



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA
INGENIERÍA MECÁNICA**

“Diseño de un troquel simple para la manufactura de arandelas en el taller de Máquinas Herramientas ubicado en la Universidad Nacional de Ingenierías, Recinto Universitario Pedro Arauz Palacio, UNI-RUPAP Managua, Nicaragua.”

AUTORES

Br. David Efraín Solís Mendoza.

Br. Edgard Moisés Vázquez Vázquez.

Br. Joan Manuel Marín Gadea.

TUTOR

Msc. Carlos Andrés Jarquín Espinoza.

Managua, 17 de marzo de 2023



Facultad de
Tecnología de
la Industria

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA** hace constar que:

SOLIS MENDOZA DAVID EFRAIN

Carné: **2006-23544** Turno: **Diurno** Plan de Asignatura: **972A** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de **INGENIERÍA MECÁNICA**, y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente **CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los diecisiete días del mes de enero del año dos mil veinte y tres.

Atentamente,


Msc. Juan Oswaldo Blandino Rayo
Secretario de Facultad



☎ (505) 394-1153 • (505) 2248-4974
(505) 2351-8271 • (505) 2251-8226

⑨ Recinto Universitario Pedro Anzures Posada
Costado Sur de Villa Progreso
Managua, Nicaragua

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 17-ene.-2023



Facultad de
Tecnología de
la Industria

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA

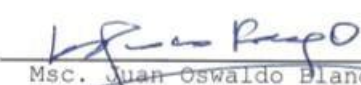
El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA** hace constar que:

VÁSQUEZ VÁSQUEZ EDGARD MOISES

Carné: **2005-20525** Turno: **Diurno** Plan de Asignatura: **2015** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de **INGENIERÍA MECÁNICA**, y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente **CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los diecisiete días del mes de enero del año dos mil veinte y tres.

Atentamente,


Msc. Juan Oswaldo Blandin Rayo
Secretario de Facultad



(505) 2346 1637 - (505) 2265 9879
(505) 2351 8271 - (505) 2251 4270



Recinto Universitario: Edmundo Amador Velasco
Carretera Sur de Villa Progresso
Managua, Nicaragua



Facultad de
Tecnología de
la Industria

SECRETARÍA DE FACULTAD



F-8: CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA** hace constar que:

MARÍN GADEA JOAN MANUEL

Carné: **2006-24334** Turno: **Nocturno** Plan de Asignatura: **2015** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de **INGENIERÍA MECÁNICA**, y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente **CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los diez días del mes de marzo del año dos mil veinte y tres.

Atentamente,

Msc. Juan Oswaldo Blandino Razo
Secretario de Facultad



(505) 2240 1653 - (505) 2248 6879
(505) 2251 8271 - (505) 2251 8276

Recinto Universitario Pedro Aráuz Palacios
Costado Sur de Villa Progreso,
Managua, Nicaragua

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 10-mar.-2023

La Oficina de Culminación de Estudios

Hace constar que el tema del trabajo monográfico:

Diseño de un troquel simple para la manufactura de arandelas en el taller de Máquinas Herramientas ubicado en la Universidad Nacional de Ingeniería, Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios, UNI-RUPAP Managua, Nicaragua.

Propuesto por el (la) (los) o (las) bachiller(es):

Nombre Completo del Estudiante	Carrera	Modalidad
Joan Manuel Marín Gadea	Ingeniería Mecánica-RUPAP	Diurno
David Efraín Solís Mendoza	Ingeniería Mecánica-RUPAP	Diurno
Edgard Moisés Vásquez Vásquez	Ingeniería Mecánica-RUPAP	Diurno

Tutor: Ing. Carlos Andrés Jarquin

Ha Sido

• Aprobado:

Cordialmente,



MSc. Luis Alberto Chavarría Valverde

Decano

Managua, 20 enero de 2023



Managua, marzo de 2023

MSc. Luis Alberto Chavarría Valverde
Decano de Facultad de Tecnología de la Industria
Universidad Nacional de Ingeniería UNI
Su despacho

Estimado MSc. Chavarría

Me es grato dirigirme hacia usted con el objetivo de hacer de su conocimiento que la Monografía titulada "Diseño de un troquel simple para la manufactura de arandelas en el taller de Máquinas Herramientas ubicado en la Universidad Nacional de Ingenierías, Recinto Universitario Pedro Arauz Palacio, UNI-RUPAP Managua, Nicaragua.", elaborada por los estudiantes David Efraín Solís Mendoza con No. de carnet 2006-23544, Edgard Moises Vásquez Vásquez con No. de carnet 2005-20525 y Joan Manuel Marín Gadea con No. de carnet 2006-24334, cumple con los contenidos orientados por la normativa institucional.

Reitero que el documento elaborado cumple con todos los requerimientos para optar al grado de Ingeniero Mecánico. Por tanto certifico que los estudiantes están preparados para continuar con los procedimientos relacionados a la defensa monográfica.

Agradeciendo por sus gestiones, me despido deseándole éxito en sus labores.

Atentamente.

MSc. Carlos Andrés Jarquín Espinoza

DEDICATORIA

“A mis padres, que aunque hoy ya no están entre nosotros, pero sus sabios consejos y fuertes regaños me han forjado en la persona que soy hoy en día; muchos de las cosas que he logrado se las debo a ellos, en donde incluyo este presente trabajo, mis estudios universitarios, mi trabajo, en fin todo es gracias a ellos, ya que me formaron con reglas, pero al mismo tiempo con ciertas libertades y siempre me motivaron para que pudiera alcanzar mis sueños, sueños que también anhelaron junto conmigo.

¡Gracias queridos padres!”

David E. Solís M.

Dedico este trabajo primeramente a Dios por haberme permitido llegar a esta etapa de mi vida, por brindarme la sabiduría y fortaleza necesaria para cumplir mis metas. A mis padres y tíos por ser los pilares fundamentales con quienes siempre puedo confiar, por brindarme su apoyo incondicional, por los consejos, principios y valores que me han inculcado los cuales me han ayudado a seguir adelante.

Edgard M. Vásquez V.

A Dios por haberme sostenido hasta este momento de mi vida, por brindarme la sabiduría y fortaleza. A los docentes que con su paciencia y apoyo incondicional ya que, formaron parte de mi formación como futuro profesional. A mis compañeros de tesis por la oportunidad de poder compartir la experiencia y conocimientos al querer desarrollar este proyecto.

Joan M. Marin G.

AGRADECIMIENTOS

A nuestro tutor, Msc. Carlos Jarquín. Maestro. Sin su apoyo este trabajo no lo hubiésemos logrado, sus consejos e ideas fueron siempre útiles para escribir lo que hoy hemos logrado. Usted formó parte importante de esta historia con sus aportes profesionales que lo caracterizan. Muchas gracias por sus múltiples palabras de aliento, cuando más las necesitábamos. Gracias por sus orientaciones.

A nuestros docentes, sus palabras fueron sabias, sus conocimientos rigurosos y precisos, a ustedes mis profesores queridos, les debo mis conocimientos. Donde quiera que vaya, los llevaré conmigo en mí transitar profesional. Su semilla de conocimientos germinó en el alma y el espíritu. Gracias por su paciencia, por compartir sus conocimientos de manera profesional e invaluable, por su dedicación perseverancia y tolerancia.”

A mis amigos y compañeros de viaje, hoy culmina esta maravillosa aventura y no puedo dejar de recordar cuantas tardes y horas de trabajo nos juntamos a lo largo de nuestra formación. Hoy nos toca cerrar un capítulo maravilloso en esta historia de vida y no puedo dejar de agradecerles por su apoyo y constancia, al estar en las horas más difíciles, por compartir horas de estudio. Gracias por estar siempre allí.

RESUMEN

En este trabajo se propone para el laboratorio de máquinas herramientas, una metodología para el diseño de troquel de corte de chapa metálica para elaboración de arandelas, utilizando elementos estandarizados. La metodología está enmarcada dentro del proceso de diseño de ingeniería, siguiendo para esta aplicación en particular las diferentes etapas, tales como la Identificación de la necesidad, la definición del problema, la etapa preliminar, la etapa de cálculo detallado, la evaluación y la documentación.

La información estandarizada para el diseño de troquel se ha recopilado y analizado con el fin de establecer su utilidad y aplicación en el diseño de un troquel simple, a partir de este se ejemplifica la aplicación de la metodología. Además, se propone un método para la continua actualización de la información estandarizada.

La necesidad del diseño parte del requerimiento de diseñar una herramienta para producir una arandela de chapa metálica. Los estándares de componentes para troquel a utilizar en este tema. Se han revisado en la etapa de definición como recopilación de datos y sirven para el planteamiento del diseño preliminar. Luego en la etapa del diseño detallado se realizan los cálculos fundamentales como: fuerza de corte, fuerza de expulsión y centro de presión. En esta etapa se diseñan los componentes utilizando el software de diseño paramétrico SolidWorks 2022. Inicialmente se realiza el modelado de los componentes en el orden de ensamble, creando relaciones entre ellos que permitan la actualización dimensional; En la evaluación se chequean las interferencias entre componentes para garantizar su correcto funcionamiento. Finalmente se generan los planos del troquel y el listado de materiales con los que se puede realizar la fabricación de este herramental.

Tabla de Contenido

I. Introducción	1
II. Antecedentes	2
III. Justificación	3
IV. Objetivos	4
Objetivo General	4
Objetivos Específicos	4
V. Marco Teórico	5
1. Manufactura	5
1.1. Operaciones de Procesamiento	8
1.2. OPERACIONES DE ENSAMBLE	9
2. Introducción a los procesos de troquelado	16
2.1. Definición del proceso de troquelado	17
3. Fundamentos para la operación de corte	20
3.1. Fuerzas de corte	21
3.2. Troqueles de corte	23
3.3. Corte y punzonado	23
3.4. Clasificación de los troqueles	24
3.5. Componentes de un troquel	26
3.6. Fundamentos para el diseño de troqueles	30
3.7. Materiales de los troqueles	30
3.8. Composición química - % promedio	33
4. Cálculos del diseño	33
4.1. Diseño de la tira	33
4.2. Separación entre piezas	34
4.3. Placa base	40
4.4. Vástago de Sujeción	40
4.5. Centro de gravedad para sujeción del vástago	41
4.6. Contraplaca y placa de punzones	42
4.7. Fuerza de corte	44
4.8. Punzones	45
4.9. Altura de los punzones	45
4.10. Cálculo del intersticio del punzón y matriz	45
4.11. Placa matriz	47

4.12.	Placa guía.....	47
4.13.	Perno guía	48
4.14.	Guía de tira	48
4.15.	Tope manual de avance	49
4.16.	Placa guía pisador	50
4.17.	Columnas y casquillos guías	50
4.18.	Selección de la prensa.....	51
5.	Memoria de cálculo.....	51
5.1.	Pieza para fabricar.....	51
5.2.	Fuerza de corte.....	52
5.3.	Tira de recorte.....	53
5.4.	Número de etapas	55
5.5.	Cálculo de fuerzas	56
5.6.	Selección de la prensa.....	58
5.7.	Determinación del centro de fuerzas	58
6.	Dimensionamiento de los elementos del troquel	59
6.1.	Placas base	60
6.2.	Placa porta matriz	61
6.3.	Diseño de los casquillos de corte.....	61
6.4.	Punzones.....	61
6.5.	Cálculo de las tolerancias de corte	62
1.5.	Placa portapunzones	62
1.6.	Placas Sufrideras.....	63
1.7.	Resortes	63
1.8.	Elementos de unión	64
1.9.	Conjunto inferior.....	64
1.10.	Reglas guías.....	65
1.11.	Placa guía pisador	65
1.12.	Columnas guías.....	65
7.	Realización de planos	65
8.	Simulación a través de SolidWorks 2022	65
	VI. Conclusiones	66
	VII. Bibliografía	67
	VIII. Anexos	68

Tablas 68

Catálogo..... 78

Planos 88

I. Introducción

Una troqueladora es una máquina herramienta que tiene como objetivo el corte de placas para crear piezas con diferentes formas geométricas sin generar viruta alguna. Es utilizada en la industria manufacturera.

El laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería tendrá el diseño de un troquel simple para la manufactura de arandelas, se detalla una máquina herramienta que cumpla con los objetivos planteados.

En este proyecto se define la máquina herramienta de troquel simple, que va a ser el mecanismo para la fabricación de las arandelas. En este caso se detalla los elementos básicos que la conforman, se explica el funcionamiento y por último el proceso que realiza al momento del corte de la placa para obtener la pieza de la figura geométrica solicitada.

Se explica algunos de los fundamentos del corte en los metales, los cuales serán: Deformación plástica, cizallamiento y rotura.

Se realiza la teoría de formulación, en la cual se encuentra la descripción de los cálculos necesarios para poder diseñar la máquina. Después de la teoría de formulación se procede a calcular, esto quiere decir tomar las fórmulas descritas y mediante los datos obtenidos realizar el diseño del mecanismo, se generan los planos que serán la guía para la construcción.

Una vez se tiene el diseño de la máquina se realizan las simulaciones respectivas, con lo cual se puede verificar si existe alguna inconsistencia, después de la simulación se procede con la construcción, siguiendo el diseño y los planos como guía, la misma se realiza mediante algunos tipos de mecanizados los cuales fueron anteriormente descritos.

II. Antecedentes

Hoy en día el taller de máquinas herramientas de la carrera de Ingeniería Mecánica dispone para el trabajo de láminas metálicas lo que son dobladoras, roladoras y cizallas (cortadoras), que son de vieja data, aparte que estas mismas son herramientas sencillas que no implican el uso de otros componentes más elaborados o complejos haciendo de ellas poco atractivas para el interés del estudiantado.

En los talleres de trabajos con lámina del país también nos encontramos con las mismas herramientas mencionadas, por eso solo ofrecen operación de doblado de lámina para la realización de canales, campanas para la extracción de humo y algunas que las utilizan para la fabricación de cocinas; y para las operaciones como perforar u obtener calados dentro de la lámina utilizan maquinas eléctricas (taladro y esmeriladoras) sin embargo, esto trae el aumento del tiempo de elaboración y en algunos casos la afectación en la calidad estética de los productos.

Actualmente en el país se han establecido pequeños talleres especializados en la manufactura de troqueles, sin embargo, ya que la utilización de estos no es muy conocida, su mercado laboral es escaso y principalmente se centran en la construcción de troqueles de corte para perfiles de aluminio que se utilizan en talleres de aluminio y vidrio. Con este proyecto se pretende demostrar que la fabricación de un troquel dentro de las instalaciones del taller de Máquinas Herramientas puede ampliar las posibilidades para crear nuevas ideas dentro del campo de Conformado de Materiales.

III. Justificación

El conformado de metales es un proceso de manufactura fundamental para el ingeniero mecánico, donde el troquel, siendo parte de dicho proceso, ejerce la función de manufacturar distintos tipos de productos finales y/o materia prima para otros procesos.

Este trabajo surge de la necesidad de contar con información correcta y veraz acerca de los trabajos, de corte por troquelado, con mayores detalles de innovación y ejecución, y que permitan al usuario conocer que dicho sistema va a cubrir las necesidades y limitaciones que siempre ha tenido, ya que una gran cantidad de personal dedicado a la fabricación de troqueles desde hace muchos años, solo los manejan de una forma práctica y pocos son los que cuentan con bases fundamentadas en este tema, trayendo como consecuencia la fractura de las herramientas y en algunos casos el deterioro de las máquinas por una mala apreciación en cuanto a la capacidad de la máquina a utilizar o juego entre punzón y matriz o tipo de operación a realizar.

El presente estudio será de utilidad para los estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica tengan un mayor alcance al momento de realizar procedimientos de conformación de metales, esperando poder influir en la decisión del proceso, así como de la selección de cada uno de los elementos que componen el troquel.

IV. Objetivos

Objetivo General

Diseñar un troquel simple para la manufactura de arandelas en el taller de Máquinas Herramientas ubicado en la Universidad Nacional de Ingeniería, Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios

Objetivos Específicos

- Definir el proceso de conformación de metales para la manufactura de arandelas lisas.
- Realizar los respectivos cálculos de diseño propios de un troquel simple para la elaboración de arandelas lisas de $\frac{1}{2}$ pulgada.
- Diseñar el prototipo del troquel simple a través del software SolidWorks para el proceso de manufactura de la arandela lisa de $\frac{1}{2}$ pulgada.

V. Marco Teórico

1. Manufactura

El concepto de manufactura en principio únicamente se refería a la forma de producción artesanal. Sin embargo, la introducción de nuevos métodos productivos, la aplicación de las tecnologías y el crecimiento de las industrias comenzaron a modificar esta idea inicial.

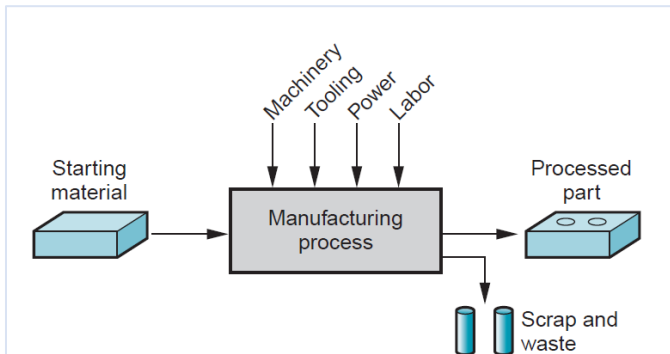
La Revolución Industrial fue un proceso de transformación económica, social y tecnológica que se presentó en la segunda mitad del siglo XVIII en el Reino Unido, marcó el cambio de una economía basada en la agricultura y las artesanías a otra apoyada en la industria y la manufactura.

Dicho cambio se inició en Inglaterra donde tuvo lugar la invención de una serie de máquinas que reemplazaron la fuerza del agua, viento y de los animales de tiro por la fuerza de vapor. Estos adelantos dieron a la industria británica ventajas importantes sobre otras naciones, no obstante que Inglaterra intentó restringir la exportación de las nuevas tecnologías, la revolución industrial se extendió a otros países europeos y a Estados Unidos y de esta manera, fue que el concepto de manufactura se adaptó a las nuevas prácticas.

Según Groover, Mike refiere que: la manufactura puede definirse de dos maneras: uno como proceso tecnológico y otra como un proceso económico. Tecnológicamente hablando, es la aplicación de procesos químicos y físicos para alterar la geometría, propiedades y/o apariencia de un material para fabricar partes o productos.

Observe la descripción de ambos procesos en la figura 1 a continuación:

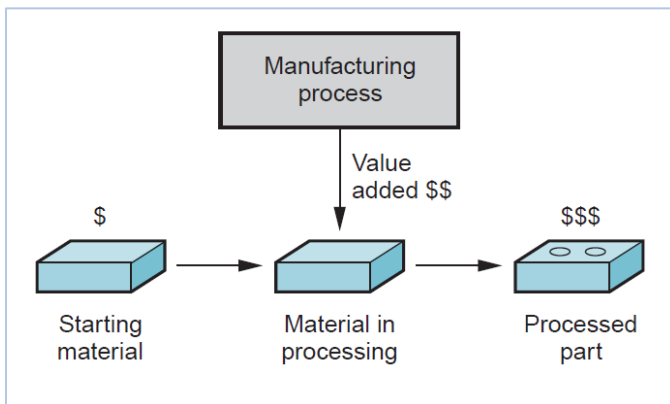
Figura 1: Manufactura como proceso técnico.



Fuente: (Groover, Mikell P., 2010, pág. 4)

Económicamente hablando, la manufactura es la transformación de materiales en ítems de gran valor por su importancia en uno o más procesos y/o operaciones de ensamble.

Figura 2: Manufactura como proceso económico.



Fuente: (Groover, Mikell P., 2010, pág. 4)

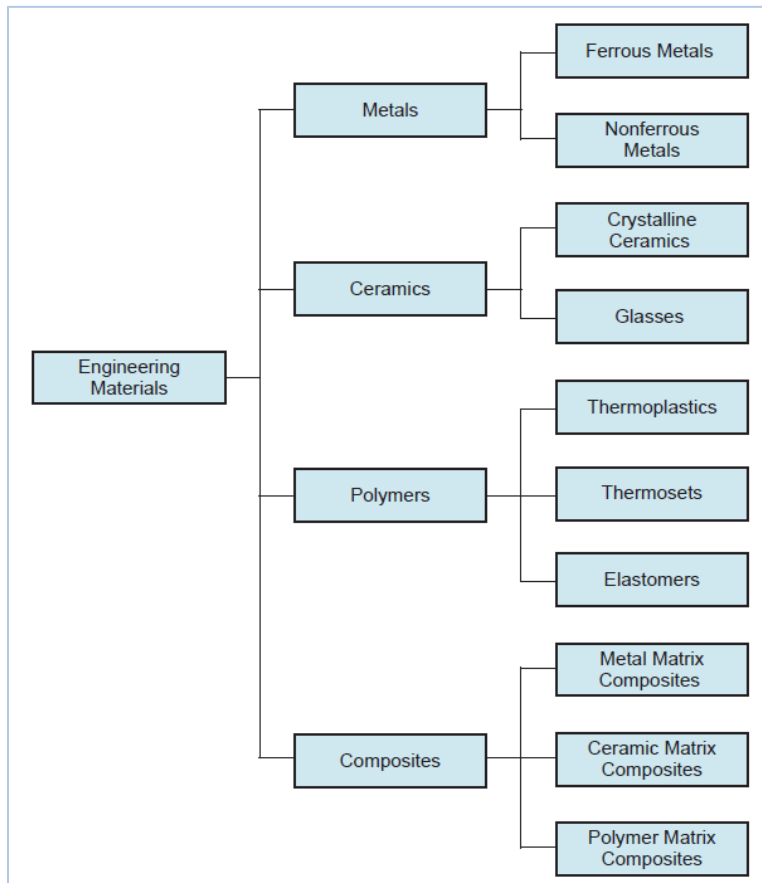
Aunque la manufactura es una actividad importante, no se lleva a cabo por sí misma, se realiza como una actividad comercial por parte de las compañías que venden sus productos a los consumidores, a esto se le llama industrias.

Las industrias se clasifican en:

- Industria primaria: corresponde al cultivo o la explotación de los recursos naturales, tales como la agricultura, la ganadería o la minería.

- **Industria secundaria:** es la que convierte los productos de la industria primaria en bienes de consumo o de capital. Corresponden a este rubro, los productos manufacturados, la construcción, la generación de energía, etc.
- **Industria terciaria:** esta clasificación abarca todo lo que se refiere al sector servicio. Dentro de la industria manufacturera existen procedimientos correspondientes a todo un sistema complejo de actividades individuales y consecutivas, coordinadas y esenciales para el desarrollo mismo de un producto. Estos procedimientos están diseñados para generar un cambio físico o químico de un material de trabajo inicial con la intención de aumentar el valor de dicho material, los cuales se pueden clasificar en dos grupos: *Fuente: (Groover, Mikell P., 2010, pág. 4)*

Figura 3: Clasificación del proceso de manufactura.



Fuente: (Groover, Mikell P., 2010, pág. 8)

1.1. Operaciones de Procesamiento

Este tipo de procesos utiliza la energía para hacer que un material de trabajo pase de un estado de acabado a otro más avanzado que está más cerca del producto final que se desea. Se agrega valor cambiando la geometría, las propiedades o la apariencia del material de inicio. Las formas de energía incluyen eléctrica, mecánica, térmica, y química.

El material alimenta el proceso, las máquinas aplican energía para transformar el material y la pieza terminada sale del proceso, en este ciclo que se repite continuamente se generan desperdicios ya sea como un aspecto natural del proceso por el efecto de las máquinas en el material como lo es en el proceso de maquinado o como desperdicios al generar piezas defectuosas ocasionales, sea cual sea el origen, un objetivo importante de la manufactura es reducir el desperdicio al mínimo posible.

Estas operaciones están definidas en tres subgrupos esencialmente: Proceso de formado, Proceso de mejora de propiedades y Operaciones de procesos de superficies; de las cuales se detallan a continuación.

1.1.1. Proceso de formado

- a) Proceso de solidificación: proceso en el que el material con el que se comienza es un líquido calentado o semifluido que se enfría y se solidifica para formar la geometría de la pieza.
- b) Procesamiento de partículas o metalurgia de polvos: los materiales de inicio son polvos que se forman y calientan con la geometría deseada. Por lo general son polvos metálicos o cerámicos, dicha técnica consiste en que los polvos se fuerzan hacia una cavidad llamada matriz a una gran presión y después se calientan para unir las partículas individuales.

