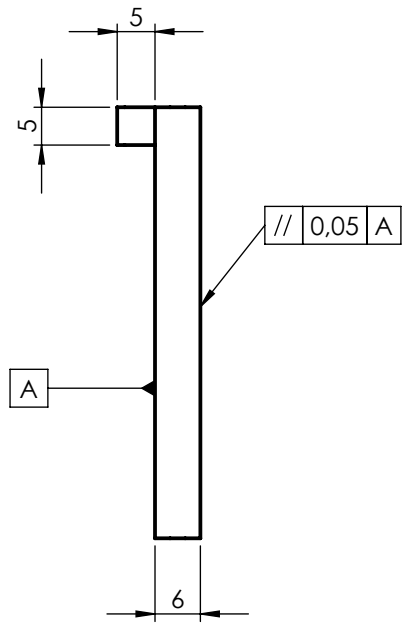
				Tolerancia: ±0.05	Peso: 133.41 g	Material: AISI D2	
					Fecha	Nombre	Denominación: PUNZON 4 CORTE DE DOBLADO	Escala: 1:1
				Dibujó:	6/6/2025	Alex Eduardo Nuñez		
				Revisó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña		
				Aprobó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña		
				U.T.A.			Número de Lámina: 021 DE 023	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	INGENIERÍA MECÁNICA			(sustitución)	

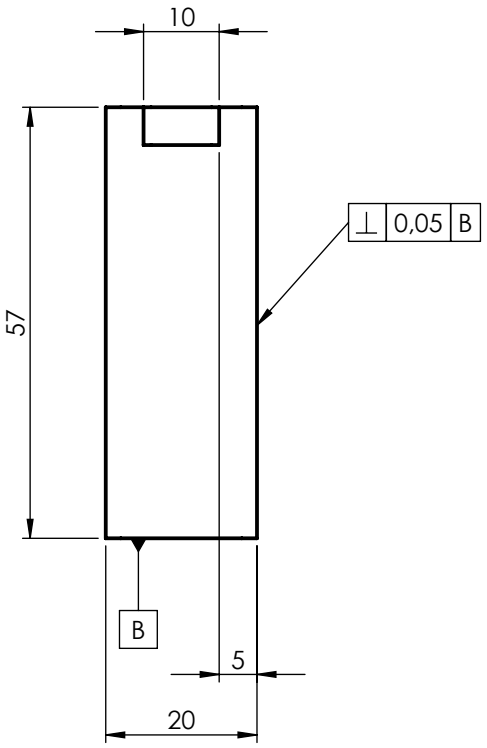


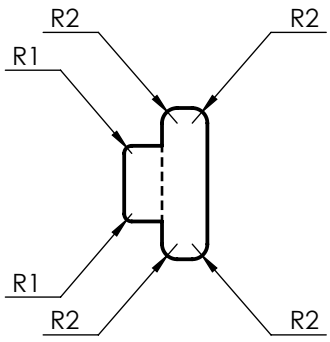
				Tolerancia: ±0.05	Peso: 1581.22 g	Material: AISI D2	
					Fecha	Nombre	Denominación: PUNZON CORTE FINAL	Escala: 1:1
				Dibujó:	6/6/2025	Alex Eduardo Nuñez		
				Revisó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña		
				Aprobó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña		
				U.T.A.			Número de Lámina: 022 DE 023	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	INGENIERÍA MECÁNICA			(sustitución)	

FRESADO

N6







				Tolerancia: ±0.05	Peso: 53.07 g	Material: AISI D2	
					Fecha	Nombre	Denominación: PUNZON 6 CORTE DE BANDA
				Dibujó:	6/6/2025	Alex Eduardo Nuñez	Escala: 1:1
				Revisó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña	
				Aprobó:	16/6/2025	Ing. Francisco Peña	
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA			Número de Lámina: 023 DE 023
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				(sustitución)

Registro: