



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

PROYECTO TÉCNICO

TEMA:

“DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA MATRIZ DE EMBUTIDO Y CORTE PARA PRODUCIR UN CASQUILLO BIPOLAR DE RESISTENCIAS ELÉCTRICAS INDUSTRIALES EN LA EMPRESA REDANSE S.A.”

Autor: Mario Gabriel Ortiz Escobar

Tutor: Ing. Mg. Mauricio Carrillo

Ambato- Ecuador

2018

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del proyecto técnico, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema: “DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA MATRIZ DE EMBUTIDO Y CORTE PARA PRODUCIR UN CASQUILLO BIPOLAR DE RESISTENCIAS ELÉCTRICAS INDUSTRIALES EN LA EMPRESA REDANSE S.A.”. Elaborado por el señor Mario Gabriel Ortiz Escobar, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Certifico que el presente trabajo:

Es original de su autor.

Ha sido revisada cada uno de sus capítulos.

Es concluida y puede continuar con el trámite correspondiente.

Ambato, Noviembre del 2018

.....
Ing. Mg. Mauricio Carrillo

Tutor

AUTORÍA DEL PROYECTO

Yo, Mario Gabriel Ortiz Escobar, con C.I. 1804619870, tengo a bien indicar que los criterios emitidos en el presente proyecto bajo el tema: “DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA MATRIZ DE EMBUTIDO Y CORTE PARA PRODUCIR UN CASQUILLO BIPOLAR DE RESISTENCIAS ELÉCTRICAS INDUSTRIALES EN LA EMPRESA REDANSE S.A.”, como también los contenidos presentados, ideas, análisis son de exclusiva responsabilidad de mí persona, como autor de este proyecto técnico.

Ambato, Noviembre del 2018

.....
Mario Gabriel Ortiz Escobar

Autor

DERECHOS DE AUTOR

Yo, Mario Gabriel Ortiz Escobar, con C.I. 1804619870, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que de este Proyecto Técnico o parte de él haga un documento para la lectura, consulta e investigación según normas Institucionales.

Cedo los derechos del Proyecto Técnico con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción del mismo dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre que dicha reproducción no represente ganancia económica y se la realice bajo mis derechos de autor.

Ambato, Noviembre del 2018

.....
Mario Gabriel Ortiz Escobar

Autor

APROBACIÓN DEL TRIBUNA DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico realizado por el alumno Mario Gabriel Ortiz Escobar de la carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema: **“DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA MATRIZ DE EMBUTIDO Y CORTE PARA PRODUCIR UN CASQUILLO BIPOLAR DE RESISTENCIAS ELÉCTRICAS INDUSTRIALES EN LA EMPRESA REDANSE S.A.”**

Ambato, Noviembre del 2018

Para constancia firman:

.....
Ing. Mg. Susana Valencia

.....
Ing. Mg. César Arroba

DEDICATORIA

A Dios por ser mi guía cuando el camino es oscuro y darme esa fuerza interior que a veces es tan necesaria para seguir adelante.

A mi madre, Rebeca Escobar por enseñarme cada día a ser yo mismo y no fingir, a vivir cada segundo como si fuera el último y siempre ayudar al que más necesita, eres sin duda mi mejor ejemplo a seguir, mamá eres mi luz gracias por tus consejos y no dejarme caer.

A mi Padre que desde el cielo me protege guiando mis pasos, y no encuentro las palabras para expresar toda la falta que me has hecho día tras día.

A mi tía, Bertha Escobar por ser un pilar muy importante, por cada palabra de apoyo brindada para conseguir este objetivo, por enseñarme que todo depende de ti si quieres lograr algo.

AGRADECIMIENTO

Gracias a todas las personas que formaron parte de este sueño, gracias por la amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas se encuentran aquí conmigo y otras en mis recuerdos, sin importar donde estén les agradezco de todo corazón.

Mario Ortiz

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DEL PROYECTO.....	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNA DE GRADO.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
RESUMEN EJECUTIVO	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I.....	1
ANTECEDENTES.....	1
1.1.Tema.....	1
1.2.Antecedentes	1
1.3.Justificación.....	2
1.4.Objetivos	4
1.4.1.Objetivo general	4
1.4.2.Objetivos específicos	4
CAPÍTULO II.	5
FUNDAMENTACIÓN	5
2.1.Investigaciones previas	5
2.2.Fundamentación teórica	5
2.2.1.Matricería	5
2.2.2.Proceso de conformado metálico	8
2.2.3.Embutición.....	10
2.2.3.1.Tipos de embutición.....	11
2.2.4.Fenómenos que se presentan durante la embutición.....	15
2.2.5.Fuerzas de la embutición.....	16
2.2.6.Acabados de las piezas embutidas	16

2.2.7.Diseño matriz de embutición	17
2.2.8.Placa base superior e inferior	18
2.2.9.Punzón de embutición	19
2.2.10.Radio del punzón “r”	19
2.2.11.Fijación del punzón a la parte móvil de la matriz.	19
2.2.12.Columnas y bujes	20
2.2.13.Radio de embutición de la matriz “R”	21
2.2.14.Velocidad de embutición	22
2.2.15.Determinación del número de embuticiones.....	23
2.2.16.Tratamiento térmico	23
2.3.Operaciones de corte	24
2.4.Fuerza de corte o recorte de la placa matriz.....	27
2.5.Fuerza de extracción	28
2.6.Resistencias eléctricas industriales	28
2.6.1.Resistencia tipo banda o abrazadera	28
2.6.2.Casquillo bipolar	29
CAPÍTULO III.....	31
DISEÑO DEL PROYECTO	31
3.1.Selección de alternativas	31
3.1.1.Tipo de matriz	31
3.1.2.Material para la construcción de las matrices	35
3.1.3.Elementos que constituyen la matriz de embutición.....	42
3.1.4.Punzón de embutición	43
3.1.5.Prensa chapas o pisa chapas	45
3.1.6.Trabajo de embutición	46
3.1.7.Matriz de embutido	47
3.1.7.1.Juego de embutición.....	47
3.1.8.Velocidad de embutición	51
3.1.9.Determinación del número de embuticiones.....	52
3.1.10.Tratamiento térmico	52
3.1.11.Lubricación de la chapa metálica.....	53
3.1.12.Disposición de la figura en la chapa	54
3.2.Parámetros de diseño para la matriz de recorte y perforado	55

3.2.1.Elementos que constituyen la matriz de recorte y perforado	55
3.2.2.Placa matriz de recorte	56
3.2.3.Fuerza de Perforado	57
3.2.4.Fuerza de extracción	58
3.2.5.Elección del muelle	59
3.2.6.Fuerza de la troqueladora	60
3.2.7.Juego entre punzón y placa matriz	61
3.2.8.Pruebas de funcionamiento de las matrices	62
3.3.Presupuesto	68
CAPÍTULO IV.....	70
4.Conclusiones y Recomendaciones	70
4.1.Conclusiones	70
4.2.Recomendaciones.....	71
MATERIALES DE REFERENCIA	72
BIBLIOGRAFÍA	72
ANEXOS Y PLANOS	74

ÍDICE DE FIGURAS

Figura 1. Matriz combinada	7
Figura 2. Diagrama esfuerzo deformación	8
Figura 3. Proceso de embutición de piezas cilíndricas	11
Figura 4. Embutido de acción simple.....	12
Figura 5. Recorte sobre la matriz	12
Figura 6. Formación de pliegues	13
Figura 7. Recubrimiento de pliegues	13
Figura 8. Embutido doble acción	14
Figura 9. Pisador de chapas metálicas.....	14
Figura 10. Proceso de embutición doble efecto	15
Figura 11. Fenómenos durante la embutición	16
Figura 12. Fuerzas de embutición	16
Figura 13. Recorte de piezas embutidas.....	17
Figura 14. Fragmento de chapa de (a0-b0) a (a1-b1).....	17
Figura 15. Desarrollo de una caja base rectangular o cuadrada.....	18
Figura 16. Radio del punzón	19
Figura 17. Fijación del punzón a la parte móvil de la matriz.....	20
Figura 18. Tolerancias y acabados superficiales de columnas y bujes	21
Figura 19. Proceso de cizallado	25
Figura 20. Proceso de corte por punzonado	26
Figura 21. Resistencia eléctrica industrial tipo banda o abrazadera	29
Figura 22. Resistencia eléctrica tipo de salida casquillo bipolar	30
Figura 23. Geometría del casquillo bipolar.....	32
Figura 24. Dimensiones del casquillo bipolar.....	38
Figura 25. Dimensiones del rectángulo.....	39
Figura 26. Procedimiento para determinar el desarrollo	41
Figura 27. Desarrollo para producir el casquillo bipolar	42
Figura 28. Elementos de la matriz de embutición.....	42
Figura 29. Punzón de embutición y punzón de forma	44
Figura 30. Prensa chapas o pisa chapas	45
Figura 31. Ubicación de columnas en la parte posterior	47
Figura 32. Juego de embutición paredes rectas.....	48

Figura 33. Juego de embutición paredes curvas.....	49
Figura 34. Abaco de Hoening	49
Figura 35. Radio de la Matriz	50
Figura 36. Diámetro Equivalente	51
Figura 37. Número de embuticiones	52
Figura 38. Disposición de la plancha	54
Figura 39. Matriz de Recorte y Perforado.....	55
Figura 40. Placa matriz de recorte.....	56
Figura 41. Perímetro de recorte.....	56
Figura 42. Perímetro de perforado	57
Figura 43. Detalle recorte con mucho material alrededor.....	58
Figura 44. Detalle de actuación de la fuerza de extracción.....	59
Figura 45. Determinación gráfica del juego entre el punzón y la placa matriz	62
Figura 46. Casquillo bipolar primera prueba	63
Figura 47. Casquillo bipolar segunda prueba.....	64
Figura 48. Casquillo bipolar tercera prueba.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Proceso de conformado	9
Tabla 2. Radio de la matriz según su espesor	21
Tabla 3. Velocidades de embutición para diferentes materiales	23
Tabla 4. Alternativas	33
Tabla 5. Alternativas del tipo de matriz	33
Tabla 6. Criterios de Propiedades Mecánicas	33
Tabla 7. Criterios de Geometría	34
Tabla 8. Criterios de Prensa	34
Tabla 9. Criterios de Producción.....	34
Tabla 10. Criterios de Costos	34
Tabla 11. Evaluación total.....	35
Tabla 12. Aceros para herramientas tipo D, A y O	36
Tabla 13. Propiedades químicas, físicas y mecánicas del acero AISI-SAE D3.....	37
Tabla 14. Resistencia a la tracción para cada material.....	45
Tabla 15. Tratamiento térmico	53
Tabla 16. Lubricantes de acuerdo al material de embutición.....	53
Tabla 17. Característica del muelle A16x45	60
Tabla 18. Fórmulas para determinar juego	61
Tabla 19. Parámetros de la primera prueba.....	63
Tabla 20. Parámetros de la segunda prueba	64
Tabla 21. Parámetros de la tercera prueba	65
Tabla 23. Análisis final casquillo bipolar	66
Tabla 24. Presupuesto del proyecto	68

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TEMA: “DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA MATRIZ DE EMBUTIDO Y CORTE PARA PRODUCIR UN CASQUILLO BIPOLAR DE RESISTENCIAS ELÉCTRICAS INDUSTRIALES EN LA EMPRESA REDANSE S.A.”