- c) Procesos de deformación: la materia con la que se comienza es sólido dúctil que se deforma para crear la pieza. la deformación es provocada por fuerzas que se le aplican que exceden la resistencia del material a quien también, de ser necesario, se calienta a una temperatura por debajo del punto de fusión, para aumentar su ductilidad y evitar que el material se fracture durante la deformación.
- d) Procesos de remoción de material: en estos procesos el material de inicio es un sólido al cual se le retira material de modo que la pieza resultante tenga la geometría que se busca. Los procesos más importantes de esta categoría son las operaciones de maquinado como torneado, taladrado y fresado.

1.1.2. Procesos de mejora de propiedades:

- a. Tratamiento térmico: este segundo tipo general de proceso de una pieza se lleva a cabo para mejorar las propiedades mecánicas o físicas del material de trabajo. Estos procesos no alteran la forma de la pieza, salvo de manera accidental en algunos casos.

1.1.3. Operaciones de procesos de superficies:

- a. Limpieza y tratamiento de superficies: La limpieza incluye tanto procesos químicos como mecánicos para retirar de la superficie suciedad, aceite y otros contaminantes.
- b. Recubrimiento y procesos de deposición: en general consiste en aplicar una capa delgada de material a la superficie exterior de la pieza que se trabaja, las más comunes incluyen galvanoplastias y anodización del aluminio, y el recubrimiento orgánico (llamado pintado).

1.2. OPERACIONES DE ENSAMBLE

El segundo tipo básico de operaciones de manufactura es el ensamble, consiste en el que dos o más piezas separadas se unen para formar una entidad nueva.

Dichos componentes se conectan ya sea de forma permanente o semipermanente.

1.2.1. Procesos de unión permanente

Forman una unión de componentes que no puede separarse con facilidad. Los procesos de unión permanente incluyen la soldadura fuerte, la soldadura blanda y el pegado con adhesivos.

1.2.2. Ensamble mecánico

Se utiliza para sujetar dos o más partes en una pieza que se puede desarmar a conveniencia. El uso de remaches, tornillos y otros sujetadores mecánicos son métodos tradicionales importantes en esta categoría. Otras técnicas de ensamblado mecánico incluyen el ajuste de presión y ajuste de expansión.

Para la ejecución de las operaciones de producción se utilizan máquinas y herramientas, así como intervención humana. El uso extensivo de maquinaria se inició con la revolución industrial, fue en esa época cuando se comenzaron a desarrollar y a usar ampliamente las máquinas cortadoras de metal denominadas máquinas herramientas, es decir, máquinas motorizadas para operar las herramientas de corte que anteriormente se manejaban de forma manual.

Entre todas las máquinas de producción, las máquinas herramientas son las más versátiles, no solamente se usan para fabricar artículos de consumo, sino también para crear componentes para otras máquinas de producción como prensas para operaciones de estampado, martinets para forja, molinos para laminación de placas metálicas, máquinas soldadoras, máquinas de inserción para insertar componentes electrónicos en tarjetas de circuitos impresos. (Groover, Mikell P., 2014, pág. 12).

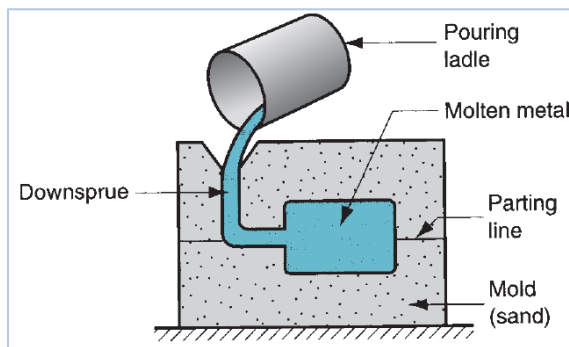
La maquinaria de producción requiere necesariamente de herramientas, estas especializan a la máquina para el trabajo de partes únicas de un producto. El tipo

de herramienta depende del proceso de manufactura, a continuación, ejemplos de herramientas utilizadas en varios procesos de manufactura:

1.2.3. Fundición - Molde

En el proceso de fundición el metal fundido fluye por gravedad u otra fuerza dentro de un molde donde se solidifica y toma la forma de la cavidad del molde. El termino fundición también se aplica a la parte resultante de este proceso. Es uno de los más antiguos procesos de formado que se remonta a 6 mil años atrás.

Figura 4: Proceso de Moldeo

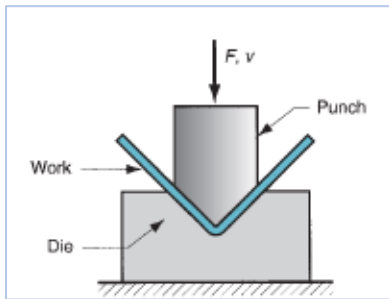


Fuente: (Groover, Mikell P., 2010, pág. 13)

1.2.4. Moldeado - Molde

Este proceso refiere al moldeado de polímeros los cuales son calentados hasta obtener una consistencia líquida para luego ser vertido dentro de moldes para la conformación de una amplia variedad de productos, partes moldeadas, secciones extruidas, hojas y películas, recubrimientos y aislantes para alambres y fibras textiles.

Figura 5: Proceso de Moldeado.

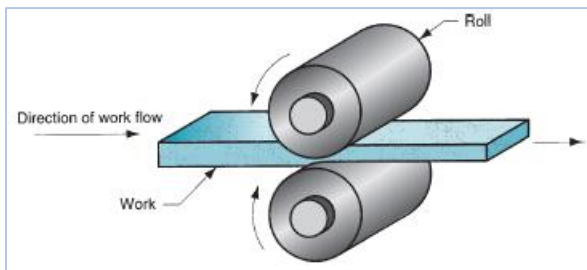


Fuente: (Groover, Mikell P., 2010, pág. 385)

1.2.5. Laminado - Molino laminador

El laminado es un proceso de deformación en el cual el espesor del material de trabajo se reduce mediante fuerzas de compresión ejercidas por dos rodillos opuestos. Los rodillos giran para jalar del material de trabajo y simultáneamente apretarlo entre ellos.

Figura 6: Proceso de Laminado.

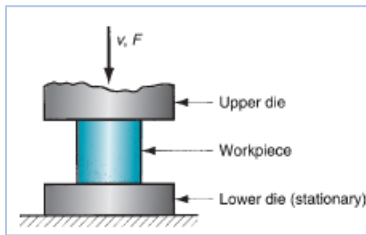


Fuente: (Groover, Mikell P., 2010, pág. 396)

1.2.6. Forjado – Martinete de forja

Es un proceso de deformación en el cual se comprime el material de trabajo entre dos dados, usando impacto o presión gradual para formar la parte. Es la operación más antigua para formado de metales, remontándose a quizá al año 5000 a.C.

Figura 7: Proceso de Forjado.

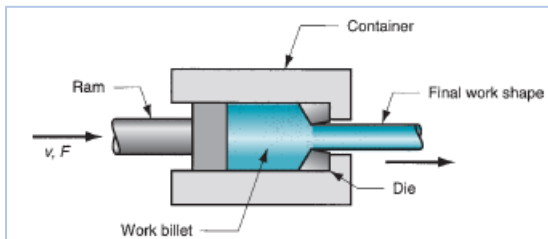


Fuente: (Groover, Mikell P., 2010, pág. 406)

1.2.7. Extrusión – Prensa

Es un proceso de formado de compresión en el cual el metal de trabajo es forzado a fluir a través de la abertura de un dado para darle forma a su sección transversal. El proceso puede compararse a la acción de apretar un tubo de pasta de dientes. Entre sus ventajas está el hecho de que se puede extruir una gran variedad de formas, especialmente con extrusión en caliente; sin embargo, una limitación de la geometría es que la sección transversal debe ser la misma a lo largo de toda su longitud.

Figura 8: Proceso de Extrusión.

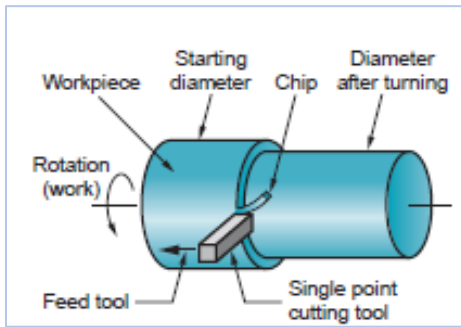


Fuente: (Groover, Mikell P., 2010, pág. 421)

1.2.8. Maquinado – Maquinas herramientas

Es un proceso de manufactura en el cual se usa una herramienta de corte para remover el exceso de material de una parte de trabajo, de manera que el material remanente sea la forma deseada. La acción predominante del corte involucra la deformación cortante del material para formar una viruta; al removerse la viruta queda expuesta una nueva superficie. El maquinado es uno de los procesos más importantes de manufactura.

Figura 9: Proceso de Maquinado.



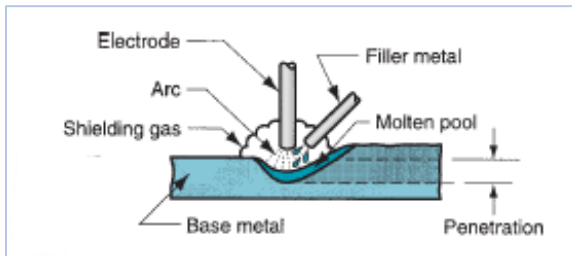
Fuente: (Groover, Mikell P., 2010, pág. 14)

1.2.9. Soldadura – Maquina soldadora

La soldadura es un proceso de unión de materiales en el cual se funden las superficies de contacto de dos o más partes mediante la aplicación conveniente de calor o presión. La integración de las partes que se unen mediante soldadura se denomina ensamble soldado. Muchos procesos de soldadura se obtienen solamente por calor, sin aplicar presión, otros mediante una combinación de calor y presión; y unos más únicamente por presión, sin aportar calor externo. En algunos casos se agrega material de aporte o relleno para facilitar la fusión. La soldadura es un proceso relativamente nuevo. Su importancia comercial y tecnológica se deriva de lo siguiente:

- La soldadura proporciona una unión permanente. Las partes soldadas se vuelven una sola unidad.
- La unión soldada puede ser más fuertes que los materiales originales, si se usa un material de relleno que tenga propiedades de resistencia superiores a los materiales originales y se emplean las técnicas de soldadura adecuadas.
- En general, la soldadura es la forma más económica de unir componentes, en términos de uso de materiales y costos de fabricación.

Figura 10: Proceso de Unión por Soldadura.



Fuente: (Groover, Mikell P., 2010, pág. 695)

1.2.10. Estampado – Prensa

El trabajado metálico de láminas incluye operaciones de corte y formado realizadas sobre laminas delgadas de metal. El espesor del material puede ser tan pequeño como varias milésimas de pulgada, pero la mayor parte de los espesores del metal esta entre 0.4 mm y 6mm. Consiste en dar forma a láminas o placas desde las más simples y sencillas hasta configuraciones muy complejas.

La mayoría de los procesos con láminas metálicas se realizan a temperatura ambiente, excepto cuando el material es grueso, frágil o la deformación es significativa. Las tres grandes categorías de los procesos de láminas metálicas son:

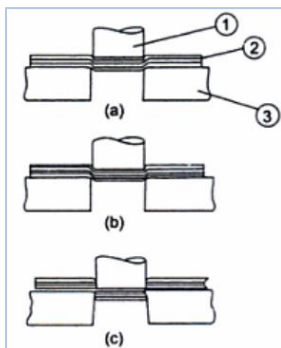
- Corte: Se usa para separar láminas grandes en piezas menores, para cortar un perímetro o hacer agujeros en una parte.
- Doblado: Consiste en la deformación del metal alrededor de un eje recto.
- Embutido: Es una operación de formado de láminas metálicas que se usa para hacer piezas de forma acopada, de caja y otras formas huecas más complejas. Se realiza colocando una lámina de metal sobre la cavidad de un dado y empujado el metal hacia la cavidad de este con un punzón.

2. Introducción a los procesos de troquelado

Troquelar es un arte metalmecánico muy importante para la industria, ya que siempre se busca fabricar productos más eficientes, resistentes, de calidad y económicos que los obtenidos con cualquier otro proceso productivo como fundición, forja o mecanizado. Es utilizado en gran variedad de sectores: electrodomésticos (línea blanca), automotriz, aeronáutico, naval, electrónico e informático. Está enfocado en aprovechar al máximo el material para fabricar la mayor cantidad de piezas con el menor tiempo y costo posible.

Mediante una prensa, el troquel ejerce presión sobre el material, supera su límite elástico para transformarlo, ya sea para cortar, doblar o pasar de una lámina plana a una geometría tridimensional, mediante un proceso de embutido. La base superior del troquel, dónde está el punzón, se coloca en el ariete (martillo) de la prensa, en la mesa de trabajo se sujeta el porta matriz o base inferior, con la matriz, en medio de ambas se ubica la lámina; el punzón penetra la matriz cuando baja impulsado por la potencia que le proporciona la prensa y con un golpe sobre la lámina produce el corte, la deformación o la transformación de la lámina para la obtención de una pieza se muestra en la figura 11

Figura 11: Principio del corte de metal: (a) Penetración, (b) Deformación y (c) Fractura, 1. Punzón. 2. Lámina. 3. Matriz



Fuente: (Bawa, 2006)

El metal al que se da forma suele ser una lámina o una pieza en bruto recortada, se coloca sobre la matriz en la bancada de la prensa, el cuño se monta sobre el pistón de la prensa y se hace bajar mediante presión hidráulica o mecánica.

En las distintas ejecuciones se emplean troqueles de diferentes formas.

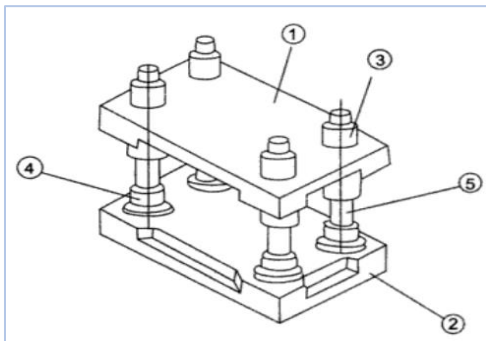
- Troqueles de perforación son los más sencillos, utilizados para hacer agujeros en la pieza.
- El troquel de flexión y doblado están diseñados para efectuar pliegues simples o compuestos en la pieza en bruto.
- Los troqueles de corte se utilizan para estampar una forma determinada en una lámina de metal para operaciones posteriores.
- Los troqueles combinados están diseñados para realizar varias de las operaciones descritas en un único recorrido de la prensa. Los troqueles progresivos permiten realizar diversas operaciones sucesivas de modelado con el mismo troquel.
- Los troqueles de embutir se emplean para crear formas huecas, para lograr una sección reducida en una parte hueca. Cuando la pieza determinada debe tener una protuberancia en la parte inferior o central suelen emplearse troqueles hidráulicos. En estos el cuño se sustituye por un pistón que introduce en la pieza agua o aceite a presión, lo que obliga al metal a doblarse hacia fuera contra la matriz.

2.1. Definición del proceso de troquelado

El troquelado es un método para trabajar lámina en frío, en forma y tamaño predeterminado, por medio de una herramienta llamada troquel y una prensa. El troquel determina el tamaño y forma de la pieza terminada y la prensa suministra la fuerza necesaria para efectuar el cambio.

Cada troquel está especialmente construido para la operación a efectuar y no es adecuado para otras operaciones.

Figura 12: Partes básicas de un troquel: 1. Portapunzones. 2. Porta matrices. 3. Buje guía superior. 4. Buje guía inferior. 5. Postes guías



Fuente: (Bawa, 2006)

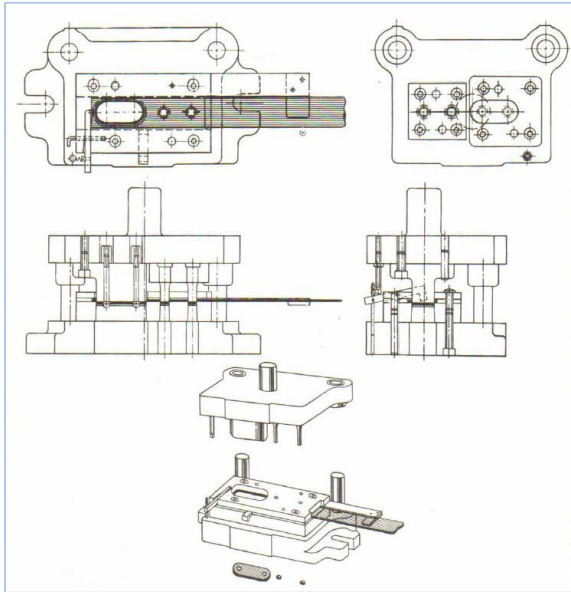
En la figura 12 se muestra un arreglo con cuatro guías, existen también con dos guías o incluso sin ellas, dependerá de la complejidad de la pieza a fabricar y el número de piezas a producir, la elección del tipo de arreglo o configuración más adecuada que debe adoptar el troquel.

Los procesos de troquelado son continuos, repetitivos y se desarrollan a una velocidad de hasta cientos de golpes por minuto, siendo muy útil para la fabricación de productos en serie y a un costo considerablemente bajo, respecto a otros métodos de manufactura.

El proceso de corte se observa en la figura 13, utilizado para separar la pieza útil de la lámina mediante cizalladura con el punzón y la matriz; por su parte, en el punzonado, el troquel, genera agujeros con diferentes geometrías en la lámina. Una forma de diferenciar el proceso de corte con el punzonado es que en este último el material que se desprende de la lámina no forma parte de la pieza útil, a diferencia del corte que el material que se desprende de la lámina es la pieza final. En el proceso de doblado, la herramienta al aplicar fuerza sobre el material supera

su límite elástico generando la geometría deseada, que pueden ser desde simples pliegues en el material, así como geometrías más complejas.

Figura 13: Troquel de corte.



Fuente (Paquin, 1967, pág. 70)

La operación de embutido se emplea para crear formas cóncavas, el objetivo es conseguir, mediante la presión ejercida por la prensa, que el troquel deforme plásticamente la lámina de acuerdo con la forma de la matriz que se utilice. El proceso de embutido se utiliza ampliamente en la industria, para fabricar tapas, como las de las botellas de cerveza y refresco, o como las de botes de pintura, también para hacer tarjas, ollas y otros productos en forma de recipientes.

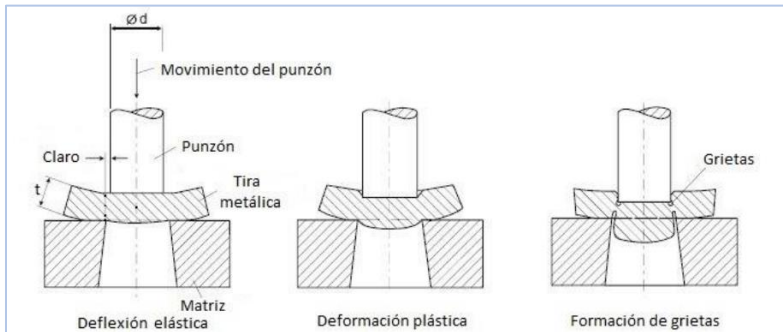
En general, todas las operaciones que se realicen con un troquel se denominan troquelado, la construcción de esta herramienta es el eje principal del proceso, por ello es muy importante su diseño y fabricación. Siempre se cuida meticulosamente la creación de cada troquel como piezas únicas e irrepetibles, ya que pocas veces se construye un mismo troquel dos veces, utilizan materiales de excelente resistencia al desgaste y de alta dureza que puedan superar la resistencia de la lámina a trabajar.

3. Fundamentos para la operación de corte

“Para realizar la operación de corte, se requiere una herramienta, la cual consta de punzón y matriz. Los pasos más importantes en el proceso de corte se explican a continuación con el ejemplo del desprendimiento de un disco de una tira de metal. La suposición aquí es que el diámetro del disco a cortar es mayor en comparación con el espesor de la lámina ($d \gg t$)”. (Klocke, 2013)

Las fuerzas de corte son transferidas a la pieza desde la cara final del punzón hasta la matriz. Debido a la resistencia de la tira, esta se flexiona entre el punzón y la matriz como se observa en la figura 14

Figura 14: Fases en el proceso de corte. a. Deflexión elástica. b. Deformación plástica. c. Formación de grietas.



Fuente (Klocke, 2013)

Al incrementar la acción de la fuerza en el punzón se ocasiona una deformación plástica en el material, el cual comienza a fluir. El punzón entonces penetra en la tira metálica como se muestra en la figura 1.5b. Con el incremento de la carrera de corte, la deformación de la orilla es transformada en una superficie de corte lisa, en la cual el tamaño es determinado por la capacidad de deformación del material. Como regla, las grietas se forman en la dirección de la matriz si la capacidad de fluir del material se ve restringida por el claro. Esto lleva a la separación del material causado por la fractura tal como se observa en la figura 14.

Dependiendo de las propiedades del material y del claro, estas grietas pueden correr desde la orilla de la matriz hacia la orilla del punzón, causando una separación repentina y dejando una superficie de fractura en la zona de corte. Sin embargo, las grietas pueden correr una por arriba de otra y múltiples superficies de fractura se forman como resultado, con zonas de corte lisas distribuidas a lo largo de las orillas. Este fenómeno ocurre cuando el claro es muy pequeño y con el uso de materiales suaves.

3.1. Fuerzas de corte

Las fuerzas presentes durante el proceso de separación representan un parámetro esencial para la prensa y el diseño del troquel. Los siguientes factores influyen en las fuerzas de corte:

t = Espesor del material, m.

τ = Resistencia del material al corte, MPa.

L = Longitud del borde de corte, m.

La calidad de la superficie de la herramienta.

El desgaste de la herramienta

Lubricación

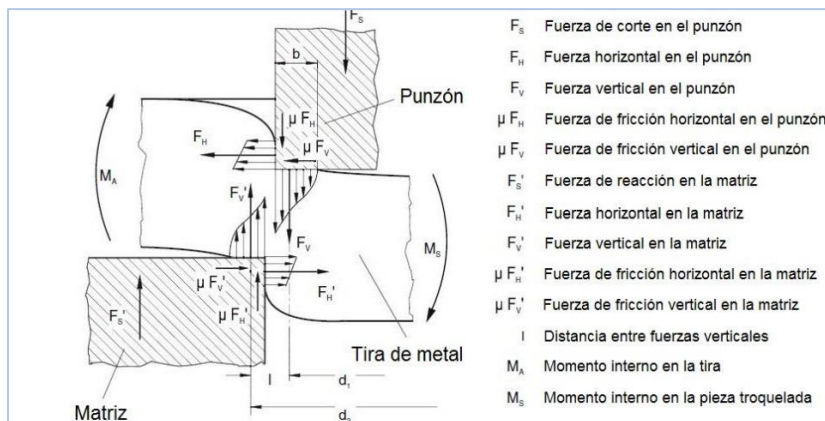
Esfuerzos de compresión radial están presentes entre el punzón, la tira metálica y en la matriz. Estos esfuerzos ocasionan fuerzas de fricción, dependiendo de las condiciones de fricción (lubricación, calidad de la superficie del punzón) y de los esfuerzos radiales (dimensiones, materiales, forma de la herramienta), las fuerzas de retracción se pueden asumir con valores de 1% a 40 % de la fuerza de corte.

La Figura 15 muestra como las fuerzas de corte (FS) en el punzón se descomponen en una componente horizontal (FH) y una componente vertical (FV). La fuerza de corte genera una fuerza de reacción (FS') en la matriz, la cual también puede descomponerse en una componente horizontal (FH') y otra vertical (FV'). Las fuerzas verticales (FV y FV') comienzan desde el punzón y la matriz ocasionando esfuerzos de compresión durante el proceso de corte en un área

estrecha en la cara del troquel o en la superficie de presión de la matriz. Puesto que ya existe un deslizamiento del material en estas posiciones, resultan fuerzas de fricción, estas fuerzas son las responsables del desgaste de la matriz y el punzón.

Debido a la distancia l de las fuerzas verticales, un momento M surge en la tira la cual se mantiene en equilibrio para los esfuerzos de doblado y las fuerzas horizontales F_H . Los esfuerzos de doblado en la tira ocasionan una deflexión en ésta. (Klocke, 2013)

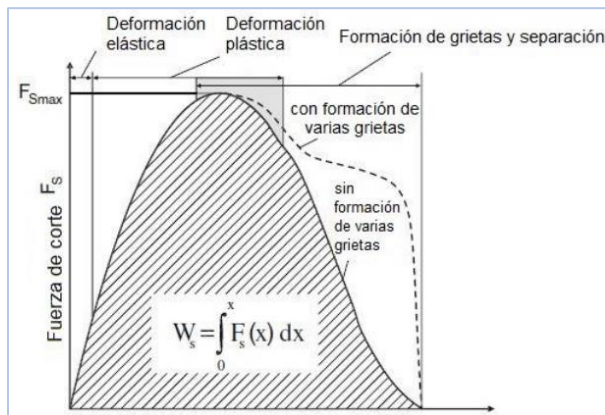
Figura 15: Componentes de las fuerzas presente en el proceso de corte.



Fuente: (Klocke, 2013)

La Figura 16 muestra la trayectoria de la fuerza de corte. Al inicio del proceso, la tira es deformada elásticamente. Cuando el esfuerzo de cedencia se excede, la fuerza de corte aumenta de forma decreciente, alcanzando su máximo aproximadamente a 30-50% de la trayectoria de corte. Después disminuye hasta el final del corte.

Figura 16: Trayectoria de la fuerza de corte.



Fuente: (Klocke, 2013)

La propagación de las grietas ocasiona una rápida reducción en la fuerza de corte. En el caso de que existan varias grietas, uno o más puntos de inflexión aparecen en la trayectoria de corte después de que se ha alcanzado la máxima fuerza de corte.

3.2. Troqueles de corte

Al hablar de troquelado se requiere mencionar los troqueles o herramienta de corte, los cuales son construidos considerando cuatro aspectos muy importantes: trabajo a realizar, características de la prensa, material a troquelar y número de piezas a producir. A medida que aumentan los requerimientos del trabajo, la capacidad de las prensas, las exigencias de los materiales y la necesidad de producir más y mejor, también se conciben diseños de troqueles con mayor complejidad y desarrollo.

3.3. Corte y punzonado

Es importante diferenciar entre corte y punzonado, ya que puede llegar a confundir lo que significa cada una de estas palabras. Básicamente el punzonado es aquella operación en la cual se genera un orificio de forma determinada en la lámina, mientras que el corte es la operación que separa la pieza de la lámina. Se entiende

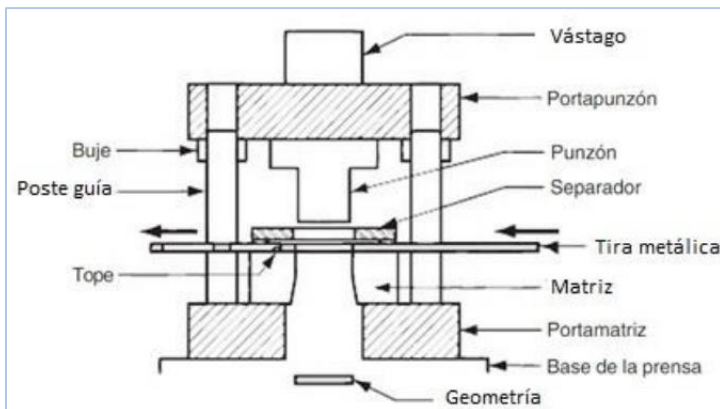
que con el punzonado se realizan las formas interiores de la pieza, mientras que el perímetro o formas exteriores se realizan con el corte.

3.4. Clasificación de los troqueles

“A parte de las diferencias entre los dados troqueladores de corte, doblado y embutido, hay otras que se refieren al número de operaciones separadas que se ejecuta en cada acción de la prensa y como se realiza dichas operaciones” (Groover, Mikell P., 2010).

- **Troquel Simple** (de una estación o un paso): estos troqueles permiten realizar solamente una operación en cada golpe de la prensa, son de baja productividad y normalmente es necesario el uso de otros troqueles para poder concluir una pieza y considerarla terminada. Se utilizan para fabricar piezas sencillas como arandelas, accesorios y pequeñas partes para electrodomésticos.

Figura 17: Troquel Simple



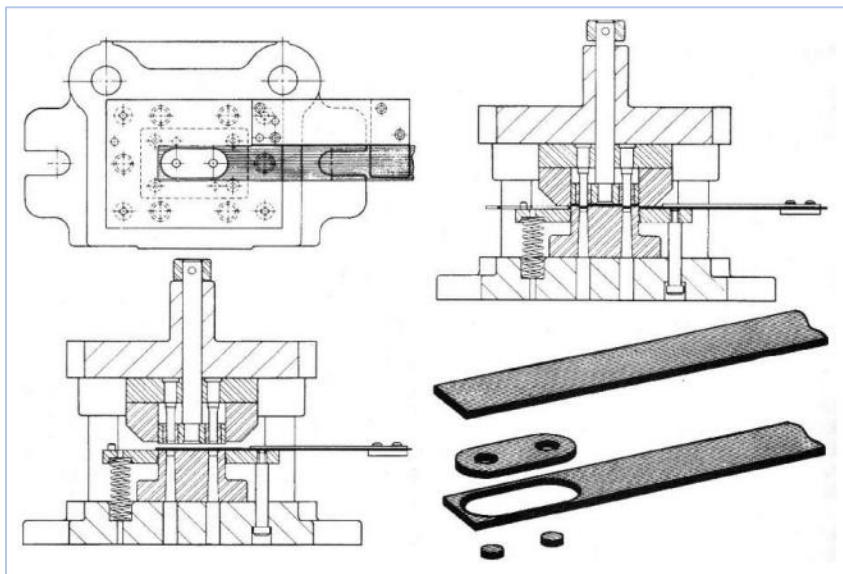
Fuente: (Groover, Mikell P., 2010)

- **Troquel Compuesto** (de dos o tres estaciones o pasos): son herramientas que permiten realizar dos o más operaciones en cada golpe y así agilizar el proceso. Generan mayor productividad y se utilizan para conformar tarjetas, utensilios de cocina, recipientes, partes de estufas, etc.

En la Figura 18 los orificios de la pieza son perforados al mismo tiempo que se corta la pieza, en lugar de realizarse en una estación previa, esto genera mayor exactitud en la pieza, cualquiera que sea la exactitud de diseño, esta se duplicara en cada pieza producida por el troquel.

Los troqueles compuestos son troqueles invertidos, el punzón A esta fija a la base en lugar de estar sujeto al brazo de la prensa como en los troqueles convencionales. La matriz B está sujeta al brazo de la prensa y está apoyada por un espaciador C, el cual retiene los punzones. Debido a que todas las operaciones.

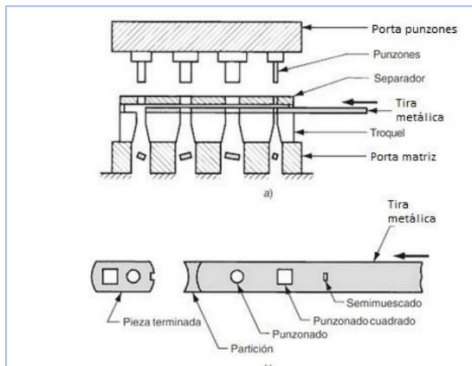
Figura 18: Troquel compuesto



Fuente: (Boljanovic, V., & Paquin, J., 2006)

- **Troquel Progresivo:** son troqueles complejos y de gran desarrollo. Llegan a tener decenas de etapas o pasos, en cada uno de ellos se modifica la lámina con una secuencia establecida por el diseñador (secuencia de corte), de tal manera que al final se obtiene una o varias piezas terminadas.

Figura 19: Troquel Progresivo.

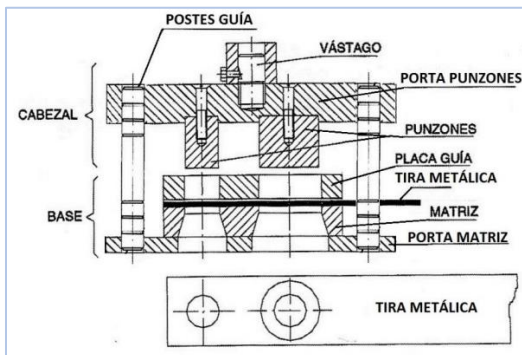


Fuente: (Groover, Mikell P., 2014).

3.5. Componentes de un troquel

Según Vukota Boljanovic y J.R. Paquin en su libro “Die Design Fundamentals”, los troqueles cuentan con una serie de elementos constructivos que cumplen con una función específica dentro del conjunto general del trabajo para el cual han sido fabricados.

Figura 20: Partes de un troquel

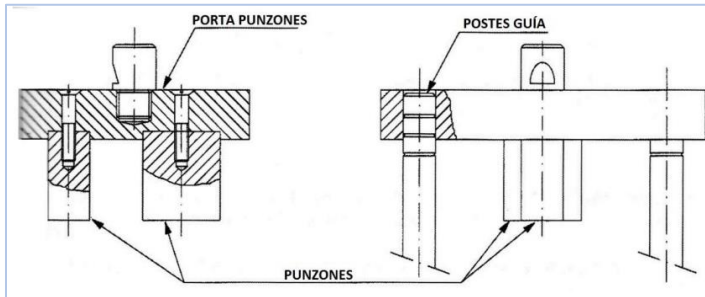


Fuente: (Paquin, 1967)

Porta punzones o base superior: tiene la misión de contener en su superficie todas las placas y elementos para soportar los punzones del troquel. Estos punzones pueden ser de cualquier tipo o tamaño, pero deben estar firmemente sujetos y guiados en el interior de dicha placa impidiendo que puedan moverse o desprenderse. También en esta placa se encuentra acoplado el vástago, que la

inmoviliza y fija durante todo el proceso de trabajo. Ésta conduce el movimiento de la máquina para que los punzones penetren la matriz y corten la lámina.

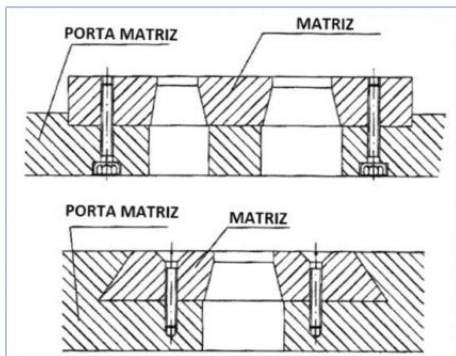
Figura 21: Portapunzones.



Fuente: (Paquin, 1967)

Porta matriz o base inferior: es el elemento sobre el cual van montados todos los componentes que hacen parte de la matriz, y a su vez, está sujeta fuertemente en la bancada de la prensa durante la fase de trabajo. Esta base y los elementos que lleva montados hacen las funciones de apoyo y absorción de esfuerzos, ya que 'recibirán' toda la fuerza de transformación que la prensa aplique, en caso de tener que absorberlos la placa matriz, se corre el riesgo de fractura debido a su fragilidad. En la base inferior también se montan los postes guía que sirven para mantener la posición entre la parte superior e inferior, donde se encuentra fijo el punzón y la matriz respectivamente.

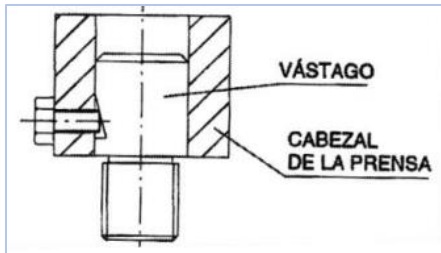
Figura 23: Porta matriz



Fuente: (Paquin, 1967)

Vástago: Elemento que une el cabezal del troquel con la prensa. Básicamente tiene una parte roscada para fijarse a la placa porta punzones y cuenta con un rebaje para ajustarse al cabezal de la prensa.

Figura 23: Vástago roscado

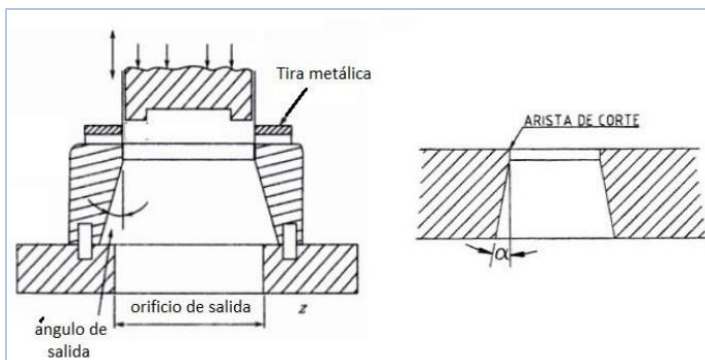


Fuente: (Paquin, 1967).

Matriz: la matriz y el punzón son los elementos que producen el corte. La matriz presenta cavidades de la geometría de la pieza a obtener, a través de las cuales se introduce el punzón para provocar el corte del material.

Para diseñar la matriz se deben considerar varios parámetros: el claro o juego entre el punzón y la matriz, el maquinado de las aristas de corte y el ángulo de salida (α) que facilita la extracción del material removido.

Figura 24: Ángulo de salida de la matriz de corte



Fuente: (Bawa, 2006)

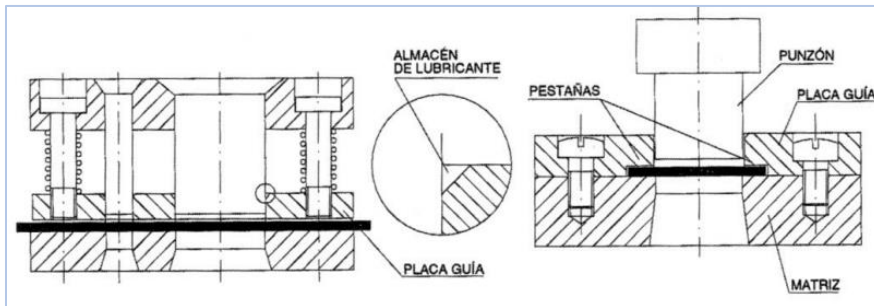
Pisador: durante el movimiento descendente del troquel, la placa pisadora presiona la lámina manteniéndola fija en una posición (dejándola inmovilizada) antes de que los punzones lleguen a tocarla mientras penetran el material y lo desprenden. Una vez cortada la lámina, la función del pisador es mantener la pieza bien sujeta hasta que los punzones hayan salido de ella, de lo contrario, los punzones la podrían arrastrar hacia arriba sujetándose a ellos, con el riesgo de rotura o de obtener una pieza defectuosa.

Punzones: los punzones, también conocidos como ‘machos’, tienen por objeto realizar el corte de la lámina con la geometría deseada. Se habla de ‘punzones’ y no de punzón, porque en general la mayoría de los troqueles llevan montados en su interior un gran número de ellos que pueden ser iguales o totalmente diferentes, según la función que desempeñen. Se cuida con especial atención la fabricación de los punzones, ya que deben estar perfectamente diseñados y maquinados, muy bien sujetos a la placa porta punzones, acorde a las dimensiones requeridas, con excelentes acabados y un adecuado tratamiento térmico.

Sistema de guías: el movimiento de las dos partes más importantes del troquel (bases superior e inferior) necesita ser guiado en todo momento para garantizar una total concentricidad entre ambas. Esta función se deja a cargo de los postes guía que van montados generalmente en la base inferior y sus respectivos bujes, sistema que se encarga de posicionar y centrar las dos partes del troquel. El sistema de postes guía puede ser de dos tipos: el más habitual es por rozamiento, el cual debe ser muy bien lubricado para no forzarlo, el segundo es de rodamientos o canastilla con una serie de elementos esféricos, en el que las columnas están acompañadas por una guía lineal de cilindros con esferas en su superficie, lo que facilita el desplazamiento, con excelentes ventajas, pues, el movimiento del sistema es muy ligero, los desgastes por rozamientos son bajos y necesita poca lubricación y mantenimiento.

Placa guía: La placa guía cumple con varias funciones; entre ellas la de hacer de guía de los punzones en su acción de corte, para lo cual se realiza un pequeño chaflán a todo el contorno superior de la placa que aloja al punzón para que facilite la entrada de los punzones, el chaflán sirve como pequeño almacén de lubricante que será arrastrado por el punzón. Otra de las funciones que cumple la guía es la de la extracción; con la acción de retroceso, la chapa queda adherida a los punzones, siendo extraída por los resortes o bien por las pestañas de la placa que sirven de guía a la lámina.

Figura 25: Placa guía



Fuente: (Camarero de la Torre, Julian & Martinez Peña, Arturo, 2003)

3.6. Fundamentos para el diseño de troqueles

“El diseño de matrices, parte importante de la ingeniería de herramientas, es una cuestión interesante y complicada. Es con mucho el más exacto de todos los trabajos de herramientas en general” J.R. Paquin, (Diseño de matrices).

La construcción de un troquel nos lleva a definir paso a paso cada etapa, cada momento del proceso del troquelado en sí, obteniendo un manual para elaborar con detalles un troquel. Para ello se necesita saber cada procedimiento a detalle.

3.7. Materiales de los troqueles

“...La resistencia de los materiales a ser penetrado por un dispositivo es indicativo de su dureza...” (Mott, 2006)

Los materiales empleados en la construcción de troqueles deben seleccionarse considerando determinados parámetros, los cuales dependen del tipo de trabajo que se quiera realizar. Un troquel destinado a punzonar piezas de latón de pequeño tamaño no requerirá un acero de tan elevada resistencia al desgaste como otro destinado a troquelar acero inoxidable. Así mismo, una matriz destinada solamente a trabajos de embutición permite el empleo de fundición de hierro o de metales ligeros; depende del volumen de rendimiento que se desee obtener.

Sin embargo, los diversos aceros empleados en la construcción de esta clase de troqueles deben ser de alta resistencia al corte, muy estables al temple y de muy bajo índice de deformabilidad. Para cada caso particular de aplicación, el acero debe seleccionarse cuidadosamente. Pueden indicarse, como orientación general, tres aspectos del problema que deberán tenerse presentes en la selección de un acero:

1. En relación con las dimensiones del troquel
2. Con referencia al tipo de trabajo a realizar
3. En relación con el tipo de material que se troquelara.

El troquelado es un trabajo típico de corte, y siendo efectuado por choque, el acero debe tener una elevada resistencia, entre más complejo sea el perfil de la pieza que se desea obtener, el punzón y la placa matriz tendrán más entrantes y salientes, lo que modifica evidentemente el momento de inercia de estas piezas, y especialmente del punzón. El punzón deberá tener cierta dureza, que mantenga vivo el filo aun después de cortar un elevado número de piezas para lograr repetitividad en el proceso y reproducibilidad en las dimensiones de las piezas.

Muchos hierros fundidos y diferentes tipos de grados de acero son usados para manufacturar troqueles en la industria. La selección del material requiere una evaluación sistemática del material de la herramienta, recubrimientos, y tratamientos térmicos, considerados los costos como parámetro de evaluación.

Varios estudios sitúan los materiales para herramientas y recubrimientos usando una prueba estándar ampliamente aceptada. Sin embargo, estos estudios no proporcionan una información cuantitativa con respecto a la vida de la herramienta bajo las condiciones prácticas de troquelado. Hay un número de publicaciones de estudios comparativos de desgaste, pero no muchos de ellos usan aceros avanzados de alta dureza como material a procesar.

Los estudios de puntos de referencia dan una comparación numérica de la vida de la herramienta (número de partes troqueladas) por cierto material y recubrimiento. Los estudios se realizaron hasta que rasguños y defectos fueron visibles en la lámina troquelada.

Para la matriz el acero se elige según el número de piezas a fabricar, puede ser acero A36 o SAE/AISI 1045, para grandes producciones se prefieren materiales con mayor dureza, templabilidad y resistencia al desgaste como el SAE/AISI D2 (alto carbono, alto cromo), que después de templado y revenido puede alcanzar una dureza de 62-64 HRC, todos ellos, materiales que cumplen con las tres propiedades más importantes en la selección de aceros para trabajos en frío: tenacidad, resistencia al desgaste y elevada dureza como ya se mencionó anteriormente de que orden en magnitud.

Para la fabricación, tanto de la base superior como la inferior, se usan placas de fundición o acero del tipo ASTM A36, o también placas de acero al carbono de mediana resistencia como el SAE/AISI 1045, o sus equivalencias en las diferentes marcas. Los materiales son tratados térmicamente por temple convencional y tienen una dureza superficial de 55-58 HRC.

En los punzones la elección de los aceros para su fabricación se hace según su función, para los punzones de corte emplean materiales de alta resistencia al desgaste y con muy buena conservación del filo, por ejemplo, el SAE/AISI D6 o D3, que pueden alcanzar una dureza de 62-64 HRC.

3.8. Composición química - % promedio

Tabla 1: Composición química de ciertos aceros.

Acero SAE/AISI D2					
C	Mn	Si	Cr	Mo	V
1.55	0.35	0.35	11.8	0.85	0.85

Acero ASTM A36				
C	Mn	Si	P	S
0.26	0.8-1.2	0.4	0.04	0.05

Acero SAE/AISI 1045				
C	Mn	Si	P	S
0.43-0.5	0.6-0.9	0.15-0.3	0.04	0.05

Fuente: (Paquin, 1967)

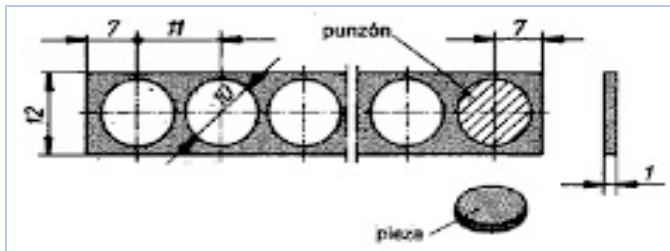
4. Cálculos del diseño

4.1. Diseño de la tira

Previo a realizar el diseño y formado de un troquel, existe una serie de pasos y cálculos que se deben realizar para lograr un diseño optimo y adecuado, de acuerdo con las especificaciones del producto que se desea fabricar.

Como dato principal, más que obvio, se debe tener el producto que se desea fabricar, esto con el fin de poder dimensionar el material base que se necesita para llegar a la geometría que posee, y para tener claro lo que es el desarrollo del producto. Para este paso es imprescindible contar con un plano técnico del producto que se desea fabricar o bien la pieza terminada que se desea reproducir. Para dimensionar la tira de corte lo primero será determinar la disposición óptima de la pieza; las distintas formas de disposición varían según la geometría de la pieza, teniendo así para las figuras básicas las siguientes recomendaciones:

Figura 26: Diseño de tira.

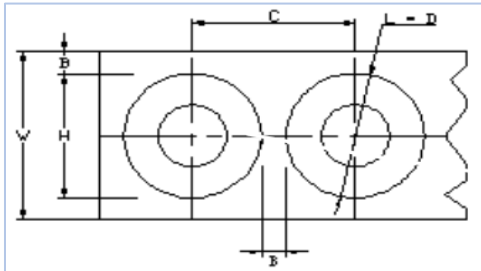


Fuente: (Paquin, 1967)

4.2. Separación entre piezas

Al establecer la sucesión de figuras cortadas es preciso tener en cuenta que hay que dejar cierta separación entre figura y figura, para evitar cortes defectuosos, piezas desechadas y atascos. Se suele dar como separación mínima entre dos figuras cortadas a una distancia igual al grueso de la chapa. Y en ningún caso la separación será menor de 1mm, aun para chapas muy finas.

Figura 27: Dimensionado de la tira



Utilizando las siguientes formulas

Ancho del alma $B = 1 \times e$

Paso de la tira $C = L + B$

Ancho de la tira $W = L + 2B$

Donde (e) es el espesor de la lámina.

(L) es el diámetro exterior de la arandela equivalente.