Autor: Mario Gabriel Ortiz Escobar

Tutor: Ing. Carlos Mauricio Carrillo Rosero, Mg

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto técnico se enfoca en el diseño, construcción y pruebas de funcionamiento de dos matrices, una de embutición y otra de recorte-perforado, con el propósito de generar casquillos bipolares. Primero se realizó la selección del material de acuerdo a la funcionalidad y propiedades mecánicas del mismo para actuar directamente con el desarrollo o plantilla de una chapa metálica, siendo el acero AISI SAE D3 el más adecuado para los punzones y placas matrices, además para los elementos constitutivos se optó por el acero ASTM A36 y el AISI SAE 4340 para bujes y columnas.

Una vez seleccionado el material se procedió a diseñar los elementos constitutivos de las matrices, mediante la parte teórica y analítica se diseñó punzones y placas matrices de embutición, recorte y perforado, teniendo en cuenta parámetros como el radio, juego, número de operaciones, lubricación, velocidad de trabajo y forma geométrica, que garanticen una embutición profunda evitando la rotura del fleje y así mismo un recorte del excedente y perforado de dos agujeros.

Finalmente, se mecanizó por medio del proceso de electroerosión por hilo EDM y se realizó pruebas en una prensa hidráulica y una troqueladora, para obtener el casquillo bipolar cumpliendo los requeridos de la empresa Redanse S.A.

TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND MECHANICS

MECHANICAL ENGINEERING CAREERS

TITLE: "DESIGN AND MANUFACTURE OF A MATRIX OF SAUSAGE AND CUTTING TO PRODUCE A BIPOLAR BUSHING OF INDUSTRIAL ELECTRICAL RESISTANCES IN THE COMPANY REDANSE S.A."

Author: Mario Gabriel Ortiz Escobar

Tutor: Ing. Carlos Mauricio Carrillo Rosero, Mg

ABSTRACT

The present technical project focuses on the design, construction and operation tests of two matrices, one for embossing and another for cutting-drilling, with the purpose of generating bipolar bushes. First the selection of the material was made according to the functionality and mechanical properties of the same to act directly with the development or template of a metal sheet, being the AISI SAE D3 steel the most suitable for the punches and matrix plates, also for the elements The ASTM A36 steel and the AISI SAE 4340 for bushings and columns were chosen.

Once the material was selected, the constituent elements of the matrices were designed. Through the theoretical and analytical part, punches and plates were designed for drawing, cutting and drilling, considering parameters such as radius, clearance, number of operations, lubrication, speed of work and geometric shape, that guarantee a deep drawing avoiding the breaking of the strap and likewise a cutout of the surplus and perforation of two holes.

Finally, it was mechanized by means of the wire EDM process and tests were carried out in a hydraulic press and a punch press, in order to obtain the bipolar bushing fulfilling the requirements of Redanse S.A.

CAPÍTULO I.

ANTECEDENTES

1.1. Tema

“DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA MATRIZ DE EMBUTIDO Y CORTE PARA PRODUCIR UN CASQUILLO BIPOLAR DE RESISTENCIAS ELÉCTRICAS INDUSTRIALES EN LA EMPRESA REDANSE S.A.”

1.2. Antecedentes

El mundo de la fabricación de matrices para deformación de chapas está en pleno proceso de cambio. Las series de piezas a fabricar son cada vez más cortas y los modelos finales cambian con gran frecuencia. [1]

El uso de chapas de alto límite elástico para conformar ha aumentado considerablemente, debido a la importancia del precio en el producto final. Es necesaria una mayor flexibilidad al tiempo que se exige una mayor calidad de las piezas finales, siendo la calidad superficial de la pieza un factor muy importante. [2]

Nos encontramos en un mercado cada vez más competitivo con una gran demanda de bajos costes de fabricación y unos mayores requerimientos en la calidad final. La industria metalmecánica en el Ecuador utiliza un gran número de aplicaciones en el campo de la matricería, siendo este un proceso muy versátil y económico para quienes producen grandes cantidades de elementos iguales. En la aplicación, los elementos fabricados mediante chapa metálica tienen la ventaja de presentar tolerancias geométricas y dimensionales óptimas, ya que no se afecta las propiedades metalográficas del material. [1], [2]

Trabajando en un ambiente automatizado la fiabilidad de las matrices es esencial, los aceros usados en las matrices son por naturaleza muy frágiles, y el riesgo de aparición de fisuras es elevado. Estos aceros provienen de un mercado global siendo suministrados bajo una norma que define una composición química muy poco detallada, sin conocer el fabricante y su control de calidad, es imposible poder confiar en el rendimiento del acero. [2], [3]

Las cifras oficiales de las transacciones de moldes y matrices de 2016 confirman la recuperación sectorial iniciada en el 2011 y consolida su crecimiento gracias al mayor consumo, que se ha incrementado un 31% respecto al anterior ejercicio y al aumento récord de importaciones. [3]

La producción de matrices a partir del año 2011 ha tenido un aumento al igual que su consumo. Las exportaciones se mantienen estables pero las importaciones se han incrementado respecto al 2015, siendo China uno de los países que más exporta a nivel mundial. [1] (ver el Anexo A).

Actualmente la tendencia de las grandes empresas manufactureras es la tecnología CNC (Control Numérico Computarizado) para la elaboración de sus productos, esto conjuntamente con los diferentes softwares CAD-CAM se realiza el diseño simulado de matrices ayudando al progreso de la industria nacional y dando un valor agregado entorno a la utilización de equipos de última tecnología. [2], [3]

1.3. Justificación

La importancia de desarrollar el presente proyecto radica en la necesidad de producir de manera directa casquillos bipolares para resistencias eléctricas industriales, debido a que la empresa Redanse S.A, se dedica a la fabricación de estas y no cuenta con una matriz para producirlos, por lo que debe adquirirlos mediante la compra.

Dichos casquillos son de gran necesidad ya que, al momento del empalme con la resistencia eléctrica, éstos protegen y soportan como conector eléctrico de 220 Voltios para que exista el paso de corriente necesario a la resistencia.

El interés académico de desarrollar este proyecto, es el adquirir conocimientos acerca del campo de la matricería, desarrollar técnicas de diseño para crear elementos que por naturaleza sean mecánicos, partiendo de la conceptualización de una idea, síntesis, análisis, evaluación y representación en planos detallados para su ensamblaje y construcción, ejecutando operaciones mecánicas simples de matricería.

Para este proyecto la empresa Redanse S.A. brindó en toda instancia del recurso económico, las pruebas se realizaron en prensa hidráulica y troqueladora

Finalmente, el proyecto trae un impacto positivo en el desarrollo social y económico de la empresa, ya que, al ser el principal beneficiado en el ensamblaje total de las resistencias eléctricas en un mismo lugar, se consigue un menor costo de fabricación y producción, ganando así un mayor mercado.

La elaboración de resistencia eléctricas industriales en Tungurahua ha tenido un aumento significativo, debido a las empresas que trabajan con maquinaria de inyección y extrusión. Un estudio realizado por la Cámara de Industrias del Ecuador indicó que en la Provincia de Tungurahua existe la mayor variedad de industrias de la región, el sector industrial ha sido una evolución dinámica, debido al apoyo del Gobierno Nacional. [1], [3]

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Diseñar y fabricar una matriz de embutido y corte para producir un casquillo bipolar de resistencias eléctricas industriales en la empresa Redanse S.A.

1.4.2. Objetivos específicos

- Seleccionar el material adecuado para la matriz.
- Diseñar la matriz de embutido y corte.
- Realizar pruebas que garanticen la funcionalidad de la matriz para obtener el producto.

CAPÍTULO II.

FUNDAMENTACIÓN

2.1. Investigaciones previas

En la tesis elaborada por [4], se expone que el factor de gran trascendencia, es el juego entre el punzón y la matriz, puesto que de este dependerá la calidad y exactitud del producto final, siendo importante el dimensionamiento de los elementos en el diseño de la matriz, acorde a los requerimientos de la pieza base.

La necesidad de programas CAD entre los recursos de la ingeniería para el desarrollo de proyectos de prototipos digitales, puesto que hoy en día se ha logrado una integración más efectiva con los sistemas CAM y CAE siendo una tecnología indispensable para el diseño ingenieril en el proceso de mecanizado o elaboración de las matrices de corte y embutición, se presenta en la tesis. [5]

El tipo de material adecuado para los elementos constitutivos de la matriz de corte en tres etapas como la de embutición en una sola etapa, siendo el AISI-SAE D3 (BOHLER K100) el seleccionado, teniendo así componentes completamente desarmables y que abarcan la mayoría de criterios de matricería como son: punzonado circular, punzonado rectangular, punzonado de forma, avance automático, y expulsor de embutición. [6]

En el proyecto [7], se manifiesta que las pruebas de funcionamiento son de suma importancia para verificar que cada elemento constitutivo de la matriz se encuentra sometido a diferentes esfuerzos para obtener la pieza final, garantizando así que los elementos fueron diseñados para una vida útil larga.

2.2. Fundamentación teórica

2.2.1. Matricería

La matricería es la rama de la mecánica industrial que estudia y desarrolla la técnica en la fabricación de utillaje (moldes, estampas, etc.), adecuados para obtener diferentes piezas sobre una chapa metálica generalmente de cara plana, sin arranque de viruta. Además, tiene gran aplicación en diversos procesos industriales de

producción debido a las ventajas del proceso y sus propiedades mecánicas luego del mismo. [8], [9]

Para dar la forma a una pieza se trabaja sucesivamente a las superficies siguiendo un proceso de mecanizado en las diversas máquinas herramientas, fundición, o bien, se puede dar forma simultáneamente a todas sus caras por deformación plástica por medio de uno o varios golpes de una prensa. [8], [9]

Dicho método de trabajo es más rápido, pero exige una preparación previa de moldes o matrices que tengan la forma de la pieza que se requiere, tanto si esa pieza será fundida en un molde metálico o se ha de cortar, estampar o forjar. [8]

Ventajas y desventajas para la fabricación de una matriz [9]

Ventajas

- Grandes series de producción
- Minimiza costos
- Proceso más rápido y eficiente

Desventajas

- Costo elevado en la fabricación de la matriz
- Baja rentabilidad para fabricar pocas piezas

Clasificación de las matrices

- Manual
- Semiautomáticas
- Automáticas

Se clasifican también considerando su efecto sobre la estructura del metal:

- Matriz de curvado y doblado de chapas
- Matriz de corte punzonado de chapas
- Matriz de embutición de chapas
- Matrices combinadas
- Estampa, acuñado y extrusión

- Moldeado de plásticos

Matrices combinadas

Cuando se desea obtener un sin número de piezas, se las denomina a estas grandes series, muchas veces es necesario o conveniente construir matrices de trabajos progresivos. Se entiende por trabajo progresivo a la serie de operaciones sucesivas que transforman la pieza con una misma matriz, una chapa de cara plana o una tira de cinta metálica al fin de obtener piezas con otra forma. [8], [9], [10]

El objetivo principal de estas matrices combinadas figura 1, es obtener en un solo tiempo y con una sola matriz, una serie de operaciones sucesivas que de otro modo sería necesario tener diferentes matrices simples o independientes. [9]

En la primera instancia es necesario introducir tanto material como la pieza a obtener demande, se debe procurar que la transformación de una fase a la otra sea lo más pequeña posible. [9]

El realizar las matrices no resulta tarea fácil debido a su complejidad de diseño y su exactitud de mecanizado, sin embargo, si se realiza un trabajo minucioso partiendo de un buen diseño en los punzones se tendrá un movimiento uniforme y seguro. Además, es necesario que los punzones este perfectamente paralelos entre sí, actúen sincronizados, es decir que mediante la ejecución de un golpe sobre la matriz esta se desplace por toda la placa de la pieza a trabajar evitando desvíos por el golpe. [8], [9], [10]