Para calcular las dimensiones de todas las tiras a recortar, se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$Th = Ah / C$$

$$Th = Ah / W$$

$$Th = Lh / W$$

$$Pt = Lh / C$$

$$Ph = Pt \times Th$$

Dónde:

(Th) = Tiras por Hoja

(Ah) = Ancho de la hoja

(C) = Paso del Troquel

(W) = Ancho de la tira

(Lh) = Largo de la hoja

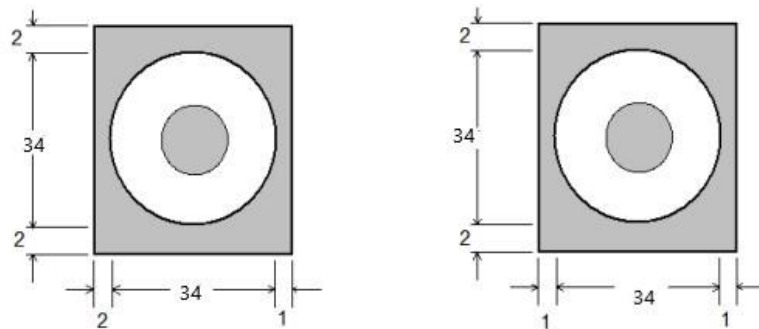
(Pt) = Piezas por tira

(Ph) = Piezas por hoja

Por tanto, tenemos que: $Th = Ah / C$

El área que ocupa la fabricación de una arandela corresponde al siguiente grafico

Figura 28: Medidas de la arandela y sus separaciones.



Para determinar cuántas arandelas se obtiene por tira usamos

$$Pt = Lh / C$$

Donde Lh es el largo de la tira

$$Pt = Lh/C$$

Una vez hayamos analizado todos los parámetros asociados a la materia prima para producir la arandela, procedemos a diseñar el proceso de la fabricación de la arandela, siendo más precisos, las etapas de fabricación de la arandela en su paso por el troquel.

De acuerdo con la información obtenida para el diseño de la tira y haciendo un análisis detallado de la pieza, deducimos que la distancia entre las perforaciones del diámetro exterior es relativamente corta, y el tiempo requerido en el desplazamiento de la tira de una estación a la siguiente es corto, por lo que es conveniente realizar el troquelado en 3 etapas.

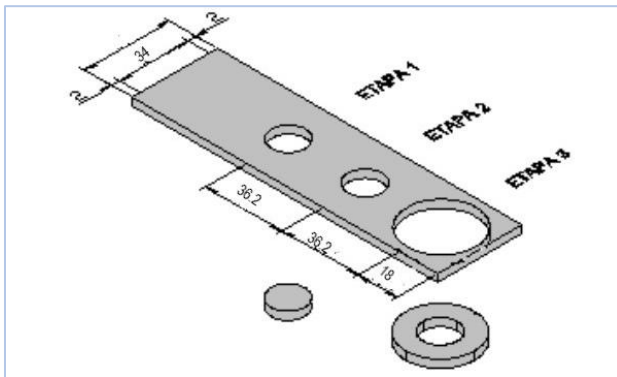
4.2.1. Etapas del punzonado

Después de haber definido la posición idónea de la pieza plana, la separación entre cada pieza y el ancho de banda, hay que precisar el número de etapas que se van a realizar en el interior del troquel, es decir, cuantos pasos o golpes de prensa son necesarios para obtener la pieza final, partiendo de la tira de lámina.

En lo que se refiere al orden de las operaciones hay unas recomendaciones prácticas que es conveniente tener en cuenta, ya que ayudan a obtener piezas de mayor calidad y precisión. Algunas de las principales recomendaciones son:

- En las primeras etapas del troquel es conveniente realizar las operaciones de punzonado. En esta etapa se deben punzonar los orificios en los que se acoplan los pilotos centradores.
- Las operaciones que llevan asociada una deformación plástica importante, por ejemplo, abocardados y embutidos, también deben realizarse en las primeras etapas, siempre y cuando la geometría de la pieza lo permita.
- En los pasos sucesivos se llevan a cabo las operaciones de corte, hasta dar forma a la pieza que se busca.
- Es recomendable que las operaciones de doblados se realicen en las últimas etapas del troquel.
- La operación final es el corte que separa la pieza del resto de la banda.

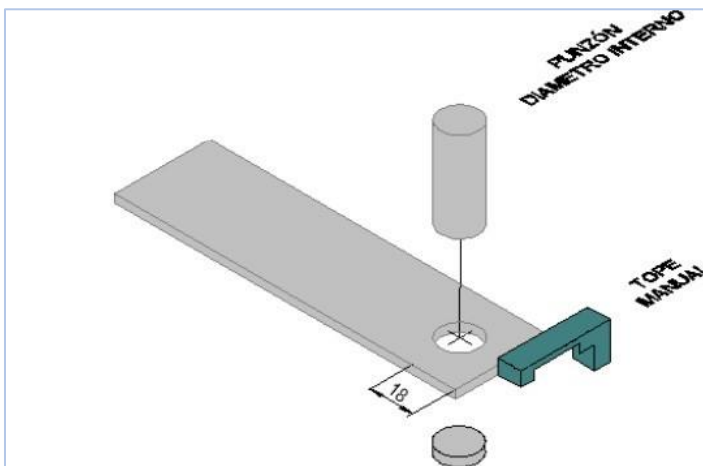
Figura 29: Etapas del proceso de troquelado



4.2.1.1. Etapa 1

La tira de material avanza 18 milímetros, se detiene por medio de un tope manual, en este punto el troquel realiza un movimiento de descenso para realizar el primer agujero interno de la arandela.

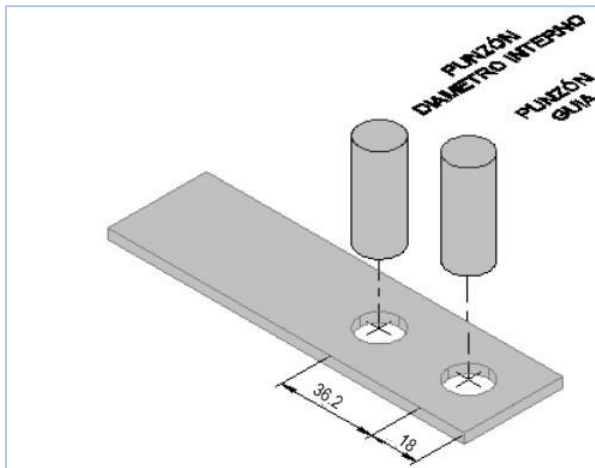
Figura 30: Etapa 1 de proceso de troquelado



4.2.1.2. Etapa 2

La tira realiza un avance de 36.2 mm (es igual al paso), con respecto al centro del primer agujero, la tira será detenida y a su vez guiada por un perno guía con la intención de aprovechar al máximo la tira.

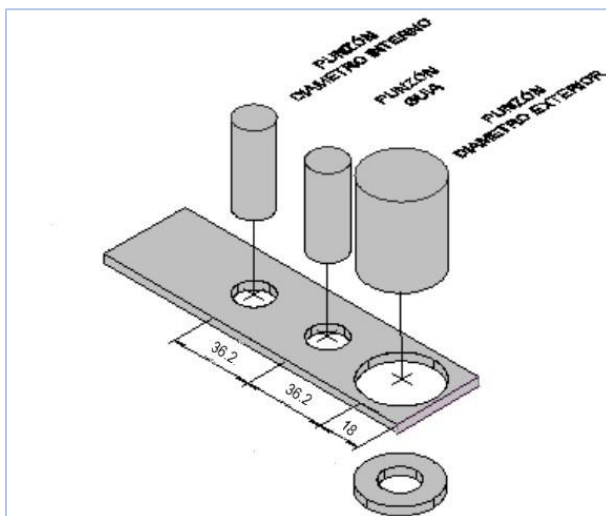
Figura 31: Etapa 2 de proceso de troquelado.



4.2.1.3. Etapa 3

En la última etapa la tira se le dará un último avance a un paso de 36.2 mm con respecto al centro del punzón guía, la tira llegando a este punto, el troquel hará de nuevo el trabajo de descenso para así troquelar y obtener la arandela terminada.

Figura 32: Etapa 3 de proceso de troquelado



Como resultado de la tercera etapa, se obtiene la arandela terminada en su totalidad.

Figura 33: Dimensionado de la arandela.



A continuación, se analizarán los esfuerzos de corte necesarios, ya que es importante estimar la fuerza de corte porque ésta determina la capacidad de la prensa necesaria.

La fuerza de corte F en el trabajo de láminas puede determinarse por:

$$FC = L * e * \sigma_u$$

Donde:

σ_u = Resistencia a la tensión del material

e = espesor de la chapa

L = Longitud del corte o Perímetro de corte

Para definir la ubicación de los punzones se marca la posición de cada uno mediante un rayado sobre la tira, similar al de las secciones en dibujo técnico. En el caso de un troquel simple, no existe dificultad, solo hay una posición de corte. Una variante que puede tomar la tarea de ubicación de los punzones es que estos no corten la figura de la pieza en sí, sino el sobrante entre piezas o parte de él.

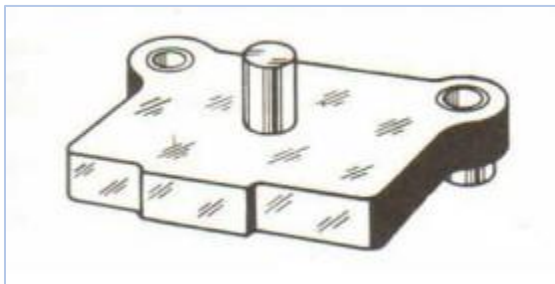
A la hora de determinar la ubicación de los punzones, debe observarse que los agujeros correspondientes en la matriz estén lo suficientemente separados entre sí para que no surjan dificultades durante su elaboración o trabajos posteriores.

4.3. Placa base

La placa base superior constituye el soporte sobre el cual van enclavijados mediante tornillos y pasadores, formando un único bloque, todos los elementos de la parte móvil del utillaje. Lleva un agujero roscado para sujetar el utillaje, mediante un vástago, al cabezal de la prensa.

Para la fabricación esporádica de un reducido número de piezas se suele prescindir de la placa base (base inferior). Solo cuando las solicitaciones son grandes (por ejemplo; al cortar chapas gruesas) o cuando algunas partes de la matriz están comprometidas a esfuerzos de flexión, se recomienda disponer de una placa base. Para cortes medianos es suficiente un espesor de 22 mm. Debe sobresalir por lo menos 30 mm. por los lados de la caja matriz, esto para poder ubicar las garras de fijación a la mesa de la prensa.

Figura 34: Placa base.



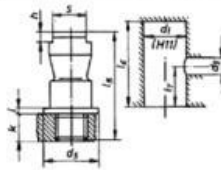
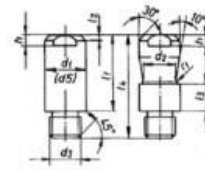
Fuente: (Paquin, 1967)

4.4. Vástago de Sujeción

Estas piezas están definidas por norma DIN 9859 donde da indicaciones sobre las dimensiones de vástagos de sujeción, entre ellos vástagos de sujeción con espiga remachable, con espiga roscada, con cuello y brida, con platina por testa redonda o cuadrada.

Tabla 2: Tipos de vástagos.

Vástagos (sin brida)	d_1 20 d_2 M 16 x 1,5	25 M 16 x 1,5 M 20 x 1,5	32 M 20 x 1,5 M 24 x 1,5	40 M 24 x 1,5 M 30 x 2	50 M 30 x 2 M 36 x 2	65 M 42 x 3
	l_1 40 l_2 3 l_4 58	45 4 68	56 4 79	70 5 93	80 6 108	100 8 128
Entrecaras para la llave	h 6 s 17 ^{+0,2}	6 19 ^{+0,25}	8 27 ^{+0,25}	10 32 ^{+0,25}	12 41 ^{+0,32}	16 55 ^{+0,4}
Muesca	d_1 15 l_1 12 r_1 2,5	20 16 2,5	25 16 2,5	32 26 4	42 26 4	53 26 4
Potencia de la prensa en Tm	4	8	12	40	60	100
Vástagos con brida	d_1 28 i 5 l_5 61	34 5 70	42 6 86	52 8 108	62 8 118	— — —
Espesor mínimo de la placa	k 18	23	23	23	28	28
Agujero para el vástago	l_6 45 l_7 20 d_6 M 12 x 1	50 22 M 12 x 1	62 22 M 12 x 1	76 36 M 16 x 1,5	87 36 M 16 x 1,5	108 36 M 16 x 1,5



Fuente: (Paquin, 1967)

4.5. Centro de gravedad para sujeción del vástago

La posición del vástago de sujeción debe corresponder al centro de gravedad de las fuerzas aplicadas. Esto tiene una especial importancia en sujeciones del tipo no empotradas. Para encontrar dicho centro de gravedad, no hay que partir de una o más piezas cortadas, sino que hay que buscar los centros de gravedad de los contornos que forman las líneas de corte. Para esto es necesario aplicar el teorema de Varignon o Principio de Momento, que enuncia “El momento resultante de distintas fuerzas es igual al momento de la resultante de ellas aplicada al punto de concurrencia” es decir; (Paquin, 1967)

$$F_{T \times} b_x = F_1 \times b_{1x} + F_2 \times b_{2x} + \dots F_n \times b_{nx}$$

Siendo F_T la fuerza total de corte y b_x la distancia en el eje “x” desde un sistema de referencia fijo hasta la coordenada “x” del centro de presión; $F_1, F_2, \dots, F_n$ la fuerza de corte necesaria para cada uno de los punzones y b_{ix} la distancia desde el sistema de referencia hasta el centroide de cada punzón.

Ya que el único valor desconocido en la ecuación anterior es b_x , al ser despejada tenemos que:

$$b_x = \frac{F_1 \times b_{1x} + F_2 \times b_{2x} + \dots F_n \times b_{nx}}{F_T}$$

Para determinar la otra coordenada:

$$b_y = \frac{F_1 \times b_{1y} + F_2 \times b_{2y} + \dots F_n \times b_{ny}}{F_T}$$

Ha como se puede observar, para obtener el centro de presión es necesario conocer el centroide de cada uno de los punzones, ya que en ocasiones estos serán figuras complejas, para calcularlos utilizaremos la siguiente ecuación:

$$\bar{Y}_y = \frac{\sum (A_i \times \bar{Y}_{yi})}{\sum A_i}$$

Y

$$\bar{Y}_x = \frac{\sum (A_i \times \bar{Y}_{xi})}{\sum A_i}$$

Donde:

- $\bar{Y}$: Distancia al centroide de la figura compuesta, medida desde un sistema de referencia.
- A_i : Área de cada uno de los componentes de la figura compuesta.
- y : Distancia al centroide de un solo componente desde el sistema de referencia.

En ciertos casos se maneja que por regla general el centro de gravedad no es determinante de la posición del vástago de sujeción, porque si lo fuese, la herramienta quedaría demasiado desplazada del eje de la prensa.

4.6. Contraplaca y placa de punzones

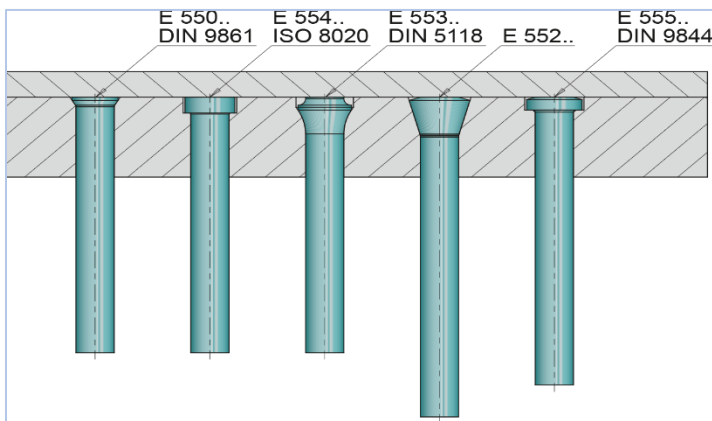
La parte superior de la matriz está constituida, además de por el vástago de sujeción, por la contraplaca y placa de punzones. Las cabezas de los punzones de pequeño diámetro, que generalmente han de soportar grandes presiones, con el tiempo mellan la contraplaca y se aflojan.

Para evitar eso se coloca entre la contraplaca y la placa de punzones una placa denominada de compresión, la cual tendrá como espesor mínimo de 3mm. Para perforar chapas delgadas. La unión de estas placas entre si es por medio de tornillos de cabeza cilíndrica ranurada o con hexagonal interior.

La placa porta punzones son de 10 a 18 mm. Sin olvidar que los punzones de gran sección, para iguales esfuerzos de cortadura dan lugar a presiones específicas menores que los punzones de sección más pequeña, tanto en bajada como en subida, por ello, en principio nada se opone a tomar espesores unificados de 12 mm para placas portapunzones.

Según la norma DIN 9844, los punzones redondos de hasta 16 mm de diámetro, se ejecutan con cabeza o brida cilíndrica.

Figura 35: Sistema de fijación de los punzones de corte.



La placa portapunzones deberá mecanizarse de acuerdo con la forma de las cabezas de los punzones, atornillándose a la contraplaca.

Las dimensiones de longitud de la placa portapunzones son las mismas que las de la placa matriz, pero su espesor oscila entre un 20 a 30% de la altura de los punzones.

4.7. Fuerza de corte

Es importante estimar la fuerza de corte porque ésta determina el tamaño (tonelaje) de la prensa necesaria. La fuerza de corte F en el trabajo de láminas puede determinarse por:

$$FC = P * e * \sigma_u$$

σ_u = Resistencia a la tensión del material.

e = Espesor de la chapa.

L = Longitud del corte (perímetro del punzón).

Además de la fuerza necesaria para el corte se debe estimar la fuerza de extracción, ésta se refiere al esfuerzo que debe ejercer la placa guía para separar los punzones del trozo de chapa, una vez que ha sido efectuado el corte.

La fuerza de extracción (F_{ext}) depende de la naturaleza del material a cortar, de su espesor, de la forma de la figura y de la cantidad de materia circundante a su perímetro de corte. Con esta fuerza se determina el número de resortes que debe llevar el troquel.

Para calcularla se tiene que:

$$F_{ext} = 0.10 * FTC$$

Por otra parte, al finalizar el proceso de corte, la parte cortada tiende a adherirse al interior de la zona de vida de la matriz, en cada carrera esto se repite y la pieza recortada va empujando a la anterior.

Dicha adherencia de la pedacería representa un esfuerzo adicional conocido como Fuerza de Expulsión y su valor se estima del 1.5% de la Fuerza Total de corte.

4.8. Punzones

Ya que la forma de los punzones está dada por la forma de la pieza los parámetros que se deben calcular son: el juego entre punzón y matriz, y la altura máxima del punzón.

4.9. Altura de los punzones

La altura de los punzones está en función de la resistencia de estos al pandeo. El pandeo, un fenómeno de inestabilidad elástica que puede darse en elementos esbeltos al ser comprimidos, este se manifiesta por la aparición de desplazamientos importantes transversales a la dirección principal de compresión. Para evitar este fenómeno se debe determinar la altura máxima de los punzones que más tienden a pandearse debido a su geometría.

La longitud máxima (L_{max}) se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$L_{max} = \sqrt{\pi^2 * E * I * \sigma_u * n * P * e}$$

Donde:

L_{max} : Longitud máxima del punzón [mm]

E : Módulo de elasticidad del material del punzón [GPa]

I : Momento de inercia del punzón [mm⁴]

σ_u : Resistencia a la tensión de la lámina. [GPa]

n : Coeficiente de seguridad, para este caso será de 1.5

P : Perímetro del punzón [mm]

e : Espesor de la lámina [mm]

4.10. Cálculo del intersticio del punzón y matriz

Los valores del claro nos ayudan a determinar las dimensiones del punzón y la matriz, es evidente que la abertura de la matriz debe ser siempre más grande que el tamaño del punzón, sin embargo, la suma del valor de la holgura al tamaño de la matriz o su resta al tamaño del punzón depende de la operación a realizar.

Por ejemplo, para el punzonado de una pieza redonda, el tamaño del punzón y de la matriz se determina como:

Diámetro del punzón = $D - 2c$ Diámetro de la matriz = D

Para el perforado de un agujero redondo, las dimensiones serían:

Diámetro del punzón = D Diámetro de la matriz = $D + 2c$

En las matrices troqueladoras para piezas de superficie pequeña, hasta un tamaño mediano, se procede primero a fabricar, templar y dar filo a los punzones. Se traza la placa guía-punzones y se mecaniza dejando cierto exceso de material. Se presiona entonces el punzón templado contra la placa trazada de modo que deje marcado en ella su contorno y, siguiendo esta huella, se rectifica bien el agujero con herramental de rasquetear.

Tabla 3: Holgura entre la matriz y el punzón

ESPESOR DEL MATERIAL	HOLGURA ENTRE LA MATRIZ Y EL PUNZON			
	ACERO BLANDO Y LATON	ACERO SEMIDURO	ACERO DURO	ALUMINIO
0,25	0,010	0,015	0,020	0,020
0,50	0,025	0,030	0,035	0,050
0,75	0,040	0,045	0,050	0,070
1,00	0,050	0,060	0,070	0,100
1,25	0,060	0,075	0,090	0,120
1,50	0,075	0,090	0,100	0,150
1,75	0,090	0,100	0,120	0,170
2,00	0,100	0,120	0,140	0,200
2,25	0,110	0,140	0,160	0,220
2,50	0,130	0,150	0,180	0,250
2,80	0,140	0,170	0,200	0,280
3,00	0,150	0,180	0,210	0,300
3,30	0,170	0,200	0,230	0,330
3,50	0,180	0,210	0,250	0,350
3,80	0,190	0,230	0,270	0,380
4,00	0,200	0,240	0,280	0,400
4,30	0,220	0,260	0,300	0,430
4,50	0,230	0,270	0,320	0,450
4,80	0,240	0,290	0,340	0,480
5,00	0,250	0,300	0,360	0,500

Fuente: (Lopez Navarro, 1976)

4.11. Placa matriz

Las placas matrices, al igual que los punzones, deben templarse y rectificarse. Las características más importantes de las matrices son: el espesor o altura de la placa, la zona de vida y la zona de salida.

Las medidas de anchura y longitud de una placa matriz están en función de las magnitudes y separaciones de las figuras que lleve en ella; por otra parte, la altura de la placa depende principalmente de los esfuerzos que debe aguantar.

El espesor mínimo para la matriz se puede calcular mediante la ecuación:

$$e_{matriz} = 0.6 * \sqrt{FCT} \cdot 3$$

La zona de vida: se refiere a la vida útil de la matriz de acuerdo con el número de veces que puede ser rectificada sin que varíen las dimensiones iniciales de la pieza.

La altura de vida se expresa por S y se calcula como: $S = 3 * e$

- **Zona de salida:** Esta zona comprende la parte restante del espesor de la matriz (o postizo), que tiene una inclinación de 1 a 3 grados, para facilitar la caída de la pieza o recorte de material.

4.12. Placa guía

La placa guía punzones ejerce tres funciones muy importantes:

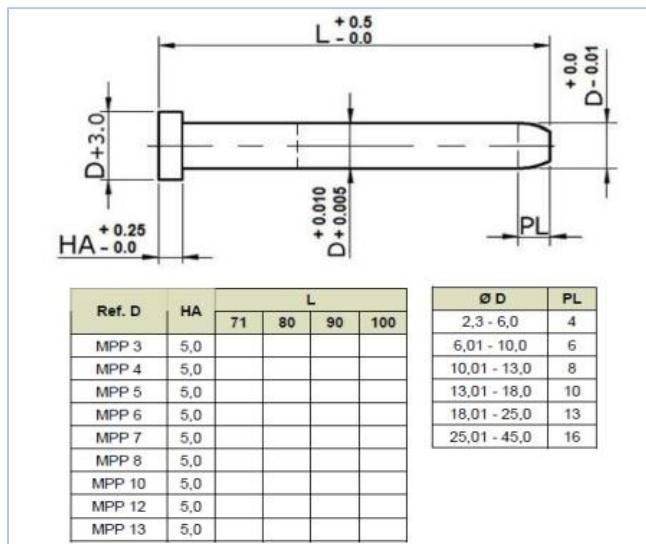
- a. Guiar los punzones
- b. Pisar la tira de material
- c. Extraer los punzones de la banda después de cortar.

Durante el movimiento descendente del conjunto superior, la placa guía presiona la chapa dejándola inmovilizada (antes de que los punzones lleguen a tocarla), seguidamente, los muelles que van montados sobre su superficie son comprimidos, mientras los punzones inciden sobre la tira de material y la transforman. Una vez cortada la chapa, la misión del pisador es mantenerla plana hasta que los punzones hayan salido de ella, de lo contrario, los punzones la arrastrarían hacia arriba debido a la fricción en el proceso de corte.

4.13. Perno guía

A como se sabe, los pernos guía son elementos que permiten asegurar el correcto posicionamiento de la tira de corte, su diámetro lo define el agujero previamente realizado por un punzón perforador y obviamente su longitud debe ser un poco mayor que la de los punzones. Las dimensiones de los pilotos centradores se obtienen por medio de catálogos.

Figura 36: Perno guía



4.14. Guía de tira

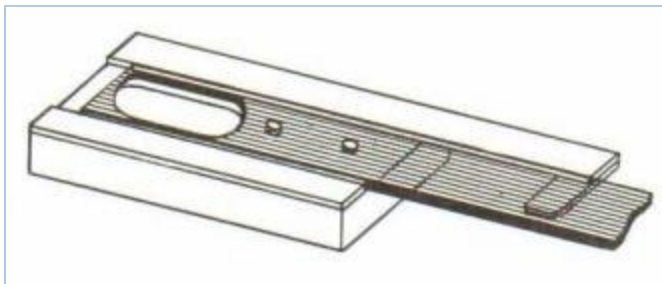
El largo de las guías debe ser mayor que el de la placa matriz, y para facilitar la introducción de la banda y su posicionamiento en la matriz se aconseja que una sea más larga que la otra.

La anchura de estas reglas suele estar entre 30 a 40 mm, aunque como norma general se adaptan a la anchura que queda libre entre la medida de la placa matriz y el ancho de banda.

En cuanto al espesor, está en función del espesor de la tira de corte y la altura de la transformación; como pauta, el espesor de las placas guías puede ser 3 o 4 veces el espesor de la tira de corte.

La separación entre reglas debe ser igual al ancho de la banda más 1 o 0.5 mm de tolerancia que permiten el fácil avance de la tira. Además de la regla de guía longitudinal es necesario montar una regla transversal que les permite rigidez a la tira de materia

Figura 37: Guía de tiras



Fuente: (Paquin, 1967)

4.15. Tope manual de avance

El tope manual sitúa la tira en la primera estación, en troqueles progresivos puede ser aplicado un tope manual en cada estación evitando así la necesidad de montar demasiados pilotos centradores; sin embargo, para troqueles con alimentación automática solamente se requiere de uno.

Las dimensiones de los topes manuales están en función del ancho de la placa matriz y el ancho de la tira de material teniendo así:

- Ancho del tope: entre 1/2 y 1/3 del ancho de las reglas guías.
- Espesor: igual al de las reglas.
- Longitud del tope: $LTt = Rt + AR + Ls$ $Rt = Atm * 0.1$

Donde:

LTt : Longitud total del tope.

Rt : Recorrido del tope.

AR : Ancho de la regla guía.

Ls : Longitud para sujeción (arbitraria).

Atm : Ancho de la tira del material.

4.16. Placa guía pisador

Para la placa guía no hay cálculos importantes, ya que al seleccionar el conjunto de placas también se obtienen sus dimensiones correspondientes, sin embargo, el espesor aconsejado para la placa guía es:

$$ePG = 0.4 * L$$

Donde:

- ePG = Espesor de la placa guía [mm]
- L = Altura de los punzones [mm]

También, debido al roce continuo entre punzones y placa guía es necesario lubricar durante el trabajo, para ello se achaflan a 45° las aristas superiores de los orificios correspondientes a los punzones, formándose así una pequeña reserva de lubricante.

4.17. Columnas y casquillos guías

Por lo general el diámetro de las columnas guías está designado por las placas base mientras que su altura se determina por:

$$LCg = ePBI + epsi + ePpm + ePG + lr + ePpp + epss + ePBS + C$$

Donde:

- *LCg*: Altura de las columnas guías.
- *ePBI*: Espesor de la placa base superior.
- *epsi*: Espesor de la sufridera inferior.
- *lr*: Longitud libre de los resortes.
- *C*: Espacio entre la placa matriz y la placa guía pisador (3 o 4 veces e)

El tipo de casquillo se seleccionará según la tarea del troquel y sus medidas se toman a partir de catálogos comerciales en base al diámetro de las columnas.

4.18. Selección de la prensa

Conociendo la Fuerza total que se le debe aplicar al troquel, en este punto solo debemos elegir una prensa que imprima una fuerza mayor que la requerida por el troquel.

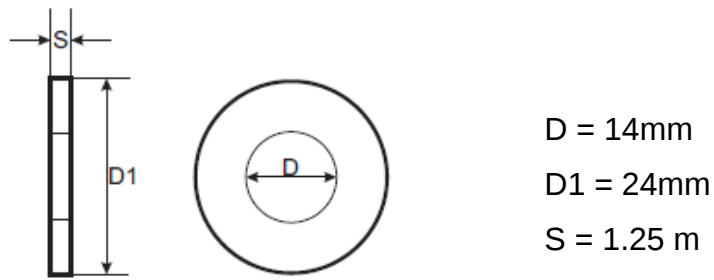
5. Memoria de cálculo

5.1. Pieza para fabricar

La arandela lisa de ½ pulgada se obtendrá de la lámina de aluminio 5052-O de 4' x 10'. Dicho material contiene magnesio como el elemento primario de aleación. Es una aleación no tratable térmicamente que ofrece buena trabajabilidad y soldabilidad, una resistencia a la fatiga de media a alta y muy buena resistencia a la corrosión, particularmente en agua de mar.

El producto que se desea fabricar será una arandela lisa de ½ pulgada de diámetro interior de aluminio 5052-O de 1.25mm de espesor. Las medidas de este producto serán las siguientes:

Figura 38: Representación de la arandela



Al ser una figura geométrica circular, éste no requiere de cálculos adicionales para la estimación del material bruto de donde se obtendrán las arandelas.

5.2. Fuerza de corte

Es la fuerza necesaria para que se dé el cizallamiento en el material a trabajar. Este se calcula de la siguiente manera:

$$F_c = P \times S \times S_u$$

Donde

F_c : Fuerza de corte

P : Perímetro de corte o del punzón

S : Espesor de la lámina.

S_u : Resistencia a la tensión del material (N/mm^2)

Perforado de diámetro interior P_{c1} :

$$P_{c1} = 2 \pi r_1$$

$$P_{c1} = 2 \pi \times 7mm$$

$$P_{c1} = 43.98 mm$$

Fuerza de corte necesaria F_{c1} :

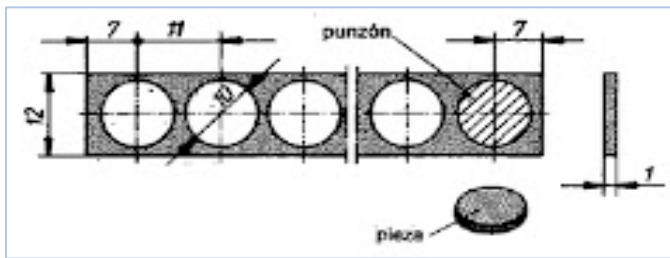
$$F_{p1} = (43.98mm) \times (193 N/mm^2) \times (1.25mm)$$

$$F_{p1} = 10,610.18 N$$

5.3. Tira de recorte

El dimensionamiento para la optimización de la lámina y reducir desperdicios de material, lo primero será determinar la disposición óptima de la pieza; las distintas formas de disposición varían según la geometría de la pieza, teniendo así para las figuras básicas las siguientes recomendaciones:

Figura 26: Diseño de tira



Entre las distintas aberturas producidas por el punzonado quedan unas fajas de material sobrante, que mantienen unida la tira de chapa; si estas fajas de material sobrante son demasiado estrechas, debido a que el punzón ha de tener algo de juego entre la abertura de la matriz, pueden llegar a romperse y a introducirse en la misma, con lo que el material será aplastado. Las aristas cortantes de la herramienta sufrirán una sollicitación excesiva debida a este aplastamiento del material, embotándose y estropeándose el filo; de este modo, el contorno del corte aparecerá mellado y poco limpio.

Ha de tenerse en cuenta que el ancho de estas fajas entre punzonados sucesivos no tiene en absoluto porqué estar en una determinada relación con el espesor del material. Precisamente el material muy delgado tiende fácilmente a doblarse o abombarse hacia arriba al introducirlo en el canal de la herramienta, por lo que requiere una faja entre aberturas especialmente ancha. La longitud de la faja es también importante para el dimensionado de la misma. En el caso de múltiples cortes circulares, las fajas son cortas y, por tanto, pueden ser estrechas, contrariamente al caso que se corten tiras largas, las cuales necesitan fajas que sean resistentes y, por tanto, anchas.

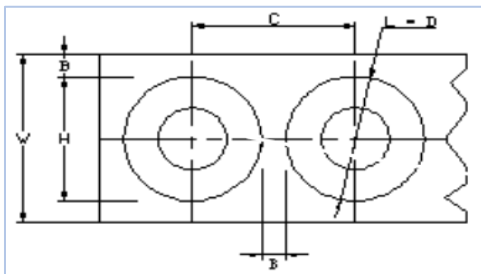
De acuerdo con el material y el espesor del material, el ancho mínimo (B) será el valor de 2.5 mm. Conociendo este valor, se procederá a calcular la distancia entre arandelas (C), donde C es:

$$C = D + B$$

$$C = 24 \text{ mm} + 2.5 \text{ mm}$$

$$C = 26.5 \text{ mm}$$

Figura 27: Dimensionado de la tira



Conociendo los valores B y C, se calculará el ancho de la tira de recorte (W) de la siguiente forma:

$$W = H + 2B$$

$$W = 24 \text{ mm} + (2)(2.5 \text{ mm})$$

$$W = 29 \text{ mm}$$

Con estos valores se podrá determinar si la tira será a lo ancho o a lo largo de la hoja de aluminio.

Lamina de Aluminio LA: 1219.2 x 3048 mm

Tira de Recorte TR: 29 mm

Tiras por Hoja TH = Ancho de lámina / TR

$$TH = \frac{1,219.2 \text{ mm}}{29 \text{ mm}}$$

$$TH = 42.04 \cong 42 \text{ tiras}$$

Piezas por Tira PT = Largo de lámina / TR

$$PT = \frac{3,048 \text{ mm}}{29 \text{ mm}}$$

$$PT = 105.1 \cong 105 \text{ piezas}$$

Piezas por Hoja PH = PT * TH

$$PH = 105 \times 42$$

$$PH = 4,410 \text{ unidades}$$

5.4. Número de etapas

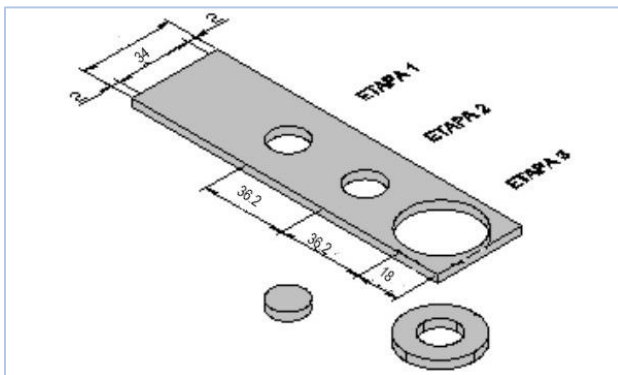
Después de haber definido la posición idónea de la pieza plana, la separación entre cada pieza y el ancho de banda hay que precisar el número de etapas que se van a realizar en el interior del troquel, es decir, cuantos pasos o golpes de prensa son necesarios para obtener la pieza final. Para ello se deben determinar las diferentes operaciones a realizar y el orden en que se ejecutaran. A partir de los requerimientos de nuestra pieza hemos decidido el orden de las operaciones a como se muestra:

Etapas 1: Perforado del agujero de 14 mm. que servirá de guía en la siguiente etapa.

Etapas 2: Perforado del segundo agujero de 14 mm.

Etapas 3: Perforado del Agujero de 24 mm.

Figura 29: Etapas del proceso de troquelado



5.5. Cálculo de fuerzas

5.5.1. Fuerzas de corte

La fuerza necesaria para el cizallamiento de cualquier material se puede conocer mediante la fórmula:

$$FC = P * e * \sigma_u$$

Dónde:

FC : Fuerza de corte [N]

P : Perímetro del corte o del punzón [mm]

e : Espesor de la lámina [mm]

σ_u : Resistencia a la tensión del material [N/mm^2]

Para Aluminio 5052 – O tenemos que: $\sigma_u = 193 \text{ N/mm}^2 = 28 \text{ ksi}$

Las fuerzas de corte para cada operación serán:

- Perforado del agujero de 14 mm

Perímetro P_{c1} :

$$P_{c1} = 2 \pi r_1$$

$$P_{c1} = 2 \pi \times 7mm$$

$$P_{c1} = 43.98 \text{ mm}$$

- Fuerza de corte necesaria:

$$Fp_1 = P_{c1} \times e \times \sigma$$

$$Fp_1 = (43.98mm) \times (193 \text{ N/mm}^2) \times (1.25mm)$$

$$Fp_1 = 10,610.18 \text{ N}$$

- Perforado del segundo agujero de 24mm.

Perímetro P_{c2} :

$$P_{c2} = 2 \pi r_2$$

$$P_{c2} = 2 \pi \times 12mm$$

$$Pc_2 = 75.4 \text{ mm}$$

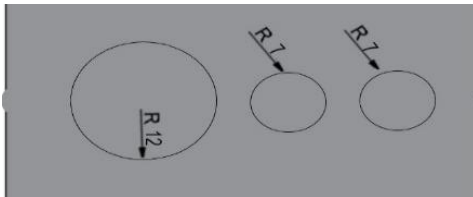
- Fuerza de corte necesaria:

$$Fp_2 = Pc_2 \times e \times \sigma$$

$$Fp_2 = (75.4 \text{ mm}) \times (193 \text{ N/mm}^2) \times (1.25 \text{ mm})$$

$$Fp_2 = 18,190.25 \text{ N}$$

Figura 39: Radios de los agujeros a troquelar en la tira



Entonces la fuerza necesaria (FTc) para realizar todos los cortes es:

$$FTc = Fp_1 + Fp_2$$

$$FTc = (10,610.18 + 18,190.25) \text{ N}$$

$$FTc = 28,800.43 \text{ N}$$

5.5.2. Fuerza de extracción

Esta es la fuerza que debe suministrar la placa expulsora para evitar la adherencia de los punzones con la tira de material una vez efectuado el corte:

$$F_{ext} = FTc \times 0.10$$

$$F_{ext} = 28,800.43 \text{ N} \times 0.10$$

$$F_{ext} = 2,880.04 \text{ N}$$

5.5.3. Fuerza de expulsión

La fuerza de expulsión será entonces:

$$F_{exp} = FTc \times 0.015$$

$$F_{exp} = 28,800.43 \text{ N} \times 0.015$$

$$F_{exp} = 432.01 \text{ N}$$

5.6. Selección de la prensa

La fuerza que debe suministrar la prensa para el troquel es la sumatoria de las fuerzas calculadas anteriormente, teniendo así:

$$F_{Prensa} = F_{Tc} + F_{ext} + F_{exp}$$

$$F_{Prensa} = (28,800.43 + 2,880.04 + 432.01) N$$

$$F_{Prensa} = 32,112.48 N$$

Ya que en el comercio las capacidades de las prensas se expresan en toneladas fuerzas es necesario convertir este resultado, teniendo que:

$$1kgf = 9.80665N$$

Y, además:

$$1Tonf = 1,000kgf$$

Entonces se obtiene:

$$F_{Prensa} = 32,112.48N \times \frac{1kgf}{9.80665N} \times \frac{1Tonf}{1,000kgf}$$

$$F_{Prensa} = 3.27 Tonf$$

Así que la fuerza que debe suministrar la prensa debe ser igual o mayor a 3.27 toneladas. Con este dato se puede seleccionar una prensa hidráulica acorde a estos requerimientos ya que los fines que tiene el troquel diseñado será didáctico.

5.7. Determinación del centro de fuerzas

La ubicación del centro de fuerzas se determina con el Teorema de Varignon o Principio de Momento Resultante.

$$F_{T \times} b_x = F_1 \times b_{1x} + F_2 \times b_{2x} + \dots F_n \times b_{nx}$$

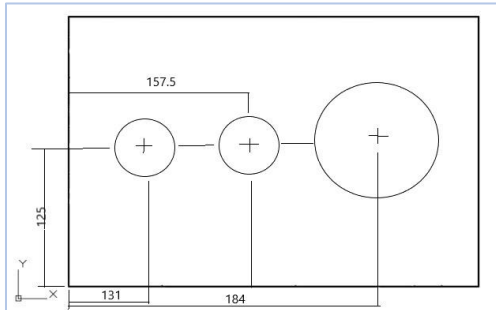
Despejando b_x se obtiene:

$$b_x = \frac{F_1 \times b_{1x} + F_2 \times b_{2x} + \dots F_n \times b_{nx}}{F_T}$$

Por tanto

$$b_x = \frac{F_1 \times b_{1x} + F_2 \times b_{2x} + \dots F_n \times b_{nx}}{F_T}$$

Figura 40: Ubicación del los centros de fuerza



$$b_x = \frac{131mm \times 10,610.18N + 184mm \times 18,190.25N}{28,800.43N}$$

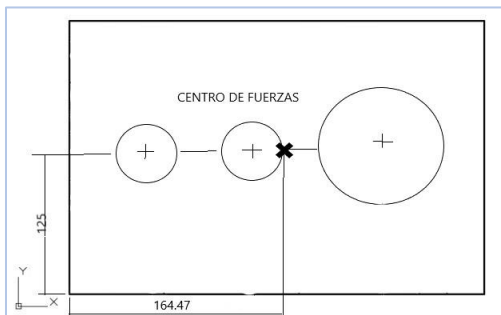
$$b_x = 164.47mm$$

De igual manera se calculan valores para b_y

$$b_y = \frac{125mm \times 10,610.18N + 125mm \times 18,190.25N}{45,364.59N}$$

$$b_y = 125mm$$

Figura 41: Centro de fuerzas



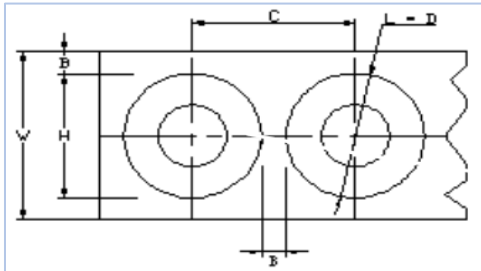
6. Dimensionamiento de los elementos del troquel

En este punto abarcaremos el dimensionamiento de cada uno de los elementos que lo compone.

6.1. Placas base

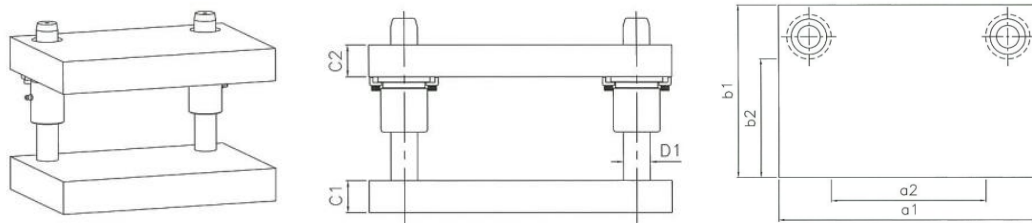
Las dimensiones de las placas base del troquel se seleccionará tomando como referencia catálogos comerciales, los requerimientos son: el número de columnas que deseamos, el sentido de la alimentación de la banda y en cuanto a dimensiones, que el área útil sea mayor al área necesario para la realización de todas las operaciones, estas dimensiones lo dan el diseño de banda.

Figura 27: Dimensionado de la tira



Por lo tanto, del catálogo de “PORTA TROQUELES” de la marca MDL se ha seleccionado un juego de bases con las siguientes dimensiones:

Figura 42: Placas base



Fuente: Catálogo MDL

Tabla 4: Dimensionado de las placas base

a_1	b_1	a_2	b_2	C_1	C_2	D_1	e_a	e_b	C_3
	200		75	39	30			122	
				39	30				
315	250	190	125	39	30	25	237	172	30
				30	30				

Fuente: Catálogo MDL

6.2. Placa porta matriz

En este caso se trata de una placa porta matriz, construida en acero estructural ASTM A36, que albergará los casquillos de corte. Las dimensiones de ancho y largo de la porta-matrices serán las mismas que las dimensiones del área útil de las bases, es decir: 125 mm de ancho y 190 mm de largo. Por otra parte, el espesor lo calcularemos con la relación:

$$e_{matriz} = 0.6 \times \sqrt[3]{FTc}$$

En base a la ecuación anterior obtenemos:

$$e_{matriz} = 0.6 \times \sqrt[3]{28,800.43N}$$

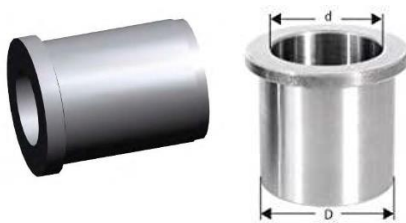
$$e_{matriz} = 18.4mm$$

Se elige una placa porta matriz con un espesor de 22 mm.

6.3. Diseño de los casquillos de corte

Como se ha mencionado antes, buscando la economía de material en la fabricación de la matriz se propuso el utilizar casquillos de corte.

Figura 43: Casquillos de corte.



6.4. Punzones

6.4.1. Altura mínima de los punzones

Se calculará la resistencia al pandeo de los punzones con mayor riesgo a ceder, este sería para el perforado de 14 mm de diámetro

$$I = \frac{\pi \times 14^4}{64}$$

$$I = 1,885.741 \text{ mm}^4$$

Una vez se obtuvo I se procederá a calcular la longitud máxima del punzón más delgado.

Utilizando la fórmula de Euler se despejará la longitud máxima quedando de la siguiente manera:

$$L_{max} = \sqrt{\frac{\pi^2 \times 207 \times 10^9 \frac{N}{mm} \times 1,885.741 \text{ mm}^4}{193 \times 10^6 \frac{N}{mm^2} \times 2.5 \times 43.98 \text{ mm} \times 2.14}}$$

$$L_{max} = 291.27 \text{ mm}$$

Entonces La altura que se decidirá para el punzón más delgado es 100 mm.

6.5. Cálculo de las tolerancias de corte

7. **Tabla 3:** Holgura entre la matriz y el punzón

ESPESOR DEL MATERIAL	HOLGURA ENTRE LA MATRIZ Y EL PUNZON			
	ACERO BLANDO Y LATON	ACERO SEMIDURO	ACERO DURO	ALUMINIO
1,00	0,050	0,060	0,070	0,100
2,00	0,100	0,120	0,140	0,200
3,00	0,150	0,180	0,210	0,300
3,30	0,170	0,200	0,230	0,330

Según la tabla, interpolando, se estima que la holgura sea de 0.150 para un espesor de chapa de 1.25mm.

6.6. Placa portapunzones

El largo y el ancho de esta placa son los mismos que los de la placa porta matriz, es decir:

$$Largo = 190 \text{ mm}$$

Ancho = 125 mm

Su espesor se determina por:

$e_{\text{porta punzón}} = L_{\text{punzón}} * 0.25$ y $e_{\text{porta punzón}} = 100 \text{ mm} * 0.25 = 25 \text{ mm}$

6.7. Placas Sufrideras

Las dimensiones para ambas placas serán las mismas que las de la placa porta punzones y placa porta matrices, en cuanto al espesor se recomienda que sea entre 8 a 18 mm, por lo tanto, se ha seleccionado que el espesor de las sufrideras sea de 15 mm.

6.8. Resortes

Lo primero sería determinar el número más adecuado de resortes, la fuerza de extracción sabemos que es:

$$F_{\text{ext}} = 2,880.04 \text{ N}$$

Utilizando 8 resortes se obtiene:

$$F = \frac{F_{\text{ext}}}{8}$$

$$F = \frac{2,880.04 \text{ N}}{8}$$

$$F = 360 \text{ N}$$

Por lo tanto, se seleccionarán resortes de carga media, ya que su diámetro interior es menor.

Tabla 6: Dimensiones de los Resortes.