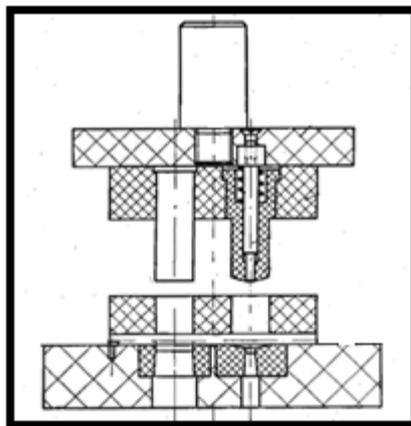


Figura 1. Matriz combinada
Fuente: [9]

2.2.2. Proceso de conformado metálico

Antes de iniciar el conformado plástico de metales es importante identificar en la zona que se trabaja es decir la zona de comportamiento plástico, donde debemos superar la barrera de la zona de fluencia y llegar a la deformación permanente figura 2, el material será sometido a esfuerzos superiores al del límite elástico. [11]

Una de las propiedades a tomar en cuenta cuando se realiza el conformado de materiales metálicos es el bajo límite de fluencia con respecto a su ductilidad variando de acuerdo a su temperatura, es decir si la temperatura aumenta, el límite de fluencia disminuirá y su ductilidad aumentará. [11], [12]

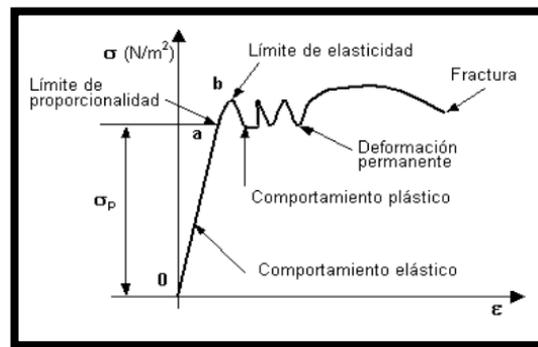


Figura 2. Diagrama esfuerzo deformación

Fuente: [11]

El proceso de conformado es el conjunto de operaciones en las cuales una chapa metálica se encuentra sometida a esfuerzos de deformación, para así transformarla en un objeto determinado mediante especificaciones geométricas y parámetros asumidos con anterioridad. [11], [12]

Para realizar estos procesos de conformado se utiliza dispositivos especiales llamados matrices o estampas, que conjuntamente con una prensa interactúan para llevar a cabo dicho proceso, obteniendo así un producto final. [9]

Las operaciones de conformado metálico se subdividen generalmente en:

- Cortar
- Doblar y Curvar
- Embutir

Estas operaciones de conformado pueden realizarse en frío como cortar, doblar y curvar mientras tanto que para la operación de embutir admite trabajo en frío y caliente según sean los requerimientos. Todas estas operaciones se realizan por medio de matrices que son montadas en máquinas con movimiento generalmente rectilíneo alternativo. [9]

Usualmente para producir alguna pieza se debe recurrir a una combinación de operaciones como, por ejemplo:

- Cortar-Doblar
- Cortar-Curvar
- Cortar-Embutir [9]

Existen diversos procesos de conformado industrial, los cuales pretenden dar una forma determinada a la chapa. Desde este punto de vista se engloban en la tabla 1.

Tabla 1. Proceso de conformado
Fuente: [12]

<u>PROCESO DE CONFORMADO</u>						
OPERACIONES DE FORMADO				OPERACIONES DE DEFORMACIÓN VOLUMÉTRICA		
CORTE	DOBLADO	EMBUTIDO	OTROS			
Cizallado	Bordoneado	Reducido	Repulsado	Laminado	Forjado	Extrusión
Muescado	Curvado	Abocardado	Acuñado			
Punzonado	Enrollado	Abombado	Estampado			
Recortado	Perfilado	Extrusionado	Remachado			
Recalcado	Engrapado					
Corte Fino						

Factores para determinar el número de operaciones de conformado

- La forma de la pieza a obtener

Se parte de la proporcionalidad entre el número de operaciones con la complejidad de la forma, es decir, mientras una pieza a realizarse sea de mayor complejidad existirá un mayor número de operaciones y viceversa. [9], [13]

- Las dimensiones de la pieza

Influye igualmente sobre la determinación del número de operaciones necesarias, es decir a medida que una pieza tenga mayor dimensión sea el caso de una cazoleta profunda se requerirá de varios procesos de embutición para alcanzar la profundidad de dicha pieza. [9], [13]

- La calidad del material

Dependerá de las propiedades mecánicas que constituyen la chapa metálica como por ejemplo si se tiene una chapa metálica muy plástica permitirá una operación profunda, pero si existe una con menor plasticidad admitirá una menor profundidad, por lo cual se concluirá que se necesita un mayor o menor número de operaciones en relación al menor o mayor plasticidad de la chapa. [9], [13]

2.2.3. Embutición

La embutición es el proceso de conformado por deformación plástica, por el cual se somete a una chapa metálica plana en un cuerpo hueco cilíndrico, estas piezas huecas adquieren la forma de la matriz mediante la presión ejercida por el punzón. [8], [9]

Teóricamente no existe una variación de la superficie de la pieza, y en la práctica esto no se verifica con exactitud. [9]

La embutición puede realizarse en frío (temperatura ambiente), o en caliente para lo cual la chapa adquiere una temperatura de (800-850°C) para aceros suaves. [8]

En la figura 3 se establecen los pasos a seguir para realizar un proceso de embutición en general:

I. Se inserta la chapa metálica plana de diámetro (D) para ser embutida.

II. Desciende el punzón hacia la chapa plana haciendo contacto con su exterior.

III. El punzón de diámetro (d) hace contacto con la chapa presionándola y la embute a través de una abertura en el aro embutidor, con lo que el material del disco fluye por encima de las aristas del punzón. La pestaña de chapa o cuello desaparece a medida que se va embutiendo, si se requiere de esta pestaña se debe delimitar la profundidad de embutición. [9], [14]

IV. Finalmente se consigue la forma indicada y el punzón regresa a su posición inicial, teniendo el proceso de embutición de una chapa plana a embutida cilíndricamente. [14]

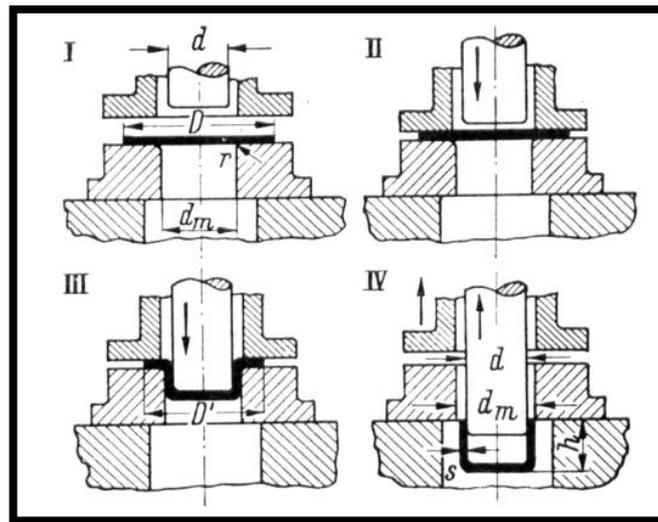


Figura 3. Proceso de embutición de piezas cilíndricas
Fuente: [14]

2.2.3.1. Tipos de embutición

Embutido de acción simple

La embutición de simple efecto, es la que solo permite la ejecución de piezas embutidas poco profundas. [13], [14]

La herramienta se compone de un punzón, cuya sección tiene la forma de la embutición realizada y una matriz de embutición provista de un agujero que permite el paso del punzón, disponiendo de un espacio igual al espesor del metal. [14]

Consiste principalmente en ubicar la chapa metálica en el asiento de la matriz, el punzón comienza a penetrar el material a la matriz en su totalidad, una vez realizado y mediante un expulsor se obtiene un elemento embutido como se muestra en la figura 4. [10], [14]

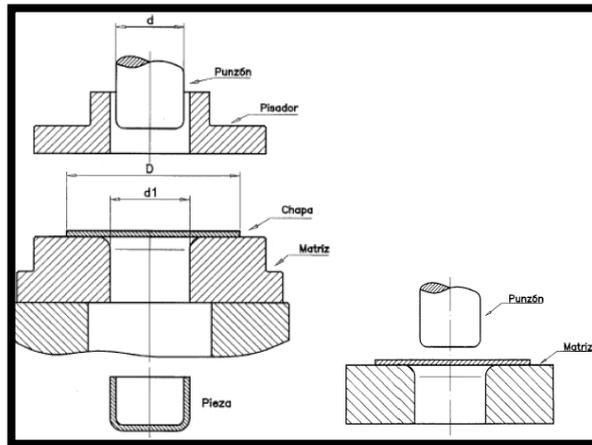


Figura 4. Embutido de acción simple
Fuente: [14]

Un recorte sobre la matriz es colocado cuando el punzón desciende:

El recorte figura 5, es presionado por el punzón, tiende a penetrar en la matriz, la chapa se arrolla sobre A-B apoyándose en C. Un punto cualquiera D del recorte ocupa entonces una posición sobre la circunferencia del diámetro más pequeño. Para tener la superficie inicial, la chapa formará pliegues o aumentará de espesor. La zona B-D genera una formación de pliegues y un aumento de espesor debido a que puede deformarse libremente. [14]

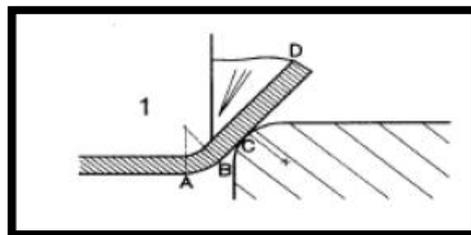


Figura 5. Recorte sobre la matriz
Fuente: [14]

La zona E-D en la figura 6, al tener mayor espesor, se produce una laminación entre el punzón y la matriz, para devolver a la chapa su espesor primitivo, mientras que en el exterior los pliegues aumentan. [14]

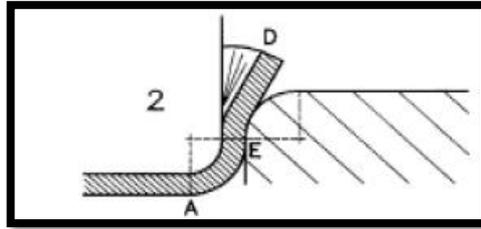


Figura 6. Formación de pliegues
Fuente: [14]

En cualquier punto de la carrera del punzón de E a D aumento de espesor, de E a F, parte laminada de espesor constante, de F a D, formación de pliegues que deben desaparecer por laminación introduciéndose en la matriz. Al caer el punto D sobre circunferencias más pequeñas, los pliegues van aumentando y acaban por recubrirse como se observa en la figura 7. [10], [14]

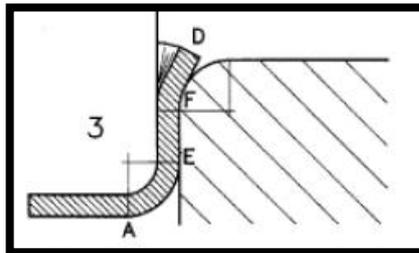


Figura 7. Recubrimiento de pliegues
Fuente: [14]

Embutido de doble acción

La embutición de doble efecto es la operación de transformación de una chapa plana en una pieza de forma de cubeta manteniendo el espesor de la chapa sensiblemente constante. [9]

Los elementos principales de esta embutición se indican en la figura 8. [8], [9]

- El punzón
- El pisador
- La matriz

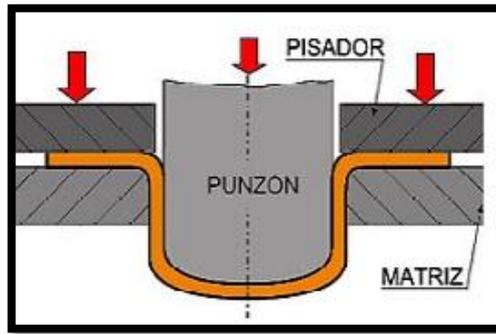


Figura 8. Embutido doble acción
Fuente: [15]

Con el fin de evitar pliegues en la chapa se ubica un sujetador o pisador o bien prensas chapas. Mediante el pisador se produce una compresión lateral de las moléculas, con lo que estas pueden desplazarse radialmente. [8], [9]

Es por esto que las embuticiones simples tienen la altura de embutición limitada, ya que al no llevar un pisador se producirían pliegues no deseados. En cambio, en la embutición de doble efecto se trabajan todas las alturas posibles. [9]

En la figura 9 se observa el pisador que evita la formación de pliegues de B a C.