32	16	89	B 32 - 089	69.1	1541	22.3	1845	26.7	2308	33.4	2792	40.4
		102	B 32 - 102	58.8	1499	25.5	1799	30.6	2252	38.3	2822	48.0
		115	B 32 - 115	51.5	1483	28.8	1777	34.5	2220	43.1	2796	54.3
		127	B 32 - 127	44.8	1425	31.8	1707	38.1	2132	47.6	2652	59.2
		139	B 32 - 139	42.3	1481	35.0	1777	42.0	2221	52.5	2762	65.3
		152	B 32 - 152	37.8	1436	38.0	1724	45.6	2155	57.0	2759	73.0
		178	B 32 - 178	32.5	1446	44.5	1736	53.4	2171	66.8	2746	84.5
		203	B 32 - 203	28.9	1468	50.8	1760	60.9	2199	76.1	2800	96.9
		254	B 32 - 254	21.4	1359	63.5	1631	76.2	2039	95.3	2587	120.9
		305	B 32 - 305	18.3	1396	76.3	1674	91.5	2094	114.4	2688	146.9
		6.8 x 4.0										

6.9. Elementos de unión

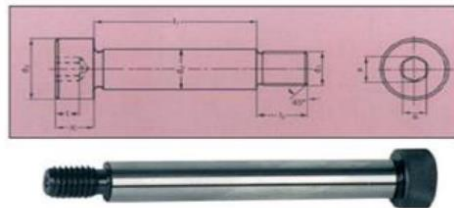
Para la sujeción de la placa porta punzón y la placa sufridera superior a la placa base superior se utilizarán tornillos DIN 912, para seleccionarlos se debe calcular la altura de los elementos a unir

$$Altura_{Conj. Sup.} = 39 \text{ mm} + 15 \text{ mm} + 25 \text{ mm} = 79 \text{ mm}$$

Se seleccionará entonces tornillos diámetro M10 y 60 mm de longitud. Para fijar la placa pisadora al conjunto superior es necesario utilizar tornillos tope guía y para seleccionarlos se procede de igual manera, sin embargo, aquí la medida de los resortes son los que limitan el diámetro.

Ya que seleccionó resortes de 16 mm de diámetro interior y 64 mm de longitud libre, la altura para los tornillos guías que se seleccionará es de 120 mm (del catálogo de UNCETA).

Figura 44: Tornillo guía



XM178 Longitud L, mm	Rosca M x Ø d2-h8						
	M5X6	M6X8	M8X10	M10X12	M12X16	M16X20	M20X24
10	1.13	—	—	—	—	—	—
20	1.32	1.41	1.59	2.10	—	—	—
30	1.45	1.51	1.75	2.34	3.62	—	—
40	1.45	1.57	1.85	2.34	3.94	11.02	—
50	1.57	1.61	1.99	2.44	4.01	11.36	18.17
60	1.68	1.75	2.07	2.78	4.35	12.09	19.20
100	—	2.09	2.63	3.59	6.03	19.82	26.52
120	—	—	—	3.73	6.98	20.27	27.99
Ø Cabeza dk mm	10	13	16	18	24	30	36
Anchura cabeza K mm	4.5	5.5	7	8	11	14	16
Long. rosca lo mm	9.5	11	13	16	18	22	27
Hexágono interior S mm	3	4	5	6	8	10	12

Fuente: Catálogo UNCETA

Entonces, el tornillo seleccionado es: *Tornillos M12 x Ø16 h8 x 120 mm.*

6.10. Conjunto inferior

$$Altura_{Conj. Inf.} = 39 \text{ mm} + 15 \text{ mm} + 35 \text{ mm} = 89 \text{ mm}$$

Se utilizará tornillos con las mismas dimensiones que los del conjunto superior.

6.11. Reglas guías

Para fijar las reglas utilizaremos tornillos de cabeza avellanada DIN 7991 de diámetro M6 y 20 mm de longitud.

6.12 Placa guía pisador

Las dimensiones para la placa pisadora se obtienen a partir de las dimensiones de las bases, estas son:

- *ancho*: 250 mm
- *largo*: 390 mm
- *espesor*: 30 mm

6.13. Columnas guías

Según el catálogo de las bases el diámetro correspondiente para las columnas es de 25 mm, y su altura será igual a:

$$LTCg = (39 + 15 + 35 + 30 + 64 + 25 + 15 + 39 + 12) \text{ mm} = 274 \text{ mm}.$$

7. Realización de planos

Ya que todos los elementos del troquel están dimensionados se procede a la realización de los planos correspondientes a cada uno de los elementos. Los planos están los anexos.

8. Simulación a través de SolidWorks 2022

VI. Conclusiones

Al definir el proceso de conformación de metales se encontró una amplia gama de procesos de manufacturas que existen hoy en día. Cada proceso de conformación de metales es único y éste será utilizado según el tipo de producto a obtener. Como era de esperar, el desarrollo de dicho troquel es el óptimo para la fabricación de arandelas lisas. Esto se debe a que se obtiene un producto de calidad y de bajo costo de fabricación.

Cuando se realizan trabajos en frío en una chapa (o lámina metálica), se elimina el proceso de forja, éste mantiene las propiedades físico-químicas de la lámina metálica. De igual modo, el proceso de troquelado optimiza la materia prima reduciendo así el desperdicio de esta, logrando de esta manera un costo de fabricación aún más bajo sobre los demás tipos de procesos de conformación de metales.

Los resultados obtenidos en el cálculo de cada una de las partes del troquel, se logró delimitar y diseñar, saber que material sería el más ideal según su función, y si alguno de estos ya estaba previamente estandarizado, a como logramos, por ejemplo, encontrar el punzón bajo la norma DIN.

Se diseñó exitosamente cada una de las piezas del troquel para que luego con el uso del software SolidWorks 2022, se lograra realizar el ensamble y posterior realizar una simulación donde muestra el movimiento del troquel simple. Demostrando así que los elementos de unión, tales como tornillos, placas y demás cumplen una función fundamental en el diseño del troquel simple.

Diseñar es un proceso que lleva tiempo perfeccionar ya que siempre va de la mano con la manufactura y la selección apropiada de materiales. Al acompañar este estudio con Softwares tales como SolidWorks y AutoCAD, se tendrá una mayor comprensión y un diseño ideal al momento de la construcción del troquel.

VII. Bibliografía

Bawa, H. S. (2006). *Manufacturing Processes - II*.

Boljanovic, V. (2004). *Sheet metal Forming Processes and Die Design*.

Boljanovic, V., & Paquin, J. (2006). *Die Design Fundamentals*.

Camarero de la Torre, Julian & Martinez Peña, Arturo. (2003). *Matrices, Moldes y Utillajes*.

Casillas, A. L. (s.f.). *Cálculos de Taller*.

Davis, J. R. (1996). *Specialty Handbook Tool Materials*.

Groover, Mikell P. (2010). *Fundamentals of modern manufacturing: materials, processes and systems*. (4th ed.).

Groover, Mikell P. (2014). *Introducción a los Procesos de Manufactura* (1st ed.).

Klocke, F. (2013). *Manufacturing Processes 4*.

Lopez Navarro, T. (1976). *Troquelado y Estampación*.

Mott, R. L. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas* (4th ed.).

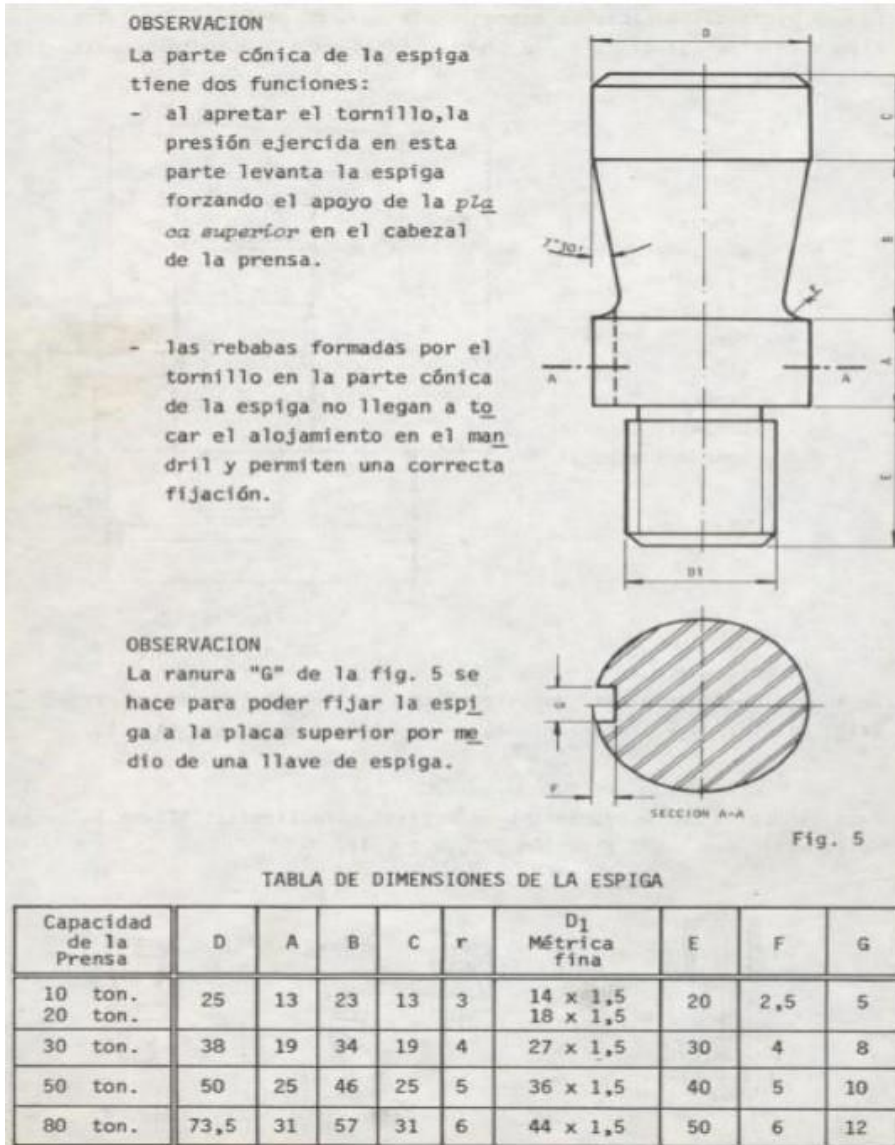
Oberg, E. & Jones, F. (2000). *Machinery's Handbook*.

Paquin, J. R. (1967). *Diseño de Matrices*.

VIII. Anexos

Tablas

1) MANGUITO SUJETADOR



2)INTERSTICIO

ESPESOR DEL MATERIAL	HOLGURA ENTRE LA MATRIZ Y EL PUNZON			
	ACERO BLANDO Y LATON	ACERO SEMIDURO	ACERO DURO	ALUMINIO
0,25	0,010	0,015	0,020	0,020
0,50	0,025	0,030	0,035	0,050
0,75	0,040	0,045	0,050	0,070
1,00	0,050	0,060	0,070	0,100
1,25	0,060	0,075	0,090	0,120
1,50	0,075	0,090	0,100	0,150
1,75	0,090	0,100	0,120	0,170
2,00	0,100	0,120	0,140	0,200
2,25	0,110	0,140	0,160	0,220
2,50	0,130	0,150	0,180	0,250
2,80	0,140	0,170	0,200	0,280
3,00	0,150	0,180	0,210	0,300
3,30	0,170	0,200	0,230	0,330
3,50	0,180	0,210	0,250	0,350
3,80	0,190	0,230	0,270	0,380
4,00	0,200	0,240	0,280	0,400
4,30	0,220	0,260	0,300	0,430
4,50	0,230	0,270	0,320	0,450
4,80	0,240	0,290	0,340	0,480
5,00	0,250	0,300	0,360	0,500

3) CALCULO DE AREA DEL CÍRCULO

Los símbolos utilizados son:

A = área

I = momento de inercia

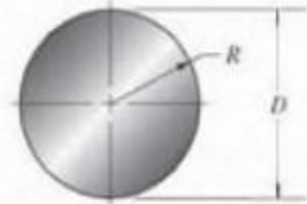
S = módulo de sección

r = radio de giro = $\sqrt{I/A}$

J = momento polar de inercia

Z_p = módulo de sección polar

Círculo



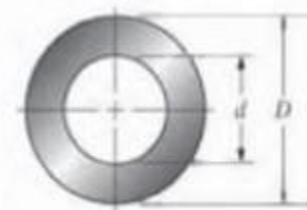
$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \pi R^2 \quad r = \frac{D}{4} = \frac{R}{2}$$

$$I = \frac{\pi D^4}{64} \quad J = \frac{\pi D^4}{32}$$

$$S = \frac{\pi D^3}{32} \quad Z_p = \frac{\pi D^3}{16}$$

$$\text{Circunferencia} = \pi D = 2\pi R$$

Círculo hueco (tubo)

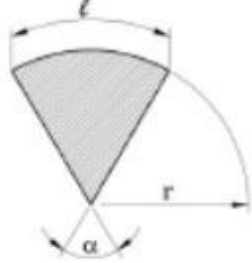
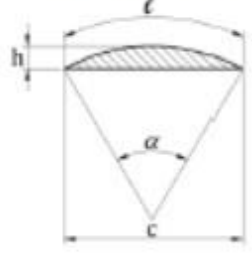


$$A = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \quad r = \frac{\sqrt{D^2 + d^2}}{4}$$

$$I = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} \quad J = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32}$$

$$S = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32D} \quad Z_p = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{16D}$$

4) AREA DE ALGUNAS FIG. GEOMETRICAS

Cuadrado 	$A = s^2$ $P = 4 s$
Rectángulo 	$A = a * b$ $P = 2 a + 2 b$
Circunferencia 	● $A = \pi * r^2 = \frac{\pi * d^2}{4}$ $C = 2 * \pi * r = \pi * d$
Sector Circular 	$A = \frac{r * l}{2} = 0.008727 * \alpha * r^2$ $l = \frac{r * \alpha * \pi}{180} = \frac{2A}{r}$ $\alpha = \frac{57.296 * l}{r}$
Segmento Circular 	$l = 0.01745 * r * \alpha$ $A = \frac{(r * l - c(r - h))}{2}$ $h = r - \frac{\sqrt{4r^2 - c^2}}{2}$

5) PROPIEDADES DEL ACERO SAE 1045

ACERO SAE 1045 **Color de Identificación: Blanco**

Aleación:

C: 0.43 – 0.50% Si: 0.10 – 0.20% Mn: 0.60 – 0.90% P: $\leq$ 0.04% S: $\leq$ 0.05%

Denominación según:

DIN: C45W W.Nº: 1.1730 AISI: 1045

Acero fino al carbono de alta calidad; templabilidad garantizada. Gran pureza, lograda con un proceso especial de fabricación y estricto control de calidad.

Aplicaciones

Para la construcción de maquinaria en general: para partes y piezas de vehículos y maquinarias expuestas a exigencias medianas, como ejes, árboles, piezas prensadas o estampadas, chavetas y partes expuestas al desgaste por fricción.

Características Mecánicas

Resistencia a la tracción:

63 – 78 kg/mm²

Límite de fluencia:

37 kg/mm²

Alargamiento:

min. 17%

Contracción:

55%

Dureza:

207 HB

Estado de entrega:

Dureza natural (70 kg/mm²; 207 HB)

Instrucciones para el Tratamiento Térmico

Forjar:

1100 – 800 °C. Enfriamiento lento en el horno.

Normalizar:

850 °C

Recocer:

680 – 710 °C. Enfriamiento lento en el horno.

Temple:

800 – 830 °C. Enfriamiento en agua.

Dureza obtenible:

58 HRC Máx (610 HB)

ACERO SAE 4140 Color de Identificación: Verde/Rojo

Aleación:

C: 0.38 – 0.43%	Cr: 0.80 – 1.10%	Mo: 0.15 – 0.25%	Si: 0.15 – 0.35%
Mn: 0.75 – 1.00%	P: ≤ 0.035%	S: ≤ 0.04%	

Denominación según:

DIN: 41CrMo4 Q+T	W.Nº: 1.7223	AISI: 4140
42CrMo4 Q+T	W.Nº: 1.7225	AISI: 4140 H

Acero especial para bonificación con aleación al Cromo-Molibdeno. Muy resistente a la torsión; buena resistencia al desgaste y al impacto. Se suministra en estado bonificado lo que permite, en la mayoría de los casos, su aplicación sin necesidad de tratamiento térmico adicional. Utilizable en temperaturas de hasta 450°C sin perder su bonificación. Equivalente AISI 4142 y ASTM A-193 Grado B7; indicado cuando se exige alta resistencia a la tracción y alta tenacidad.

Aplicaciones

Amplia aplicación en la construcción de vehículos, engranajes y motores. Partes de maquinaria y repuestos, tales como árboles de transmisión, brazos de ejes, ejes de bomba, ejes cardán, cigüeñales, pernos y tuercas, bielas árboles, pines, plunger, émbolos, etc.; como las aplicaciones del CN 150, pero donde las exigencias son menos estrictas. Para moldes para la inyección de plástico.

Características Mecánicas

Resistencia a la tracción:

90 – 105 kg/mm² (130- 150 psi)

Límite de fluencia:

70 – 90 kg/mm² (99,561 – 128,007 psi)

U.T.S.:

900 – 1050 MPa

Alargamiento:

min. 10%

Contracción:

min. 40%

Resistencia:

(DVM) min. 5 kg/cm²

Mecanizado:

Se puede mecanizar con herramientas de corte de acero rápido.

Estado de entrega:

Bonificado a 90 – 105 kg/mm² y liberado de tensiones (250 – 300 HB; 25 – 30 HRC).

Instrucciones para el Tratamiento Térmico

Si se necesita para ciertas piezas mayores durezas (a la vez menor tenacidad, alargamiento y contracción) se recomienda lo siguiente:

Forjar:

1050 – 850 °C. Enfriamiento lento en el horno.

Normalizar:

840 – 880 °C

Temple:

830 – 860 °C. Enfriamiento en aceite.

Revenido:

Según necesidad.

Activar Win
Ve a Configurac

7) PROPIEDADES DEL ACERO ESPECIAL K100

ACERO BÖHLER * ESPECIAL K100

Color de Identificación: Amarillo

Aleación:

C % 2.0

Si: 0.25%

Mn: 1.20%

Cr: 11.5

Denominación según:

DIN:X210Cr12

W.Nº:1.2080

AISI: D3

BÖHLER:SPECIAL K

Aplicaciones:

Herramientas para Cortar y Estampar:

Matrices cortantes de gran rendimiento, en especial para cortes complicados y consecutivos; herrajes, hojalatería y cartonería; tarrajas; moldes para estampación de bisagras y dientes para sierras; rasquetas; herramientas de estampar y moldear sometidas a altas exigencias, cuchillas de gran eficacia de corte para cortar chapas de hasta 4mm de espesor.

Herramientas con Virutamiento:

Brocas, cuchillas para la fabricación de viruta de acero; herramientas altamente exigidas para la industria maderera, etc.

Herramientas sin Virutamiento:

Rodillos y peines de roscar; rodillos para pestanar y acanalar; estampas y matrices para fabricar tuercas en frío; herramientas de embutición y para prensar pomos, etc., de aleaciones livianas y acero; moldes para la industria del plástico, herramientas para moleter, trefilas e hileras para metales.

Herramientas de Medición:

Galgas, calibres, espigas, reglas y escuadras.

Herramientas y Componentes Expuestos al Desgaste:

Herramientas de prensar para trabajar materiales de piedra, mármol o cerámicas abrasivas; placas de moldes para la fabricación de ladrillos refractarios; herramientas de prensar para la industria farmacéutica; bujes para máquinas automáticas; suplementos de guías para rectificadores sin puntas; poleos múltiples y anillos para máquinas trefiladoras de alambre. Herramientas para embutición profunda y extrusión.

Herramientas para Trabajar a Medianas Temperaturas:

Núcleos para mazos de martinete altamente exigidos para la fabricación de guadañas y hoces; pequeños cilindros de laminación de alta exigencia térmica, extremos de cilindros calibrados para anillos, etc.

8) PROPIEDADES DEL ACERO ESPECIAL K110

ACERO BÖHLER * ESPECIAL K110 Color de Identificación: Amarillo -Verde

Aleación:

C % 1.55 Si% 0.25 Mn% 0.35 Cr% 11.8% Mo % 0.80 V % 0.95

Denominación según:

DIN:X155CrVMo12-1 W.Nº:1.2379 AISI: D2 BÖHLER:SPECIAL KNL

Aplicaciones:

Este acero presenta excelente tenacidad y es apto para nitruración en baño de sal, lo cual resulta en excelentes rendimientos en la fabricación de herramientas de corte (matrices y punzones), herramientas para la técnica del estampado, fresas para madera altamente exigidas, cuchillas de guillotina para el corte en frío de chapas y flejes hasta de 6 mm de espesor, cuchillas y mandíbulas para la fabricación de clavos y puntas de paris, herramientas para laminar roscas, herramientas para estirar, para embutición a profundidad y para extrusión en frío, herramientas de prensar para las industrias farmacéuticas y de cerámicas, cilindros de trabajo para la industria de cubiertos, herramientas de medición y moldes para material plástico. Este acero se usa casi exclusivamente con temple al aire.

Estado de Entrega: Recocido blando

Instrucciones para el Tratamiento Térmico

Forjar: 1050 - 850 °C. Enfriamiento lento en el horno.

Recocer blando: 800 - 850 °C. Enfriamiento lento en el horno.

Dureza en estado recocido: 250 Brinell max.

Temple: 1020- 1040 °C. Tiempo de mantenimiento por el alto contenido de carburos+ o- 20 minutos para una sección de 20 mm. Por cada 10 mm. más de sección se prolonga el proceso 10- 15 minutos más.

Medios de Temple: Baño de sal (220-250/500-550 °C.) Aceite.

Aire comprimido

Aire Quieto (<25 mm de Diámetro)

Revenido: Según necesidad

Dureza obtenible: 63 - 65 Rockwell C.

Nitruración: Si se requiere una nitruración en baño se recomienda, la temperatura de temple más elevada y a continuación

dos procesos de revenido: **1)** Revenir a 520 °C. **2)** Revenir a 30-50 °C. (debajo de la temperatura del primer revenido. Dado que se requiere una máxima exactitud dimensional, resultará favorable elegir como temperatura de Revenido. Por lo menos la temperatura del tratamiento de nitruración en baño siguiente.