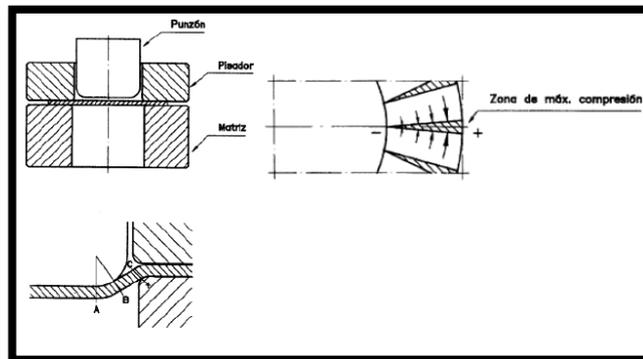


Figura 9. Pisador de chapas metálicas
Fuente: [14]

A continuación, en la figura 10 se muestra los pasos para la embutición de doble efecto.

- La chapa metálica se coloca sobre la matriz, provista de un dispositivo llamado “centrador”, que permite un centraje correcto.
- El punzón y el pisador descienden.

- El pisador entra en contacto con la chapa y ejerciendo una presión de fuerza apropiada, le mantiene sujeto sobre la matriz.
- El punzón, que se desliza por el interior del pisador, choca a continuación con la chapa y ejerce sobre ella una presión de embutición. La chapa resbala sobre el borde redondeado de la matriz sin formar pliegues, el pisador ejerce presión durante toda la operación de embutición. La chapa metálica sujeta entre la matriz y el pisador, forma un collar cuya anchura disminuye a medida que el punzón desciende.
- Después de la embutición, el punzón y el pisador vuelven a subir, pero la acción del pisador no termina hasta que el punzón no se ha desprendido totalmente de la matriz. [9], [13]

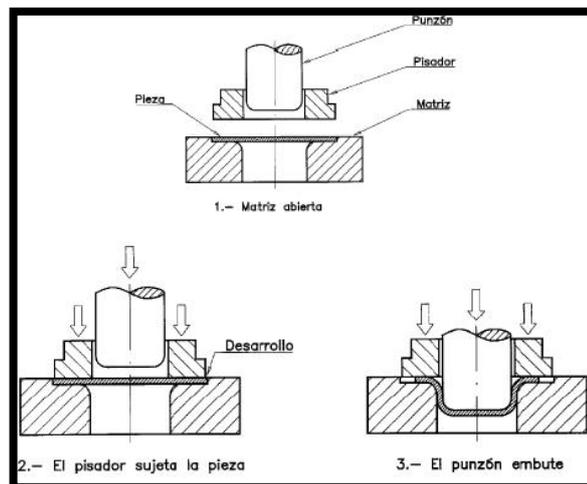


Figura 10. Proceso de embutición doble efecto
Fuente: [14]

Es importante elegir adecuadamente los radios de curvatura tanto del punzón como de la matriz ambos constituyen un factor importante en el comportamiento del metal. [14]

2.2.4. Fenómenos que se presentan durante la embutición

En la figura 11. Se tiene un disco de cara plana que será deformado en un cuerpo cilíndrico. Inicialmente se puede ver la corona circular, que se deforma a una altura (b) también el elemento trapezoidal (a, b, c, d) experimenta una variación cuando es embutido de trapezoidal a rectangular. [14], [15]

Esto nos indica que cada elemento de la chapa de cara plana está sometido a fuerzas radiales de tracción y fuerzas tangenciales de compresión. [14]

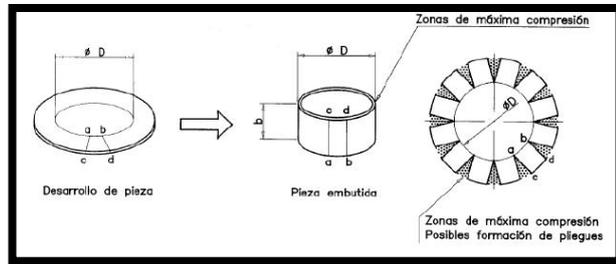


Figura 11. Fenómenos durante la embutición
Fuente: [14]

2.2.5. Fuerzas de la embutición

La máxima fuerza de compresión se sitúa cerca del borde, la máxima fuerza de tracción se encuentra localizada en una zona próxima a la curvatura como indica la figura 12. [9], [13]

Para que no exista desgarramiento mediante la embutición es preciso que el fondo de la chapa resista la presión del punzón, por lo tanto, esta deberá ser inferior. [9], [13]

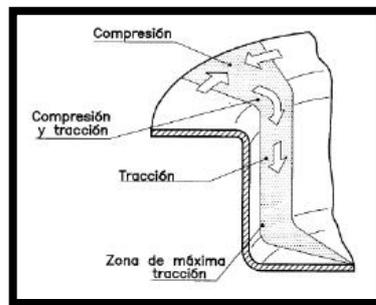


Figura 12. Fuerzas de embutición
Fuente: [14]

2.2.6. Acabados de las piezas embutidas

Por diversas razones, la altura de la pieza embutida no es uniforme o si se deja un borde alrededor, la anchura de este se calcula ligeramente por exceso. [9], [14]

En la figura 13, se observa la operación que suprime este sobrante llamada recorte o contorneado y se realiza en una prensa cortadora o en una de embutir, con un útil de “embutir-recorte”.

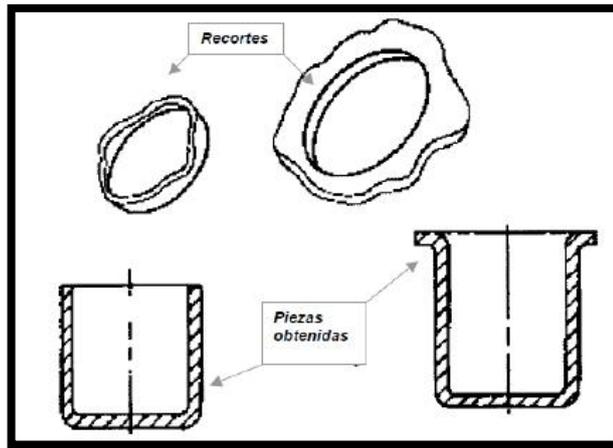


Figura 13. Recorte de piezas embutidas
Fuente: [14]

2.2.7. Diseño matriz de embutición

Parámetros de diseño para la matriz de embutición.

Antes de iniciar con diseño se debe partir de la teoría de elasticidad de los metales en el que se manifiesta que, un cuerpo metálico sometido progresivamente a fuerzas exteriores se deforma elásticamente al principio y después permanentemente produciéndose una fluidez del material. [9]

En la figura 14 se observa un fragmento de chapa metálica con dimensiones iniciales de a_0 - b_0 . En la hipótesis de que la deformación superficial tenga lugar en sentido normal a las aristas, se tendrá las nuevas dimensiones a_1 - b_1 . [9]

Para tener clara las ideas y realizar los cálculos se considera que la deformación de la chapa será siempre a espesor constante al igual que su volumen.

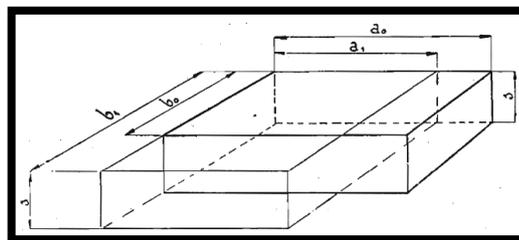


Figura 14. Fragmento de chapa de (a_0 - b_0) a (a_1 - b_1)
Fuente: [9]

Para calcular el desarrollo se necesita utilizar los criterios para el diseño de cajas rectangulares o cuadradas como se indica en la figura 15, la idea de este cálculo es encontrar las dimensiones de un rectángulo principalmente para después encontrar sus diagonales mediante las ecuaciones expuestas por Rossi.

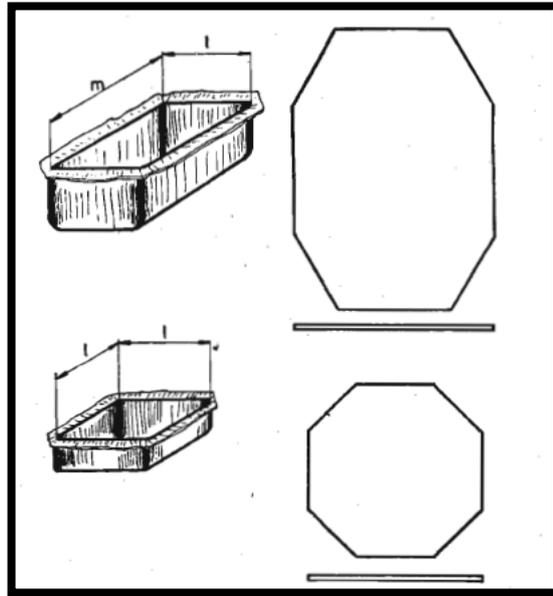


Figura 15. Desarrollo de una caja base rectangular o cuadrada
Fuente: [9]

2.2.8. Placa base superior e inferior

Estas placas hacen las veces de soporte de la parte móvil y fija del utillaje, son las que mantienen fijo a los componentes que interactúan dentro de la matriz que están fijos mediante elementos de sujeción. [16], [11],

La función de la placa superior es ser la portadora y sujetadora del punzón, pues debe contenerlos de manera exacta, perpendicular a la matriz para que cuando el sistema guiado por columnas descienda no exista imprecisión entre el macho con respecto al agujero de la matriz. [16]

Material

Según [9], estas placas requieren de materiales corrientes para su construcción por tal motivo se utilizará un acero A36, (ver Anexo B) que no necesitará de un tratamiento

térmico ya que es más un soporte que no interactúa en el proceso de conformado de chapas metálicas.

2.2.9. Punzón de embutición

Los punzones suelen ser los órganos móviles de embutición en las matrices, estos adoptan la figura parcial o total de la pieza que se desea obtener y sujetos a la placa superior. [9], [16]

Los bordes del punzón al igual que los de la matriz deben ser redondeados, el tamaño de los mismos influye en el esfuerzo de embutición, grado de formación, posibilidad de la formación de pliegues en el collar de la pieza. [9], [16]

2.2.10. Radio del punzón “r”

En la figura 16, se observa el redondeo de los bordes tanto del punzón “r” como los de la matriz “R” a diferencia del primer dibujo en el que m y n no tienen redondeos provocando una cizalla.

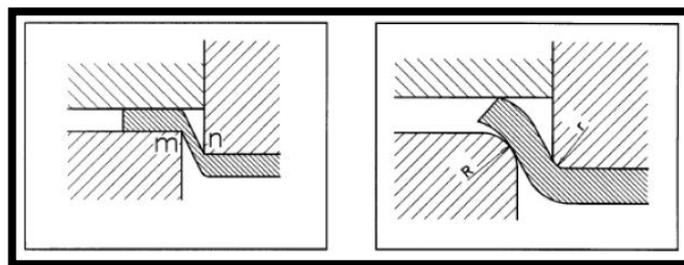


Figura 16. Radio del punzón

Fuente: [16]

Según [9], el redondeado de las aristas de embutición del punzón es recomendado entre 3 a 5 veces el espesor de la chapa.