9) PROPIEDADES MECANICAS DEL ALUMINIO

-3003- (ALUMINIO – MANGANESO)

COMPOSICIÓN QUÍMICA

%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Otros elementos	Al
Mínimo			0,05	1,00						
Máximo	0,60	0,70	0,20	1,50			0,10	0,10	0,15	El resto

PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS (a temperatura ambiente de 20°C)

Estado	Espesor mm	Características a la tracción				Resistencia a la cizalladura τ N/mm ²	Dureza	
		Carga de rotura Rm. N/mm ²	Límite elástico Rp 0,2, N/mm ²	Alargamiento A 5,65%	Límite a la fatiga N/mm ²		Brinell (HB)	Vickers
0	0,35 a 10	110	50	29	100	75	29	
HX2	0,35 a 10	140	120	11	110	85	40	
HX4	0,35 a 10	160	145	9	130	95	45	
HX6	0,35 a 10	180	165	8	140	105	50	
HX8	0,35 a 10	205	185	6	150	115	55	
HX9	0,35 a 10	245	215	4		130	65	

PROPIEDADES FÍSICAS TÍPICAS (a temperatura ambiente de 20°C)

Módulo elástico N/mm ²	Peso específico g/cm ³	Intervalo de fusión °C	Coefficiente de dilatación lineal 1/10 ⁻⁶ K	Conductividad térmica W/m K	Resistividad eléctrica a 20°C - $\mu\Omega$ cm	Conductividad eléctrica % IACS	Potencial de disolución V
69,500	2,73	640-655	23,1	0-190	0-3,4	0-50,5	-0,83
				H18-160	H18-4,1	H18-42	

APTITUDES TECNOLÓGICAS

SOLDADURA:

A la llama
Al arco bajo gas argón
Por resistencia eléctrica
Braseado



MECANIZACIÓN:

Fragmentación de la viruta
Brillo de superficie

Estado: 0



Estado: H14



Estado: H18



COMPORTAMIENTO NATURAL:

En ambiente rural
En ambiente industrial
En ambiente marino
En agua de mar



EMBUTICIÓN:

Por expansión
Embutición profunda

Estado: 0



Estado: H14



Estado: H18



10) PROPIEDADES MECANICAS DE ALEACIONES DE ALUMINIO

Aleación y tratamiento	Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas)	Resistencia al corte		Resistencia a la fatiga	
	(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)
1060-O	10	69	4	28	43	7	48	3	21
1060-H14	14	97	11	76	12	9	62	5	34
1060-H18	19	131	18	124	6	11	121	6	41
1350-O	12	83	4	28	28	8	55		
1350-H14	16	110	14	97		10	69		
1350-H19	27	186	24	165		15	103	7	48
2014-O	27	186	14	97	18	18	124	13	90
2014-T4	62	427	42	290	20	38	262	20	138
2014-T6	70	483	60	414	13	42	290	18	124
2024-O	27	186	11	76	22	18	124	13	90
2024-T4	68	469	47	324	19	41	283	20	138
2024-T361	72	496	57	393	12	42	290	18	124
2219-O	25	172	11	76	18				
2219-T62	60	414	42	290	10			15	103
2219-T87	69	476	57	393	10			15	103
3003-O	16	110	6	41	40	11	121	7	48
3003-H14	22	152	21	145	16	14	97	9	62
3003-H18	29	200	27	186	10	16	110	10	69
5052-O	28	193	13	90	30	18	124	16	110
5052-H34	38	262	31	214	14	21	145	18	124
5052-H38	42	290	37	255	8	24	165	20	138
6061-O	18	124	8	55	30	12	83	9	62
6061-T4	35	241	21	145	25	24	165	14	97
6061-T6	45	310	40	276	17	30	207	14	97
6063-O	13	90	7	48		10	69	8	55
6063-T4	25	172	13	90	22				
6063-T6	35	241	31	214	12	22	152	10	69
7001-O	37	255	22	152	14				
7001-T6	98	676	91	627	9			22	152
7075-O	33	228	15	103	16	22	152		
7075-T6	83	572	73	503	11	48	331	23	159

Nota: Propiedades comunes:

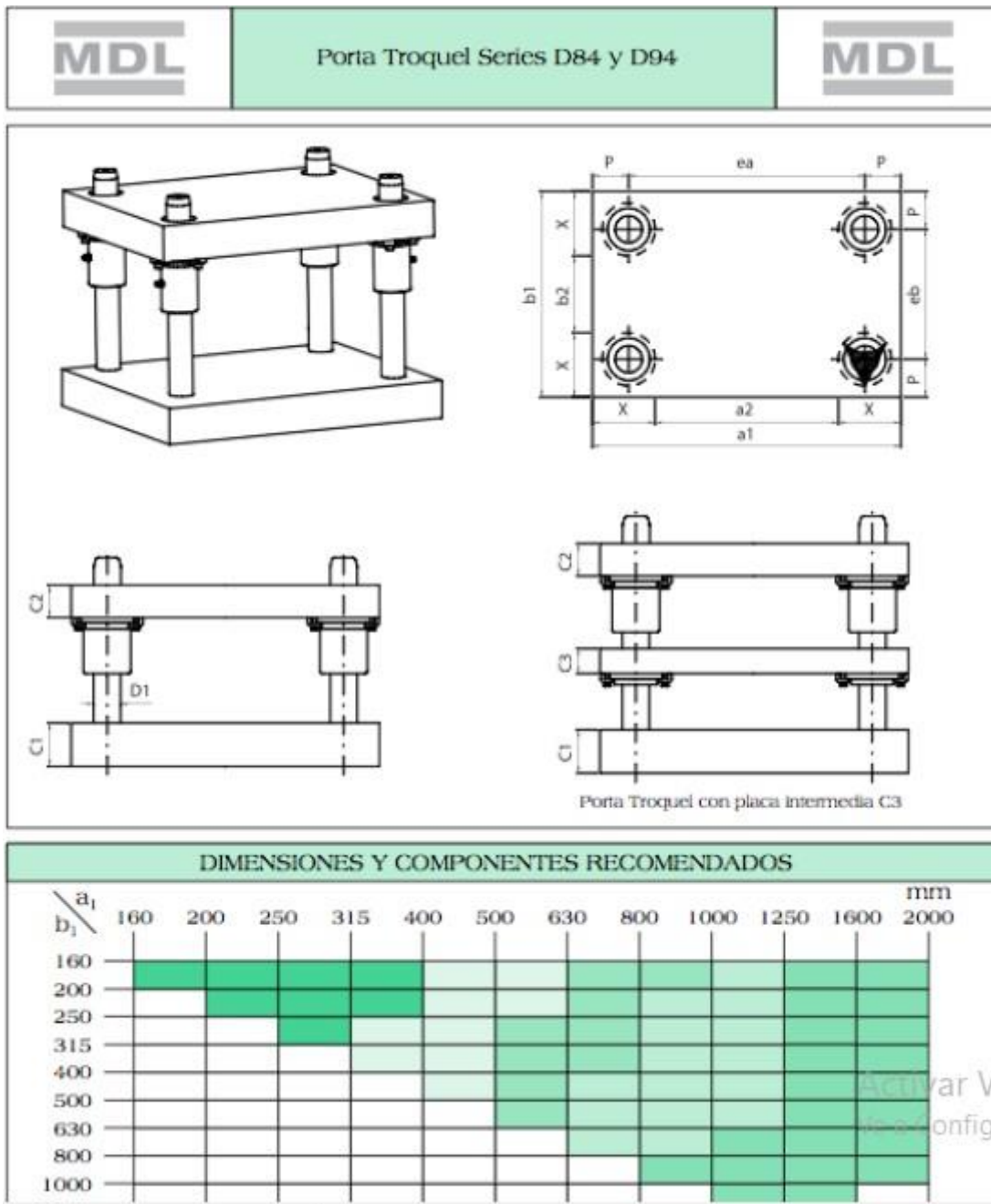
Densidad: 0.095 a 0.102 lb/pulg³ (2635 a 2829 kg/m³)

Módulo de elasticidad: 10 a 10.6 × 10⁶ psi (69 a 73 GPa)

Resistencia a la fatiga a 5 × 10⁶ ciclos

Catálogo

1) PORTA TROQUEL D84 DE CATALOGO

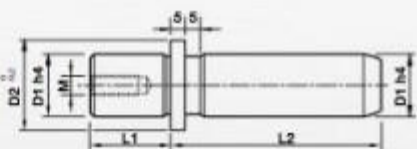


			Porta Troquel de Catálogo Series D84 y D94 para Montaje con Placas de Stock							D84.Xa1a1.b1b1b1 D94.Xa1a1.b1b1b1	
a ₁	b ₁	a ₂	b ₂	C ₁	C ₂	D ₁	e _a	e _b	NÚMERO DE CATÁLOGO	CON C ₃	
										C ₃	Nº CATÁLOGO
250	160	125	35	30 30 24	24 30 24	25	172	82	D94.125.160 D94.225.160 D94.325.160	24	D84.125.160 D84.225.160 D84.325.160
	200		75	30 30 24	24 30 24			122	D94.125.200 D94.225.200 D94.325.200		D84.125.200 D84.225.200 D84.325.200
	250		125	39 39 30	30 39 30			172	D94.125.250 D94.225.250 D94.325.250		30
315	200	190	75	39 39 30	30 39 30	25	237	122	D94.131.200 D94.231.200 D94.331.200	30	D84.131.200 D84.231.200 D84.331.200
	250		125	39 39 30	30 39 30			172	D94.131.250 D94.231.250 D94.331.250		D84.131.250 D84.231.250 D84.331.250
	315		190	49 49 39	39 49 39			237	D94.131.315 D94.231.315 D94.331.315		D84.131.315 D84.231.315 D84.331.315
400	200	275	75	49 49 39	39 49 39	25	322	122	D94.140.200 D94.240.200 D94.340.200	30	D84.140.200 D84.240.200 D84.340.200
	250		125	49 49 39	39 49 39			172	D94.140.250 D94.240.250 D94.340.250		D84.140.250 D84.240.250 D84.340.250
	315	260	175	49 49 39	39 49 39	32	314	229	D94.140.315 D94.240.315 D94.340.315		D84.140.315 D84.240.315 D84.340.315
	400		260	49 49 39	39 49 39			314	D94.140.400 D94.240.400 D94.340.400		D84.140.400 D84.240.400 D84.340.400
500	250	360	110	49 49 39	39 49 39	32	414	164	D94.150.250 D94.250.250 D94.350.250	30	D84.150.250 D84.250.250 D84.350.250
	315		175	49 49 39	39 49 39			229	D94.150.315 D94.250.315 D94.350.315		D84.150.315 D84.250.315 D84.350.315
	400		260	49 49 39	39 49 39			314	D94.150.400 D94.250.400 D94.350.400	39	D84.150.400 D84.250.400 D84.350.400
	500		360	49 49 39	39 49 39			414	D94.150.500 D94.250.500 D94.350.500		D84.150.500 D84.250.500 D84.350.500
630	315	465	150	49 49 39	39 49 39	40	528	213	D94.163.315 D94.263.315 D94.363.315	39	D84.163.315 D84.263.315 D84.363.315
	400		235	49 49 39	39 49 39			298	D94.163.400 D94.263.400 D94.363.400		D84.163.400 D84.263.400 D84.363.400
	500	440	310	55 55 49	49 55 49	50	515	385	D94.163.500 D94.263.500 D94.363.500		D84.163.500 D84.263.500 D84.363.500
	630		440	55 55 49	49 55 49			515	D94.163.630 D94.263.630 D94.363.630		D84.163.630 D84.263.630 D84.363.630

2) COLUMN GUIA DE CATALOGO

COLUMNA GUIA CON VALONA CE
GUIDE PILLAR WITH COLLAR CE



MATERIAL		DUREZA/HARDNESS	
		CUERPO/BODY	
Acero de Cementación Case - Hardened Steel		81 ± 83 HRC	

D1	D2	L1	M	L2																											
				100	110	120	130	140	150	160	170	180	200	220	240	260	280	300	320	360	400										
18	25	20	8	*	*	*	*	*	*	*																					
19	25	20	8	*	*	*	*	*	*	*																					
24	32	25	10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*																	
25	32	25	10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*																
30	40	30	10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*										
32	40	30	10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*									
40	50	35	12	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*							
42	50	35	12	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
50	62	45	12		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
52	62	45	12		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
63	73	49	12				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
80	93	59	12											*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Con rosca M10 en la punta
With M10 thread on the tip

Forma de pedido/ How to order:
CE D1 x L2

3) CASQUILLO GUIA CATALOGO

CASQUILLO GUIA CV
GUIDE BUSH CV

MATERIAL		DUREZA/HARDNESS	
Acero de Cementación Case - Hardened Steel		CUERPO/BODY	
		61 + 63 HRC	

D1	D2	D3	L2	L												
				17	21	26	35	45	55	65	75	85	95	115	135	
10	14	17	4	*		*										
12	16	20	4	*	*	*	*	L1=35	L1=35							
14	20	24	4		*	*	*	*		L1=45						
16	20	24	4		*	*	*	*	*	L1=55	L1=55		L1=55			
18	25	30	6		*	*	*	*	*	L1=55	L1=55	L1=55	L1=55			
20	30	35	6			*	*	*	*	*	L1=65					
22	30	35	6			*	*	*	*	*	L1=65	L1=65	L1=65			
25	35	40	8				*	*	*	*	*					
30	40	45	8			*	*	*	*	*	*	*	*	L1=95	L1=95	
40	50	54	10						*		*	*	*	*	L1=120	

Forma de pedido/ How to order:
CV D1 x L

4) PUNZON SEGUN CATALOGO

MDL	Punções de Cabeça Cilíndrica	PPB.XXX.XXXM PPS.XXX.XXXM
------------	-------------------------------------	------------------------------

Norma: ISO 8020 (Parcial)

Materiais Disponíveis:

B - Aço Rápido (M2) / 60 - 64 HRC.
D - Aço Rápido com Revestimento PVD (Ver página 9)

Exemplo de Pedido:
Qtd. = 3; Série: PPB; D= 8 [mm];
L= 71 [mm];
Material: B.

Favor Solicitar da Seguinte Forma:
3 PPB.080.071B

PUNÇÃO REDONDO PARALELO
Série PPB

CÓDIGO	ØD	ØH	L			
			71	80	100	120
PPB.050.xxxM	5	8				
PPB.060.xxxM	6	9				
PPB.070.xxxM	7	10				
PPB.080.xxxM	8	11				
PPB.090.xxxM	9	12				
PPB.100.xxxM	10	13				
PPB.110.xxxM	11	14				
PPB.120.xxxM	12	15				
PPB.130.xxxM	13	16				
PPB.140.xxxM	14	17				
PPB.150.xxxM	15	18				
PPB.160.xxxM	16	19				
PPB.200.xxxM	20	23				
PPB.250.xxxM	25	28				
PPB.320.xxxM	32	35				

Obs.: Comprimento "L" diferente da tabela sob consulta.

Norma: ISO 8020 (Parcial)

Materiais Disponíveis:

B - Aço Rápido (M2) / 60 - 64 HRC.
D - Aço Rápido com Revestimento PVD (Ver página 9)

Exemplo de Pedido:
Qtd. = 3; Série: PPS; D= 8 [mm];
L1= 71 [mm];
Material: B; P= 6,2 [mm];
L2= 25 [mm].

Favor Solicitar da Seguinte Forma:
3 PPS.080.071B 6,2x25

PUNÇÃO REDONDO REBAIXADO
Série PPS

CÓDIGO	ØD	ØH	ØP	L2					L1			
				10	13	16	20	25	71	80	100	120
PPS.050.xxxM	5	8	0,8 - 4,9	X	X							
PPS.060.xxxM	6	9	1,5 - 5,9	X	X	X	X	X				
PPS.070.xxxM	7	10	2,0 - 6,9	X	X	X	X	X				
PPS.080.xxxM	8	11	2,5 - 7,9	X	X	X	X	X				
PPS.090.xxxM	9	12	3,5 - 8,9	X	X	X	X	X				
PPS.100.xxxM	10	13	4,5 - 9,9	X	X	X	X	X				
PPS.110.xxxM	11	14	5,1 - 10,9		X	X	X	X				
PPS.120.xxxM	12	15	5,8 - 11,9		X	X	X	X				
PPS.130.xxxM	13	16	6,5 - 12,9		X	X	X	X				
PPS.140.xxxM	14	17	7,5 - 13,9		X	X	X	X				
PPS.150.xxxM	15	18	8,5 - 14,9		X	X	X	X				
PPS.160.xxxM	16	19	9,5 - 15,9		X	X	X	X				
PPS.200.xxxM	20	23	12,5 - 19,9			X	X	X				
PPS.250.xxxM	25	28	16,5 - 24,9				X	X				
PPS.320.xxxM	32	35	22,5 - 31,9				X	X				

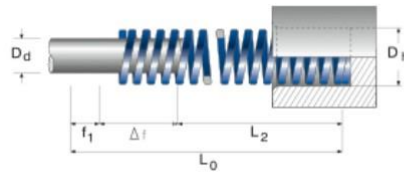
Obs.: Comprimentos "L1" e "L2" diferentes da tabela sob consulta. Os comprimentos "L2" destacados são considerados standard.

Activar Wind
Ve a Configurac

5) TABLA DE RESORTES SEGUN CATALOGO

Resortes de carga media - Serie B

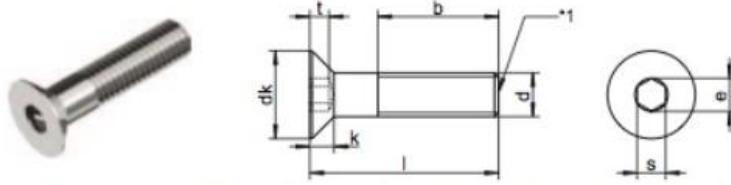
B



D _h b x h	D _d	L ₀	N° de Catálogo	R	A 25% L ₀		B 30% L ₀		C 37.5% L ₀		D f _b	
					N/mm	N	N/mm	N	N/mm	N	N/mm	N
10	5	1.9 x 1.3	25 B 10 - 025	16.0	101	6.3	120	7.5	150	9.4	163	10.2
			32 B 10 - 032	13.0	104	8.0	125	9.6	156	12.0	185	14.2
			38 B 10 - 038	11.9	113	9.5	136	11.4	170	14.3	200	16.8
			44 B 10 - 044	10.3	113	11.0	136	13.2	170	16.5	200	19.4
			51 B 10 - 051	8.9	114	12.8	136	15.3	170	19.1	206	23.4
			64 B 10 - 064	7.5	120	16.0	144	19.2	180	24.0	212	28.2
			76 B 10 - 076	5.3	101	19.0	121	22.8	151	28.5	181	34.2
12.5	6.3	2.5 x 1.5	305 B 10 - 305	1.6	122	76.3	146	91.5	183	114.4	214	133.8
			25 B 13 - 025	30.0	189	6.3	225	7.5	282	9.4	357	11.9
			32 B 13 - 032	24.8	198	8.0	238	9.6	298	12.0	402	16.2
			38 B 13 - 038	21.4	203	9.5	244	11.4	306	14.3	400	18.7
			44 B 13 - 044	18.5	204	11.0	244	13.2	305	16.5	394	21.3
			51 B 13 - 051	15.5	198	12.8	237	15.3	296	19.1	397	25.6
			64 B 13 - 064	12.1	194	16.0	232	19.2	290	24.0	392	32.4
16	8	3.2 x 2.0	76 B 13 - 076	10.2	194	19.0	233	22.8	291	28.5	396	39.0
			89 B 13 - 089	8.4	187	22.3	224	26.7	281	33.4	386	45.9
			102 B 13 - 102	6.3	161	25.5	193	30.6	241	38.3	329	52.3
			305 B 13 - 305	2.1	160	76.3	192	91.5	240	114.4	320	152.5
			25 B 16 - 025	49.4	311	6.3	371	7.5	464	9.4	519	10.5
			32 B 16 - 032	37.1	297	8.0	356	9.6	445	12.0	490	13.2
			38 B 16 - 038	33.9	322	9.5	386	11.4	485	14.3	583	17.2
20	10	4.1 x 2.4	44 B 16 - 044	30.0	330	11.0	396	13.2	495	16.5	582	19.4
			51 B 16 - 051	26.4	338	12.8	404	15.3	504	19.1	639	24.2
			64 B 16 - 064	20.5	328	16.0	394	19.2	492	24.0	599	29.2
			76 B 16 - 076	17.8	338	19.0	406	22.8	507	28.5	646	36.3
			89 B 16 - 089	15.2	339	22.3	406	26.7	508	33.4	634	41.7
			102 B 16 - 102	13.5	344	25.5	413	30.6	517	38.3	660	48.9
			115 B 16 - 115	11.8	340	28.8	407	34.5	509	43.1	627	53.1
20	10	4.1 x 2.4	305 B 16 - 305	4.8	366	76.3	439	91.5	549	114.4	680	141.6
			25 B 20 - 025	98.0	617	6.3	735	7.5	921	9.4	1029	10.5
			32 B 20 - 032	72.6	581	8.0	697	9.6	871	12.0	1009	13.9
			38 B 20 - 038	56.0	536	9.5	638	11.4	801	14.3	930	16.6
			44 B 20 - 044	47.5	523	11.0	627	13.2	784	16.5	893	19.8
			51 B 20 - 051	41.7	534	12.8	638	15.3	796	19.1	963	23.1
			64 B 20 - 064	32.3	517	16.0	620	19.2	775	24.0	888	27.5
20	10	4.1 x 2.4	76 B 20 - 076	25.1	477	19.0	572	22.8	715	28.5	848	33.8
			89 B 20 - 089	22.0	491	22.3	587	26.7	735	33.4	873	39.7
			102 B 20 - 102	19.8	505	25.5	606	30.6	758	38.3	937	47.3
			115 B 20 - 115	18.1	521	28.8	624	34.5	780	43.1	950	52.5
			127 B 20 - 127	16.6	526	31.8	632	38.1	790	47.6	945	56.9
			139 B 20 - 139	15.1	529	35.0	634	42.0	793	52.5	938	62.1
			152 B 20 - 152	13.2	500	38.0	600	45.6	750	57.0	889	67.6
20	10	4.1 x 2.4	305 B 20 - 305	6.1	465	76.3	558	91.5	698	114.4	875	143.4

6) TORNILLO DE SUJECION NORMA DIN

DIN 7991 - sim. ISO 10642
Tornillo avellanado Allen

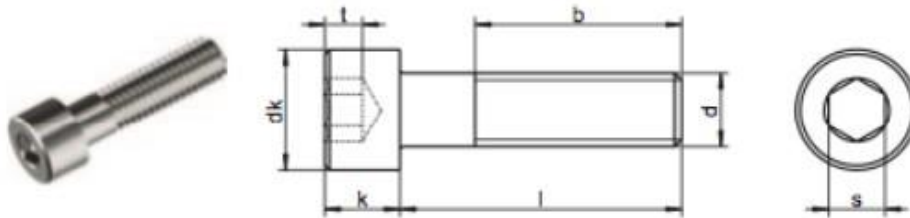


dk	6	8	10	12	16	20	24	30	36	39
k	1,7	2,3	2,8	3,3	4,4	5,5	6,5	7,5	8,5	14,0
s	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0
b	12	14	16	18	22	26	30	38	46	54
t	1,2	1,8	2,3	2,5	3,5	4,4	4,6	5,3	5,9	10,3
e	2,30	2,87	3,44	4,58	5,72	6,86	9,15	11,43	13,72	16,00
●	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0
Long. / Ø	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24
6	▲●	▲●	▲●							
8	▲●	▲●	▲●	▲●						
10	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●					
12	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●					
14	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●					
16	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●			
18	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●			
20	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●			
22	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●			
25	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●		
30	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●		
35	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	
40	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	
45		▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	
50		▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
55		▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
60		▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
65		▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
70		▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
75			▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
80			▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
90			▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
100			▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
110					▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
120					▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
130					▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
140					▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
150					▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
160					▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
UN	1000 ≥ 25 500	1000 ≥ 20 500 200	500 ≥ 30 200 100	500 ≥ 22 200 100	200 ≥ 45 100 50	200 ≥ 20 100 50	50 ≥ 80 25	25	25 ≥ 100 10	10 ≥ 100 5

■ A1 / ▲ A2 / ● A4 | UN: Unidad de venta | Todas las medidas en mm | Otras dimensiones bajo pedido
Ejemplo Art.-Nr.: 7991-2-8X40 DIN 7991 - A2 - M8 - l = 40mm - *1: achafanado según DIN 78

7) TORNILLO DE SUJECION NORMA DIN

DIN 912 - Página 1 - sim. ISO 4762 Tornillo Allen cilíndrico



dk max.	3,0	3,8	4,5	5,5	7,0	8,5	10,0	13,0	16,0	18,0	21,0	24,0	27,0
k max.	1,6	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0
s	1,5	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	14	14
b	15	16	17	18	20	22	24	28	32	36	40	44	48
t	0,7	1,0	1,1	1,3	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
●	1,5	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	14	14
Long. / Ø	M1,6	M2	M2,5	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18
3	▲●	▲●											
4	▲●	▲●	▲●	▲●									
5	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●								
6	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●						
8	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●						
10	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●					
12	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●				
14	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●				
16	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●			
18		▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●			
20		▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	
22			▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	
25			▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	
30				▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
35				▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
40				▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
45				▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
50				▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
55					▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
60					▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
65					▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
70					▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
75					▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
UV	1000	1000	1000	1000 ≥ 45 500	1000 ≥ 35 500	500 ≥ 45 200	500 ≥ 45 200 ≥ 75 100	200 ≥ 45 100	100	100 ≥ 55 50	25	25	25

■ A1 / ▲ A2 / ● A4 | UV: Unidad de venta | Todas las medidas en mm | Otras dimensiones bajo pedido
Ejemplo Art.-Nr.: 912-2-8X40 DIN 912 - A2 - M8 - l = 40mm

8) GUIA CILINDRICA NORMA ISO

PASADOR CILINDRICO DIN-6325 | ISO-8734

Tolerancia m6

Acero F155 Rectificado

D Diámetro (tolerancia m6)
l2 Longitud rebaje
z1 Longitud lateral 1
z2 Longitud lateral 2

The technical drawing shows a cylindrical pin with a central section labeled 'Rectificado'. The pin has a total length L. The central section has a diameter D and a length l2. The two end sections have a radius r and a length z2. The distance from the center of the pin to the center of the end sections is z1.