2.2.11. Fijación del punzón a la parte móvil de la matriz. [13]

Esta va a depender de los siguientes criterios:

- De las dimensiones
- De su forma
- Del modo en que trabaje
- Del espesor de la capa a trabajar

- De la cantidad de piezas a producir

Los sistemas de sujeción para punzones pueden ser mediante espárragos, tornillos mariposa, tornillos con cabeza avellanada, tornillos laterales aplicados al punzón o mediante chavetas. Figura 17

Material de los punzones [5]

Material: acero K100

Norma: AISI D3, DIN 1.2370

Nombre comercial: BOHLER K100 (ver Anexo C)

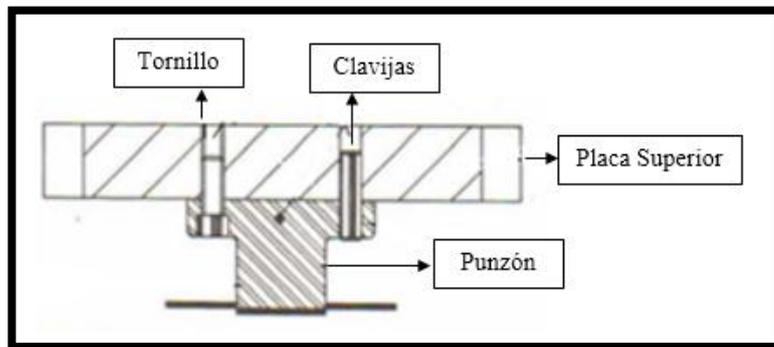


Figura 17. Fijación del punzón a la parte móvil de la matriz
Fuente: [14]

2.2.12. Columnas y bujes

Las columnas son pasadores rectificadas y bruñidos a medidas normalizadas, que se acoplan con ajuste tipo deslizante $H7 h6$ a los casquillos guías o bujes para alinear la base al porta punzones con la porta matriz, se introduce un ajuste reforzado $H7 n6$ en la base inferior. En la figura 18, se muestra el valor de la tolerancia y acabado superficial entre las columnas y los bujes son aspectos de mucha importancia ya que el correcto diseño y construcción de estos depende el buen funcionamiento de la matriz para ser guiado correctamente. [13]

Casi siempre las columnas presentan formas cilíndricas lisa, con ranuras de lubricación que retiene el líquido para un mejor deslizamiento y reducir el esfuerzo de fricción. [16], [13]

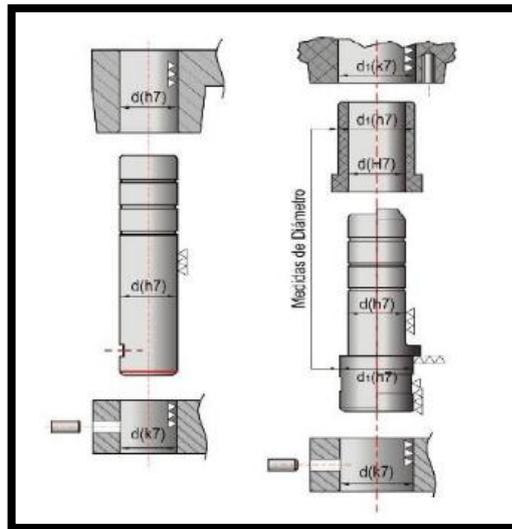


Figura 18. Tolerancias y acabados superficiales de columnas y bujes

Fuente: [7]

Material

Debido a que las columnas están expuestas a esfuerzos de fricción y deflexión por irregularidades en la trayectoria del cabezal de la prensa, desviaciones de los punzones, debido a un mal cálculo del juego de embutición se recomienda usar materiales acero al carbón como el tipo AISI- SAE 4340 es un acero bonificado al Cr, Ni, Mo, que posee alta resistencia a los procesos de tracción, torsión y flexión, posee una dureza de (240-380) HB pre templado. [16] (ver Anexo E)

2.2.13. Radio de embutición de la matriz “R”

El radio de la matriz debe ser cuidadosamente estudiado, se puede calcular mediante la tabla 2, según el espesor del material.

Tabla 2. Radio de la matriz según su espesor

Fuente [16]

Espesor del material	Radio de matriz
$e < 1\text{mm}$	$R = 5 \text{ a } 8 * e$
$e > 1 < 3\text{mm}$	$R = 4 \text{ a } 6 * e$
$e > 3 < 4\text{mm}$	$R = 2 \text{ a } 4 * e$

El valor del radio de la matriz es muy importante ya que condiciona toda la embutición. [16], [14]

- De él nacen las fuerzas que vuelven a agrupar las moléculas del metal.
- Facilita el deslizamiento y el cambio de dirección de la chapa.
- Disminuye la resistencia al rozamiento.

Un radio demasiado pequeño provoca un alargamiento desmedido y riesgos de rotura en la pieza.

Un radio demasiado grande puede originar pliegues en la chapa (porque el apretado del recorte se realiza a demasiada distancia).

El radio adecuado permite el deslizamiento normal y un alargamiento débil compensado por la compresión lateral del material. [10], [12]

2.2.14. Velocidad de embutición

Es la velocidad que tiene el soporte o carro de la prensa en el momento de entrar el punzón en contacto con la chapa del material. Las experiencias y pruebas realizadas con velocidades de embutición bajas, medias y altas, demuestran que la influencia de la velocidad de embutición de cuerpos cilíndricos es pequeña. [9], [13]

En formas difíciles, especialmente no cilíndricas, una disminución notable de la velocidad puede evitar la debilidad del material en los puntos críticos y eliminar el peligro de formación de resquebrajaduras. [9], [13]

Existe una velocidad óptima para cada metal, a fin de permitirle el tiempo necesario para pasar al estado plástico sin que se produzcan roturas o adelgazamientos superlativos en su espesor. [9]

En la tabla 3, se encuentran algunas de las velocidades de embutición más recomendables, fruto de diferentes pruebas y experiencias realizadas con piezas cilíndricas.

Tabla 3. Velocidades de embutición para diferentes materiales

Fuente [9]

Material de la chapa	Velocidad de embutición (mm/seg)
Acero Dulce	300
Acero Inoxidable	200
Aluminio	500
Latón	750
Zinc	370

Para embuticiones de sección rectangular o cuadrada se recomienda trabajar con velocidades comprendidas entre 100 a 200 mm/seg. [13]

2.2.15. Determinación del número de embuticiones

No es tarea fácil obtener el número exacto de embuticiones necesarias para conseguir el objeto deseado. Las principales dificultades surgen al tener que establecer, a cada operación, la relación exacta entre el diámetro y la profundidad del recipiente. [9]

Las piezas embutidas de gran profundidad o de forma complicada, no pueden ser obtenidas en una sola operación. Deben ser estiradas en varias operaciones y en matrices diferentes, acercándose así a la forma definitiva. [9] [13]

2.2.16. Tratamiento térmico

Es un proceso donde se utiliza el calor únicamente para modificar la estructura y constitución de una aleación, pero no su composición química. [5], [17]

El objetivo de los tratamientos térmicos es el mejorar las propiedades de los metales y aleaciones con el fin de que las piezas desempeñen su función para las cuales fueron diseñadas. [17]

Las principales variables a tomar en cuenta en la realización de un tratamiento térmico son:

- Temperatura de calentamiento o enfriamiento

- Tiempo de permanencia
- Velocidad
- Presión

Existen diferentes tipos de tratamientos térmicos, los siendo los más comunes, el temple, el revenido, y el recocido existan también tratamientos especiales como cementación, nitruración y cianuración. [5], [17]

Temple

El temple consta de 3 etapas el calentamiento, permanencia y enfriamiento rápido, la temperatura de calentamiento dependerá del porcentaje de carbono.

La fase de permanencia está dada en función del tiempo de calentamiento entre 1/4 o 1/5.

La fase de enfriamiento es la más importante de él dependerá la microestructura, si se enfría lento partiendo de austenita se tendrá ferrita, perlita, cementita y rápido se tendrá martensita. [17]

2.2.17. Disposición de la figura

El diseño de la tira influye directamente en el éxito o fracaso financiero de una empresa, para poder determinar la mejor posición del dibujo en la chapa metálica es necesario realizar ensayos de diferentes posiciones hasta encontrar la más adecuada, con el fin de economizar y disminuir los costos de producción. [7]

2.3. Operaciones de corte

Cizallado

Es un proceso mecánico originado principalmente por cizalladura, generadas por herramientas especiales destinadas a esta operación, separando una parte de la chapa metálica y obteniendo el elemento requerido. [9], [13], [14]

Como se observa en la figura 19, se tiene una primera fase en la cual el punzón ejerce presión inicial sobre la plancha así hasta completar su corte del material, generando una deformación plástica.

Continuando el proceso el punzón tiene libertad para seguir en su profundidad por medio de la matriz provocando una expansión lateral del medio plástico, sin remontar la chapa metálica. [9], [14]

Cuando el esfuerzo de compresión iguala a la resistencia al corte de la plancha se produce una rotura o fractura, separando así una parte de la pieza. [9], [13]

Las fuerzas ejercidas durante el proceso de corte generan diversas acciones y reacciones en la fibra del material. [9]

Estas acciones y reacciones se dan lugar cuando el punzón presiona a la placa las fibras del material se doblan siguiendo la dirección del punzón, como las fuerzas de acción son mayor esta vence toda reacción pasiva originando la escisión de las fibras. [9], [14]

Dichas fibras al ser sometidas a estas fuerzas quedan deformadas y comprimidas a lo largo del perfil cortado. [9], [14]

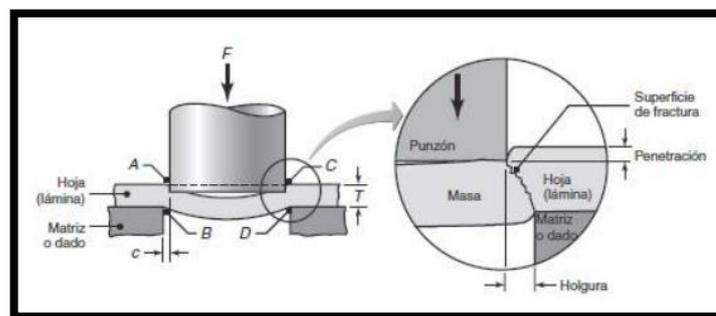


Figura 19. Proceso de cizallado
Fuente: [14]

Punzonado

Consiste en el corte total que se realiza en el interior del perímetro de una pieza, mediante punzón y matriz perfectamente afilados. [8], [9]

En la figura 20 se muestran los esfuerzos que sufre la chapa metálica antes de su fractura.

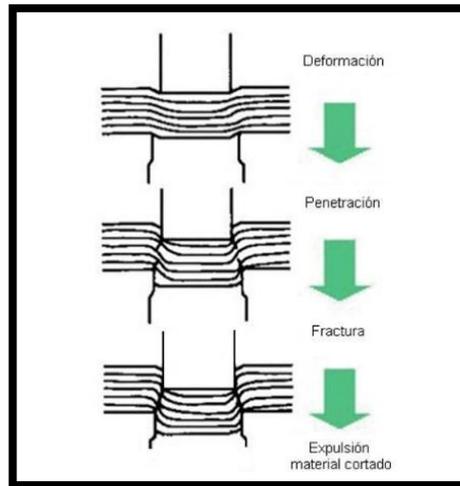


Figura 20. Proceso de corte por punzonado
Fuente: [14]

Muescado

Corte realizado en el borde de una pieza previamente matrizada mediante punzón y matriz, con objeto de conseguir una pequeña entalla, muesca o protuberancia.