Cotas en milímetros (mm)

	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	14
l2	0,6	0,7	0,8	1	1,2	1,5	1,81	2,5	2,5	2,5
r	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	14
z1	0,3	0,4	0,45	0,6	0,75	0,9	1,2	1,5	1,8	2
z2	0,18	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,3	1,3

	16	20								
l2	3	4								
r	16	20								
z1	2,5	3								
z2	1,7	2								

9) PERNO GUIA NORMA DIN

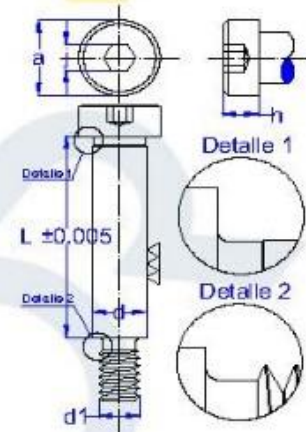
FERCOR

ALLEN GUIA ESPACIADOR ACERO 10.9 MM DIN 9841

10.9
ACERO

OGAA0

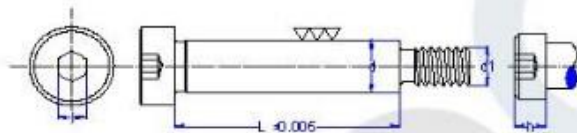
Diámetro (d)	M 6	M 8	M10	M12	M16	M20
Diam Cabeza (a)	10	13	16	18	24	30
Diam Rosca (d1)	5	6	8	10	12	16
Alt Cabeza (h)	4,50	5,50	7	8	11	14
Llave (j)	3	4	5	6	8	10
Largo (L) \ Paso	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,50
10	0610					
12	0612	0812				
16	0616	0816	1016	1216		
20	0620	0820	1020	1220		
25	0625	0825	1025	1225		
30	0630	0830	1030	1230	1630	
40	0640	0840	1040	1240	1640	2040
50	0650	0850	1050	1250	1650	2050
60		0860	1060	1260	1660	2060
70		0870	1070	1270	1670	2070
80			1080	1280	1680	2080
90				1290	1690	2090
100				1291	1691	2091
120					1692	2092



MEDIDAS EN MILIMETROS || INFORMACION ADICIONAL: DIN 9841 || LA EXACTITUD DE LAS MEDIDAS PUEDE VARIAR DE ACUERDO AL FABRICANTE.

ALLEN GUIA ESPACIADOR ACERO PULGADA

OGAW0

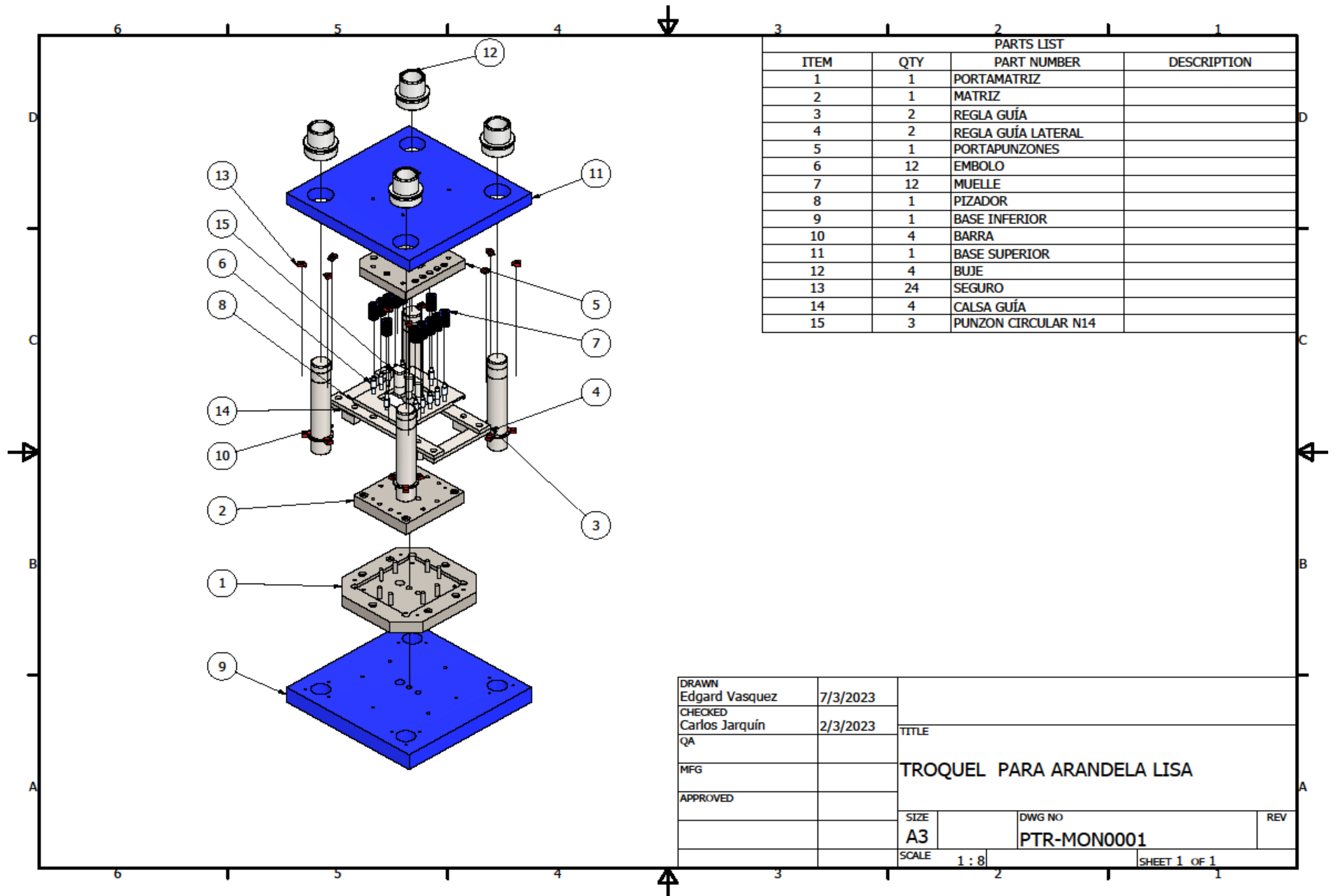


Diámetro (d)	1/4	5/16	3/8	1/2	5/8	3/4
Diam Rosca (d1)	#10	1/4	5/16	3/8	1/2	5/8
Llave (j)	1/8	5/32	3/16	1/4	5/16	3/8
Largo (L) \ Hilos	20	18	16	12	11	10
3/8	0609	0809	0909			
1/2	0612	0812	0912	1212		
5/8	0616	0816	0916	1216		
3/4	0619	0819	0919	1219		
1	0625	0825	0925	1225		
1 1/4	0632	0832	0932	1232	1632	
1 1/2	0638	0838	0938	1238	1638	1938
1 3/4		0844	0944	1244	1644	1944
2		0850	0950	1250	1650	1950
2 1/4			0955	1255	1655	1955
2 1/2			0963	1263	1663	1963
2 3/4			0970	1270	1670	1970
3			0976	1276	1676	1976
3 1/4			0982	1282	1682	1982
3 1/2			0990	1290	1690	1990
3 3/4			0991	1291	1691	1991
4			0992	1292	1692	1992
4 1/4				1293	1693	1993
4 1/2				1294	1694	1994
4 3/4				1295	1695	1995
5				1296	1696	1996
5 1/4					1697	1997
5 1/2					1698	1998



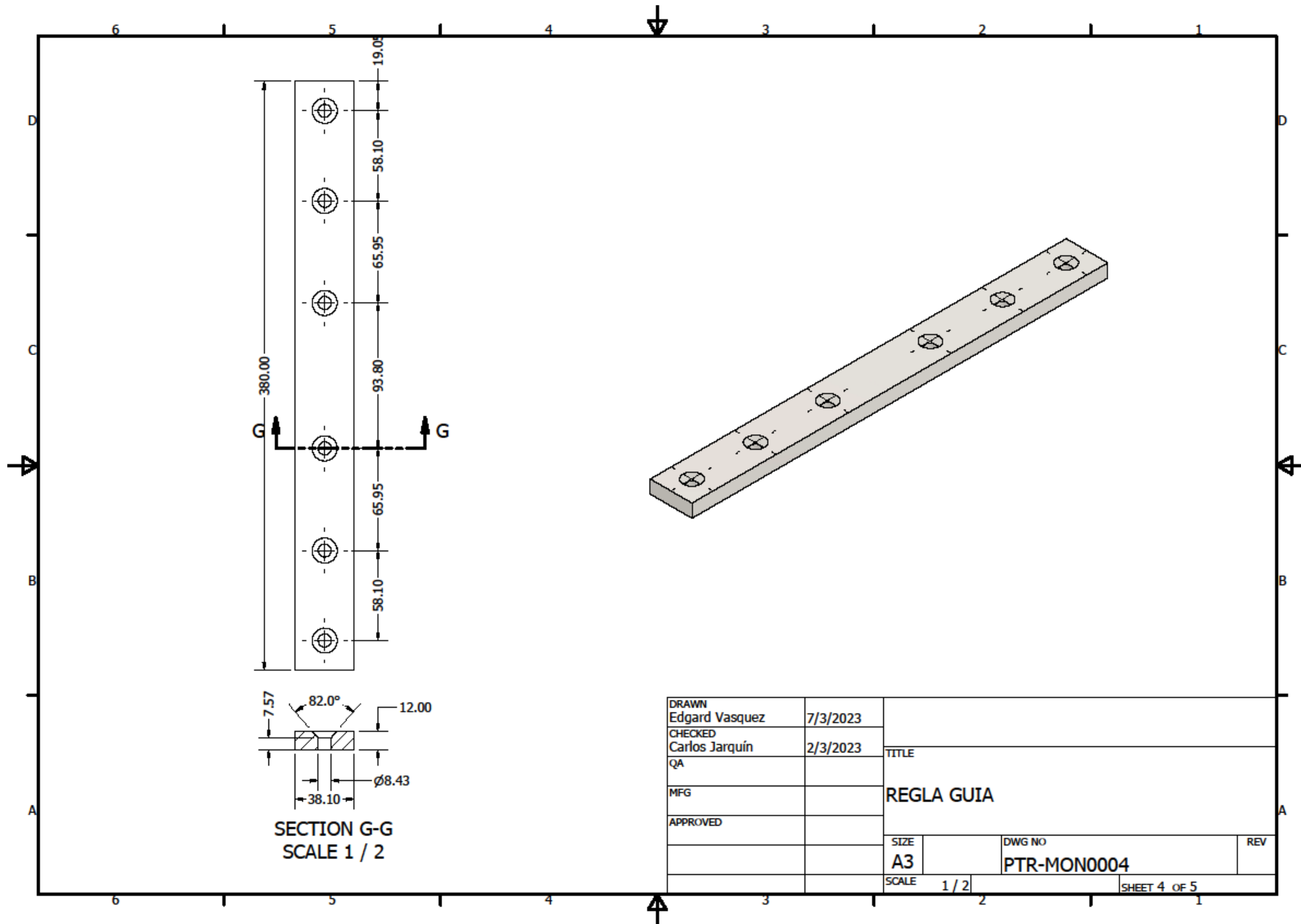
MEDIDAS EN PULGADAS || INFORMACION ADICIONAL: ASME/ANSI B 18.3 & ASTM A674 || LA EXACTITUD DE LAS MEDIDAS PUEDE VARIAR DE ACUERDO AL FABRICANTE.

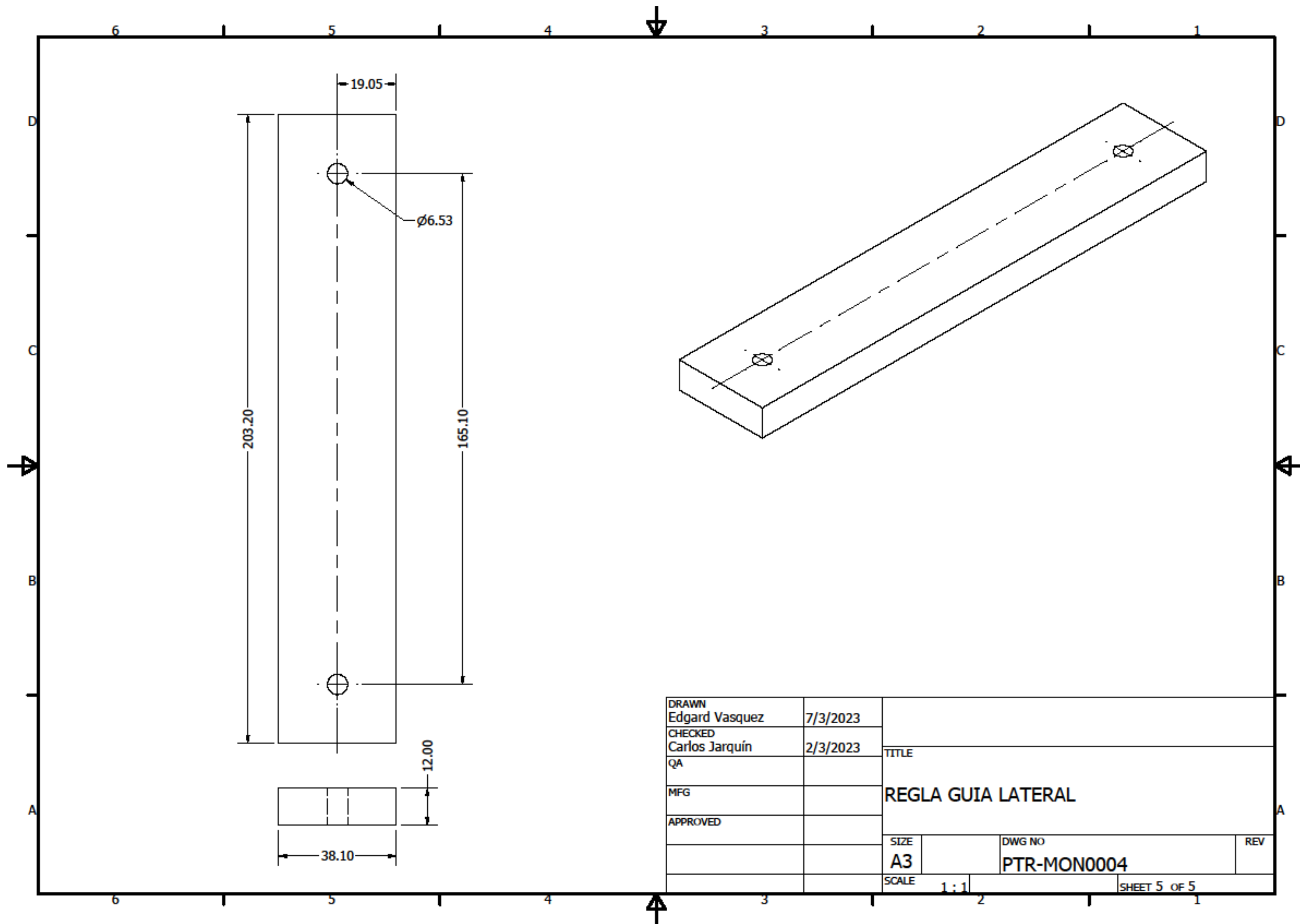
Planos

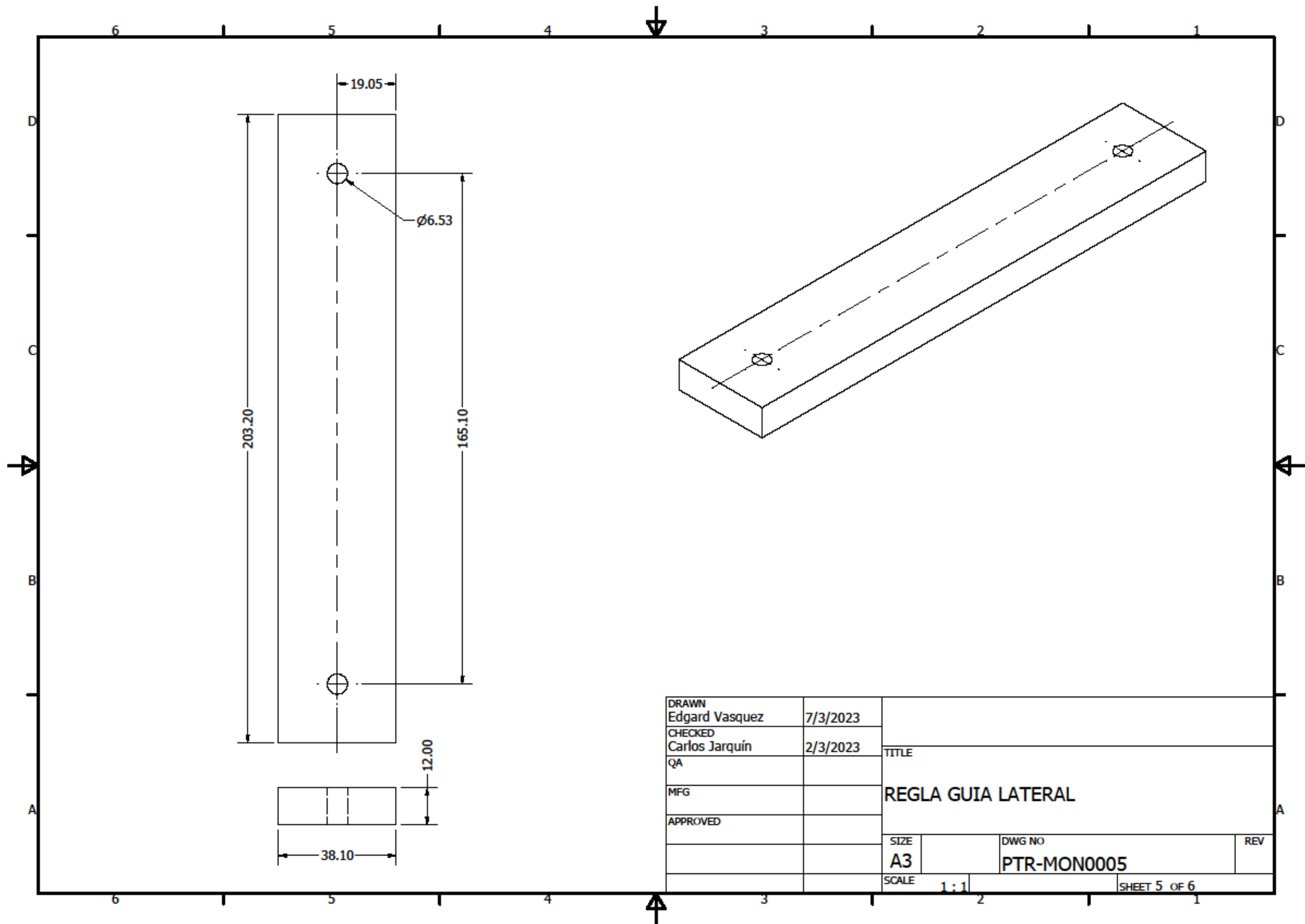


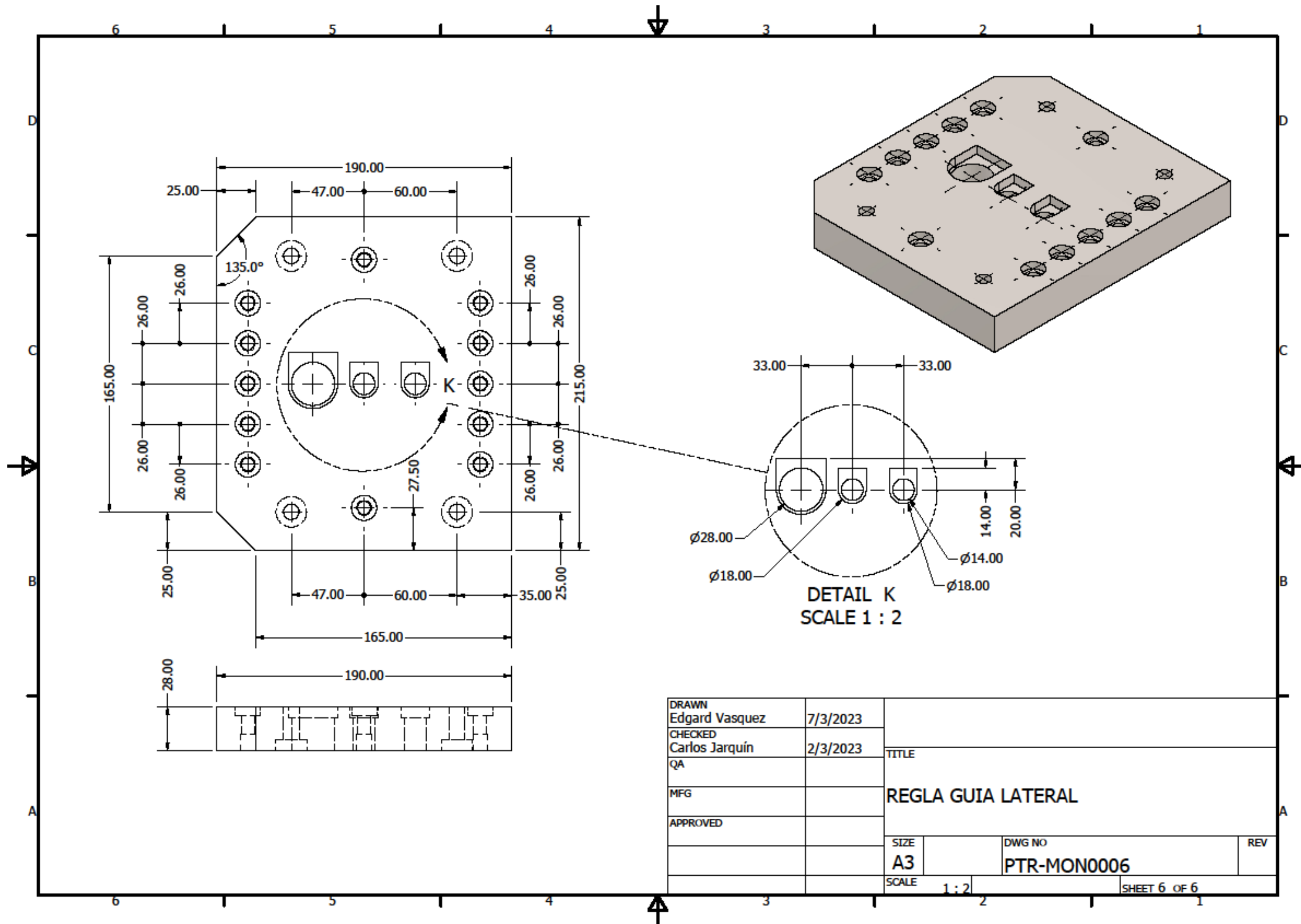
PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	PORTAMATRIZ	
2	1	MATRIZ	
3	2	REGLA GUÍA	
4	2	REGLA GUÍA LATERAL	
5	1	PORTAPUNZONES	
6	12	EMBOLO	
7	12	MUELLE	
8	1	PIZADOR	
9	1	BASE INFERIOR	
10	4	BARRA	
11	1	BASE SUPERIOR	
12	4	BUJE	
13	24	SEGURO	
14	4	CALSA GUÍA	
15	3	PUNZON CIRCULAR N14	

DRAWN Edgard Vasquez	7/3/2023	TITLE TROQUEL PARA ARANDELA LISA			
CHECKED Carlos Jarquín	2/3/2023				
QA					
MFG					
APPROVED		SIZEA3DWG NOPTR-MON0001REV			
		SCALE1 : 8		SHEET 1 OF 1	









DRAWN	Edgard Vasquez	7/3/2023	TITLE		
CHECKED	Carlos Jarquín	2/3/2023			
QA			REGLA GUIA LATERAL		
MFG					
APPROVED			SIZE	DWG NO	REV
			A3	PTR-MON0006	
			SCALE	1:2	SHEET 6 OF 6