Su finalidad es la de simplificar la geometría de las piezas activos de un utillaje, además ofrece variaciones del modelo o de la pieza misma. [8], [9], [14]

Recortado

Consiste en el corte del material sobrante que aparece de forma irregular después de someter a la chapa a determinados procesos de embutición o estampado. Esta operación se puede realizar también con una cizalla circular, en caso de piezas que sea de tipo revolución. [9], [13]

Recalcado

Es un proceso de punzonado en el cual no se llega a seccionar totalmente el material, originándose una huella o mancha en la cara por donde impacta el punzón. Un tetón se aprovecha para el posicionamiento de la pieza con respecto a la otra o para el soldeo por puntos entre dos chapas sin utilizar material de aportación. El recalcado también se aplica sobre el perímetro de un agujero punzonado teniendo una especie de chaflán que permite el alojamiento de la cabeza de un tornillo. [9], [13]

Corte fino

También llamado corte de precisión, es una modalidad de corte para obtener piezas de gran responsabilidad de trabajo, tal es el caso de pequeñas piezas de precisión en su cara lateral, como engranajes, levas o trinquetes. Según esta operación en la superficie no se produce desgarro ni rotura alguna al ser seccionado el material. Conservando así la geometría de su pared. La rugosidad obtenida en este caso es inferior a una micra (μm). [8], [9], [13]

2.4.Fuerza de corte o recorte de la placa matriz

Es la fuerza necesaria para vencer la resistencia molecular de la chapa metálica, cuando el punzón ejerce una presión continua sobre el área que se eliminará. [16]

Esto sucede cuando la placa matriz de recorte entra en contacto con el punzón de recorte produciendo una compresión y llegando al corte, en su descenso la placa matriz presiona con su cabeza una porción de chapa y logra su separación del resto de la chapa esto se logra debido a la acción de los filos. [9], [16]

Según [9], para determinar la fuerza de corte necesaria se utiliza la ecuación (17).

$$F_c = \alpha t * P * e \quad (17)$$

Dónde:

F_c : Fuerza cortante total necesaria (kg)

αt : Carga de rotura total del material (Kgf/mm^2)

P : Perímetro de corte en mm

e : Espesor de la chapa a corta en mm

2.5.Fuerza de extracción

Es la fuerza necesaria para separar el recorte de la pieza que queda sujeta en el punzón. [14]. El casquillo bipolar debe ser recortado mediante la matriz de recorte y además tiene dos agujeros que deben ser perforados al momento que se produce el retroceso estos arrastran a la tira quedando sujeta al punzón o la matriz de recorte.

Para evitar este efecto del material es necesario utilizar soportes que separen el material como por ejemplo un botador, que impide que la pieza quede sujeta al punzón y no sea arrastrada en su camino de regreso.

Esta fuerza es más resistente, compacta cuanto mayor es la sección de cizalla. La fuerza de extracción se da en función de la dimensión del material sobrante y en tanto por ciento relativo a la fuerza de corte. [13],[14]

Existen varios casos para el calculo de la fuerza de extracción, pero mediante ensayos se ha logrado determinar una aproximación del 10% de la fuerza de corte con lo que se evita la deformación del material por evitar dicha acción. [14]

2.6.Resistencias eléctricas industriales

Son componentes que transforman la energía eléctrica en calor, básicamente su función consiste en calentar el núcleo de forma uniforme hasta la temperatura indicada mediante pirómetros, es parte vital de muchas industrias que utilizan energía calorífica. [18], [19]

El calentamiento de piezas por resistencias eléctricas puede ser directo o indirecto,

- Cuando la corriente eléctrica pasa por las piezas, o
- Cuando las piezas se calientan por radiación, convección o una combinación de ambas.

2.6.1. Resistencia tipo banda o abrazadera

Son diseñadas para aplicaciones que requieren altas temperaturas de operación, se usan en superficies cilíndricas como: extrusoras de plástico, máquinas de inyección y

de moldeo por soplado, tanques de almacenamiento, equipos de procesamiento de pulpa. [18], [19]

Construidas con coraza de hojalata, bronce o acero inoxidable. Presentan varias clases de terminales y clavijas. Son de tipo mica y cerámica. [18]

Tipo mica son soluciones eficientes y económicas alcanzan temperaturas (hasta 482°C), se utilizan diferentes tipos de mica, el espesor es cuidadosamente seleccionado para tener un balance entre características dieléctricas apropiadas y facilitar la transferencia de energía desde el núcleo hacia el proceso. [18], [19]

Tipo cerámica diseñados para alcanzar altas temperaturas (hasta 650°C), tienen un consumo de energía de un 20% menor que las resistencias banda no aislada, se realiza transferencia de calor por conducción y radiación por lo que el espesor en sus barrenos es menos crítico. [19]

En la figura 21 se observa las partes que constituyen una resistencia eléctrica industrial tipo cerámica.

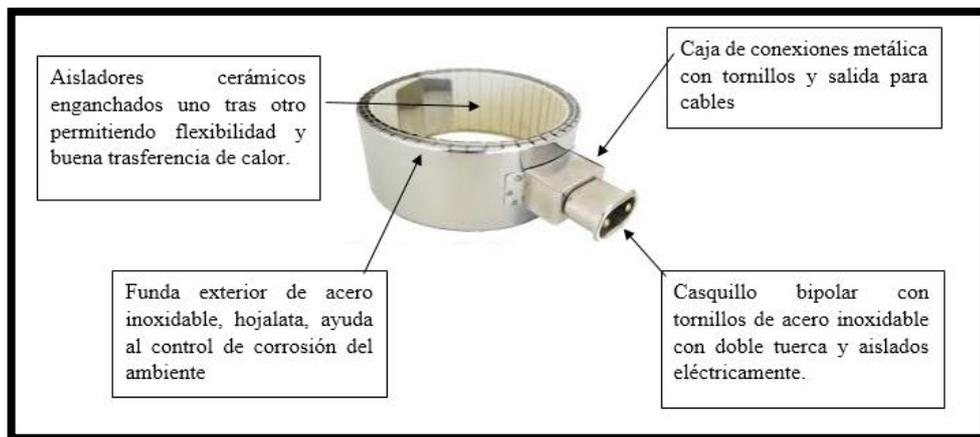


Figura 21. Resistencia eléctrica industrial tipo banda o abrazadera
Fuente: [18]

2.6.2. Casquillo bipolar

Pieza de aspecto rectangular-cilíndrico, embutido, perforado y cortada por medio de matrices, generalmente presenta dos orificios en su interior por el cual se insertan los

tornillos que conducen la corriente eléctrica hacia la resistencia, de espesor muy pequeño respecto al diámetro y a la longitud. [18], [20]

Existen varias clases de terminales o clavijas, las que diferencia a la resistencia por su tipo de salida como:

- Salida tornillos en cada extremo
- Salida tipo capuchón en cada extremo
- Salida terminal pala macho niquelado en cada extremo
- Salida con chicotes en forma radial
- Salida tornillos en un solo lado
- Salida con chicotes un solo lado
- Salida tipo capuchón en un solo lado
- Salida tipo casquillo bipolar. [19], [20]

En la figura 22 se observa una resistencia eléctrica industrial tipo mica con salida de casquillo bipolar.



Figura 22. Resistencia eléctrica tipo de salida casquillo bipolar
Fuente: [18]

CAPÍTULO III.

DISEÑO DEL PROYECTO

3.1. Selección de alternativas

El material de conformado del casquillo bipolar fue acero laminado en frío de embutición, ideal para piezas de alta profundidad y con un espesor de 0,9mm.

Este material se usa comúnmente para conformado en frío, estampado o doblado, además dado que la profundidad a alcanzar es alta se requiere de un material diferente a la calidad comercial con más del 41% de elongación, basándonos en la norma jis G 3141, al tratarse de una embutición plástica, es decir, una deformación permanente conviene emplear materiales con un límite elástico bajo, de manera que, al aplicar un esfuerzo relativamente pequeño, se logre superar ese límite.

Asimismo, estos materiales tienen que ser dúctiles, maleables, elevada plasticidad o deformidad, al final se reduce en que éstos tengan una capacidad de estirado sin llegar a romperse.

3.1.1. Tipo de matriz

Criterios a considerar para la elección del tipo de matriz [9]

- Las propiedades mecánicas del material a transformar, debido a que cada material se comporta diferente ante esfuerzos aplicados.

Las propiedades mecánicas del material tienen mucho que ver con la selección del tipo de matriz, al emplear un determinado material de chapa se puede realizar una determinada operación, con el empleo de otro material inferior y menos dúctil que el primero no se puede realizar ni la primera fase siendo la misma matriz del proceso, evidenciándose que el material y su calidad tienen una gran influencia sobre el número de operaciones o fases.

- La geometría de la pieza a fabricar. En la figura 23 se muestra la geometría del casquillo bipolar.

La geometría de la pieza interviene en el cálculo del desarrollo o plantilla, si la geometría es regular de líneas rectas o con sección circular, el diseño de la matriz

para la ubicación del desarrollo resultaría más fácil. Pero si es de diferente forma o bien irregular no siempre se puede seguir un diseño por lo que, es necesario valerse de pruebas de embutido para identificar la disposición del desarrollo.

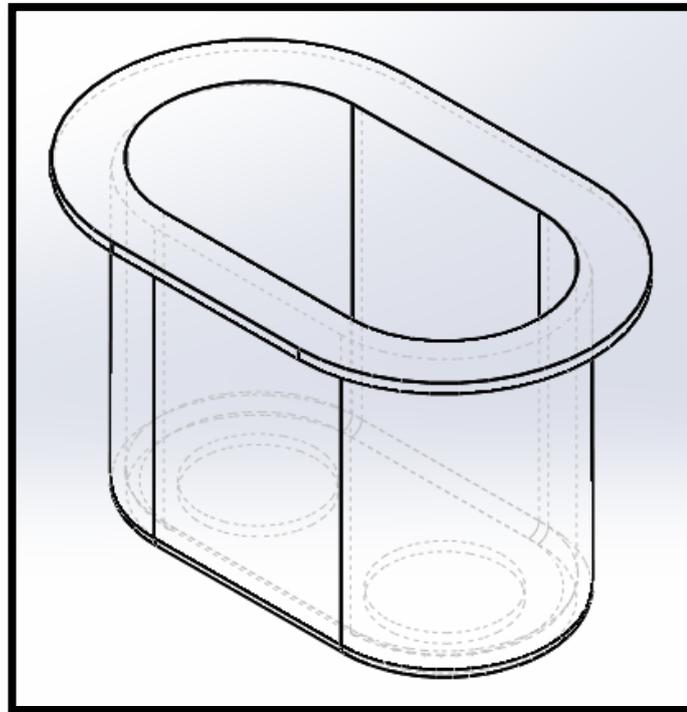


Figura 23. Geometría del casquillo bipolar

Fuente: Autor

- Tipo de prensa y sus características funcionales
- La producción de piezas, siendo grandes o bajas cantidades.
- Costo total en la construcción de la matriz.

La empresa Redanse no es comerciante de los casquillos bipolares para producir en grandes series, básicamente la producción depende del número de resistencias eléctricas industriales que se realicen para acoplar el casquillo y así dar un valor agregado.

Mediante el método ordinal de criterios ponderados tenemos:

1: El criterio de las filas es superior o mejor que las columnas

0,5: El criterio de las filas es equivalente al de las columnas

0: El criterio de las filas es inferior al de las columnas

En la tabla 4, Se indican las alternativas del tipo de matriz, en las tablas desde la 5 hasta la 10 se presenta la evaluación de cada una de las soluciones con respecto a los criterios. Y finalmente en la tabla 11 se expone la evaluación total

Tabla 4. Alternativas

Fuente: Autor

Alternativa 1	Matrices Combinadas
Alternativa 2	Matriz Progresiva

Tabla 5. Alternativas del tipo de matriz

Fuente: Autor

CRITERIO	Propiedades Mecánicas	Geometría	Prensa	Producción	Costo	$\Sigma+1$	Ponderación	
Propiedades Mecánicas		0,5	0	0,5	0	2	0,13	
Geometría	0,5		0	0,5	0	2	0,13	
Prensa	1	1		0,5	0,5	4	0,27	
Producción	0,5	0,5	0,5		0	2,5	0,17	
Costo	1	1	0,5	1		4,5	0,30	
						Total	15	1

Tabla 6. Criterios de Propiedades Mecánicas

Fuente: Autor

Propiedades Mecánicas	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación	
Alternativa 1		0,5	1,5	0,50	
Alternativa 2	0,5		1,5	0,50	
			Total	3	1

Tabla 7. Criterios de Geometría**Fuente: Autor**

Geometría	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	2	0,67
Alternativa 2	0		1	0,33
		Total	3	1

Tabla 8. Criterios de Prensa**Fuente: Autor**

Prensa	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	2	0,67
Alternativa 2	0		1	0,33
		Total	3	1

Tabla 9. Criterios de Producción**Fuente: Autor**

Producción	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0	1	0,33
Alternativa 2	1		2	0,67
		Total	3	1

Tabla 10. Criterios de Costos**Fuente: Autor**

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	2	0,67
Alternativa 2	0		1	0,33
		Total	3	1

Tabla 11. Evaluación total
Fuente: Autor

Criterio	Propiedades Mecánicas	Geometría	Prensa	Producción	Costo	Σ	Prioridad
ALTERNATIVA 1	0,07	0,09	0,18	0,06	0,20	0,59	1
ALTERNATIVA 2	0,07	0,04	0,09	0,11	0,10	0,41	2

Valorando los factores explicados anteriormente y tomando en cuenta aspectos relacionados con el proceso productivo, actividad económica y maquinaria disponible en la empresa, no es recomendable realizar una matriz progresiva ya que dichas matrices tienen un coste elevado, mayor complejidad de diseño y por lo general son utilizadas para grandes series por lo que existe un mecanismo de alimentación del fleje continuo.

Por lo tanto, la mejor alternativa es la elección de dos matrices combinadas, la primera que ejecute la embutición y posteriormente una segunda matriz el perforado y recorte para dar lugar al casquillo bipolar, ya que esta alternativa representa una menor inversión, posibilidad de reutilización de las matrices y economía del material por el poco desperdicio.

3.1.2. Material para la construcción de las matrices

Criterios sobre la elección del acero

Una de las tareas más importantes es la elección del tipo de acero adecuado para cumplir una determinada función en un proceso de conformado. La elección del material se realiza bajo los siguientes factores:

- Según el tipo de matriz, si es para cortar, doblar, embutir, etc.

- Según la temperatura a la que trabajará la matriz, si es en frío o en caliente
- Según el tipo de material que debe trabajar la matriz.

El problema reside principalmente en los punzones y la matriz debido a que estos están en contacto directo con la chapa.

Los aceros para herramientas para trabajos en frío (cold work tool steels) tabla 12, incluyen tres clases de aceros: AISI tipos O, A y D. Todos contienen alto carbono para obtener alta dureza y alta resistencia al desgaste en aplicaciones de trabajo en frío. La diferencia entre ellos es el contenido de aleantes que afecta la templabilidad y la distribución de carburos incorporados en la microestructura endurecidas. [16]

Los grados O, de bajo contenido de aleantes se templan en aceite, los grados A y D poseen altos contenidos de aleantes y son endurecibles al aire siendo menos susceptibles a distorsiones y fisuraciones durante el endurecimiento. El alto contenido de cromo y molibdeno en los aceros tipo A y D también generan un alto contenido de carburos y alta resistencia al desgaste. [16]

Tabla 12. Aceros para herramientas tipo D, A y O
Fuente [16]

Tipo general	Símbolo del tipo	Elementos de aleación	Núm. UNS	Usos típicos
Trabajo en frío	D	Alto carbono, alto cromo	T30402	Matrices de estampado, punzones y calibradores (D3, D5 y D7)
	A	Medio carbono temple al aire	T30102	Matrices para colado a presión, dados de terraja (A3-A10)
	O	Temple en aceite	T31501	Machuelos, brocas, calibradores, bujes. (O2, O6 y O7)

Mediante la investigación se concretó que el material AISI-SAE D3 perteneciente a la familia tipo D será el seleccionado principalmente por su facilidad comercial y

económica. Además, este acero es para trabajo en frío muy utilizado en punzones de corte y embutido. Los otros elementos que conforma la matriz requieren de materiales corrientes de construcción.

Tabla 13. Propiedades químicas, físicas y mecánicas del acero AISI-SAE D3
Fuente [16]

Acero AISI-SAE D3				
BOHLER K100				
Composición Química				
Carbono [C]			2,0-2,36 %	
Manganeso [Mn]			0,25-0,44	
Azufre [S]			0,04 máx.	
Cromo [Cr]			0,04 máx.	
Vanadio [V]			11,3-13,0	
Tungsteno [W]			1,0 máx.	
			1,0 máx.	
Tratamiento térmico				
Tratamiento	Temperatura °C	Enfriamiento	Dureza	
			HRc	HBN
Recocido	860-900	Horno	-	255 máx.
Temple	925-980	Aire/ Sales	66 máx.	-
Revenido	200-540	-	56-62	-
Características			Aplicaciones	
Elevada resistencia al desgaste Resistencia a la compresión Elevada templabilidad Elevada estabilidad dimensional			Matricería Herramientas de corte Herramientas de perforado Fresas, brocas, buriles Rodillos de conformado	
Propiedades Mecánicas				
Módulo de elasticidad			(190-210) GPa	
Módulo de Poisson			(0,27-0,3)	
Resistencia a la tracción			(650-880) MPa	
Elongación			(8-25) %	

Resistencia a la fatiga	275 MPa
Limite elástico	(350-650) MPa

Diseño de la matriz de embutición

El primer paso es determinar las dimensiones del casquillo bipolar como se indican en la figura 24, siendo “a” el largo, “b” el ancho y “h1” la altura, los radios son de 1 mm externo e interno, además posee una pestaña o collar de 5 mm la cual se la realizó en la segunda estampa o matriz al igual que sus dos agujeros de 11 mm de diámetro.

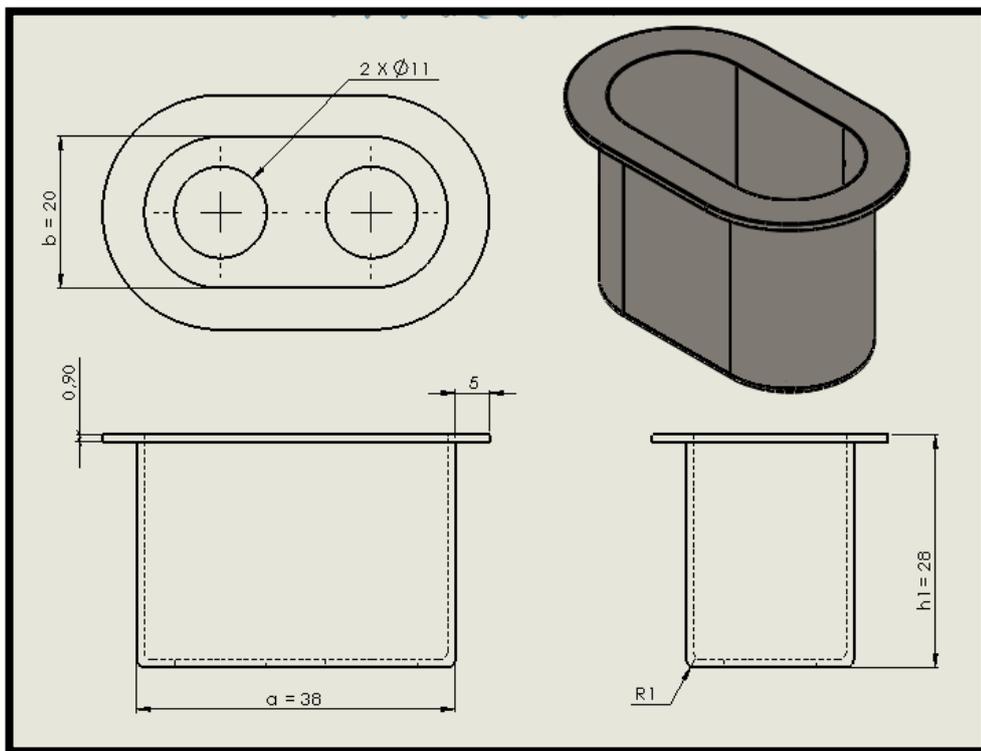


Figura 24. Dimensiones del casquillo bipolar

Fuente: Autor

Se procede a encontrar los lados a_1 y b_1 correspondientes a los lados longitudinales de la caja menos los radios de los cantos, lo mismo para la altura, mediante las ecuaciones (1), (2) y (3). [9]

$$a_1 = a - 2r \quad (1)$$

$$b_1 = b - 2r \quad (2)$$

$$h = h_1 - 2r \quad (3)$$

$$a1 = 38 - 2 * 1$$

$$b1 = 20 - 2 * 1$$

$$h = 28 - 2 * 1$$

$$a1 = 36mm$$

$$b1 = 18mm$$

$$h = 26mm$$

Y se traza el rectángulo máximo que contiene el perfil desarrollado (a2 y b2) por medio de las ecuaciones (4) y (5), esto se verificó en el programa de chapa metálica, en el cual se dibujó el casquillo bipolar y se lo desplegó teniendo un rectángulo con las medidas de la figura 25, que casi no varían con las encontradas matemáticamente.

$$a2 = a1 + \pi r + 2h \quad (4)$$

$$b2 = b1 + \pi r + 2h \quad (5)$$

$$a2 = 36 + \pi * 1 + (2 * 26)$$

$$b2 = 18 + \pi * 1 + (2 * 26)$$

$$a2 = 91,14mm$$

$$b2 = 73,14mm$$

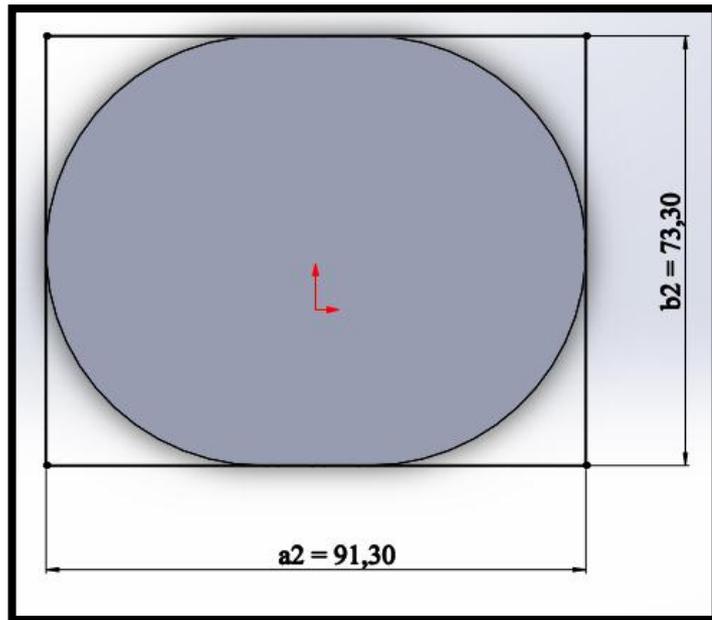


Figura 25. Dimensiones del rectángulo

Fuente: Autor

Finalmente, para obtener los cortes en los extremos según [9], se procede a encontrar “s” que es la longitud de cada esquina y viene dado por la formula (6).

$$s = 0,707 uv \quad (6)$$

Dónde:

uv : Es la hipotenusa del triángulo rectángulo formado en cada esquina, la cual viene dado por la fórmula (7):

$$uv = \sqrt{A} \quad (7)$$

Siendo

\sqrt{A} : Diferencia entre el rectángulo total ($A_r = a^2 \times b^2$) y la superficie de la caja ($A_s = \text{área del círculo} + \text{área del rectángulo}$).

Y se procede a desarrollar los cálculos.

Superficie total de la caja

$$A_s = \text{Área del círculo} + \text{Área del rectángulo}$$

$$A_s = \pi r^2 + b * h$$

$$A_s = \pi * 37,26^2 + 18 * 14,51$$

$$A_s = 5702,67 \text{ mm}^2$$

Área total del rectángulo

$$A_r = a^2 b^2$$

$$A_r = 91,14 * 73,14$$

$$A_r = 6665,98 \text{ mm}^2$$

Diferencia entre las dos áreas

$$A = A_r - A_s$$

$$A = 6665,98 - 5702,67$$

$$A = 963,31 \text{ mm}^2$$

$$uv = \sqrt{A}$$

$$uv = 31,03 \text{ mm}$$

$$s = 0,707 uv$$

$$s = 0,707(31,03)$$

$$s = 21,94 \text{ mm}$$

En la figura 26, se muestra la longitud de cada esquina “s”, y uniendo los puntos se forma el triángulo rectángulo con su hipotenusa “uv”.

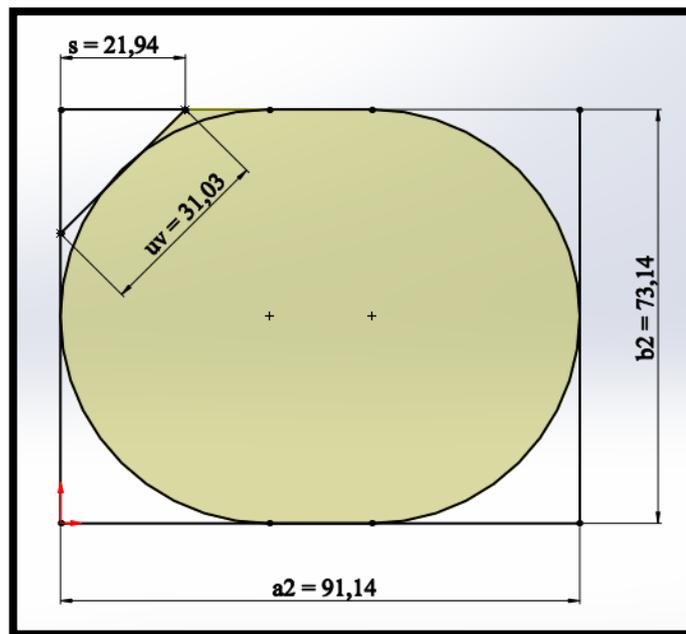


Figura 26. Procedimiento para determinar el desarrollo
Fuente: Autor

Finalmente, en la figura 27 se tiene la plantilla final para formar el casquillo bipolar que será introducido en la matriz de embutido.

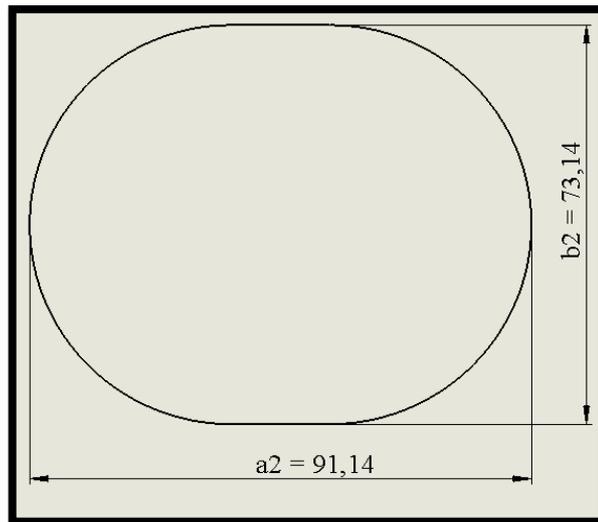


Figura 27. Desarrollo para producir el casquillo bipolar
Fuente: Autor

3.1.3. Elementos que constituyen la matriz de embutición

En la figura 28, se identifican todos los elementos que conforman la matriz de embutición, y a continuación se indica los parámetros para el diseño de cada uno de ellos.

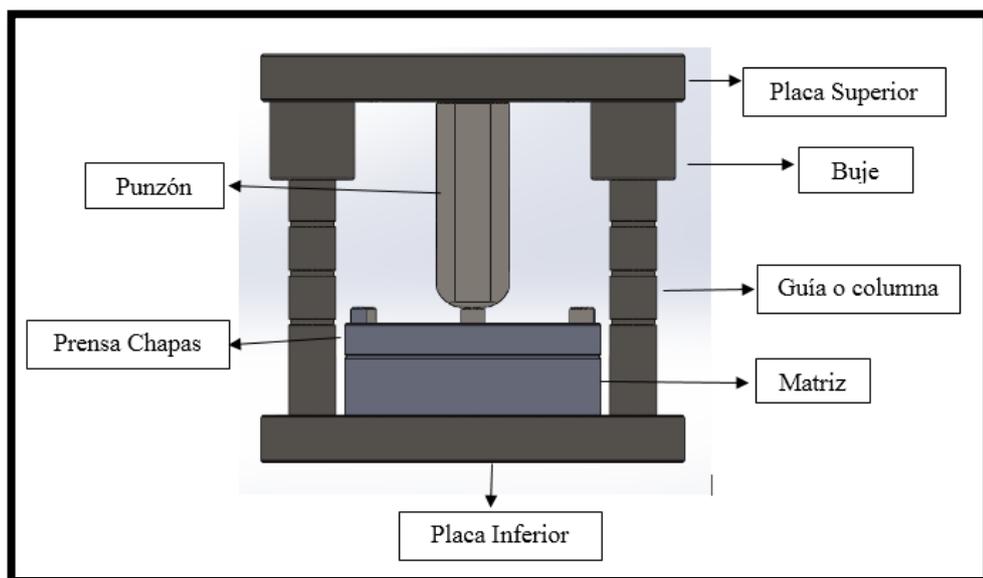


Figura 28. Elementos de la matriz de embutición
Fuente: Autor

Dimensiones

Las dimensiones de estos elementos dependen de la longitud de la matriz y el punzón según el autor [16], los espesores para placas superiores oscilan entre (20-60) mm, y para las placas inferiores se construirá un poco más robustas para compensar el efecto debilitador de las aberturas destinadas al juego de embutición, el cual se recomienda entre (20-80) mm.

El espesor ($e_{\text{placa superior}}$), que debe tener la placa es 25% de la longitud del punzón ($l_{\text{punzón}}$), y se calcula con la ecuación (8):

$$e_{\text{placa superior}} = 0,25 * l_{\text{punzón}} \quad (8)$$

$$e_{\text{placa superior}} = 0,25 * 100\text{mm}$$

$$e_{\text{placa superior}} = 25 \text{ mm}$$

Para el dimensionamiento de largo y ancho es necesario tener en cuenta que esta debe cubrir el alojamiento del punzón de embutición, con una sobredimensión de 15 a 20 mm por cada lado de la placa y, además, debe ser como mínimo de 1,25 a 1,5 veces más ancha que alta para conseguir una mayor estabilidad.

3.1.4. Punzón de embutición

Diseño

El diseño del punzón tuvo varias dificultades, primeramente, la pieza a embutir no tiene una geometría común y la profundidad de embutido es alta, además las paredes del casquillo bipolar son perpendiculares a la tapa perforada lo que dificulta su embutición.

Sin embargo, mediante pruebas se logró un diseño poco común, teniendo dos diferentes radios en el mismo punzón.

La longitud total de los punzones no debe ser mayor de 75 mm a 100 mm, pero si es necesario que sean excesivamente largos, se deben escalonar

En la figura 29 se puede identificar dos punzones uno de embutición y otro de forma, el primero tiene dos radios uno de 5 mm para las paredes rectas y de 14 mm para las caras redondeadas del casquillo bipolar, este tipo de geometría del punzón

ayudó a que el material fluya hasta la profundidad requerida formando una especie de chapa abombada, evitando así la rotura del material. Para después mediante otro punzón dar la forma definitiva de la pieza mediante un golpeo final, el segundo punzón tiene la geometría exacta del casquillo con un radio de 1 mm.

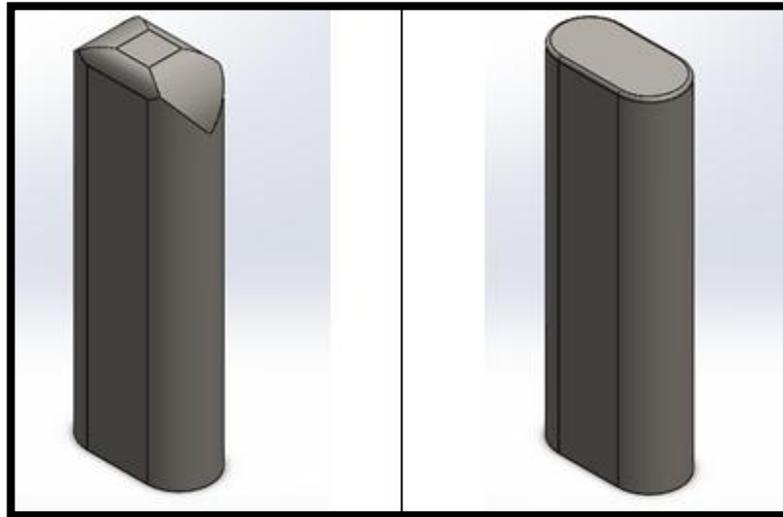


Figura 29. Punzón de embutición y punzón de forma
Fuente: Autor

Fijación del punzón

En el presente proyecto la fijación se realiza en la placa superior mediante un perno Allen 1/4 x 1 pulgada y dos clavijas fijas para que el punzón no se descuadre, este perno se ubicara en el centro del punzón.

Esfuerzo de embutición

Este valor se expresa para embuticiones no geométricas según [13] y viene dado por la ecuación (9).

$$Ee = 1,6(a1 + b1 + 2r) K * e \quad (9)$$

Dónde:

$a1 - b1$: Distancia entre los centros de los radios

e : Espesor de la chapa

K : resistencia a la tracción de la chapa, la cual se observa en la tabla 14.

Tabla 14. Resistencia a la tracción para cada material
Fuente [13]

Material	Resistencia a la tracción (K)
Acero laminado en frío	40 Kg/mm ²
Acero inoxidable	70 Kg/mm ²
Cobre	30 Kg/mm ²
Aluminio	17 Kg/mm ²
Duraluminio	45 Kg/mm ²

$$Ee = 1,6(38 + 18 + 2) * 40 * 0,9$$

$$Ee = 3340,8 \text{ kg}$$

$$Ee = 3 \text{ Tn}$$

3.1.5. Prensa chapas o pisa chapas

Este sistema hace las veces de pisador teniendo en cuenta su importancia en estampas de embutición. Generalmente el pisador se fija a la base de la placa matriz como se muestra en la figura 30, por medio de bulones que están alojados en el pisa chapas y conectan hacia la placa matriz.

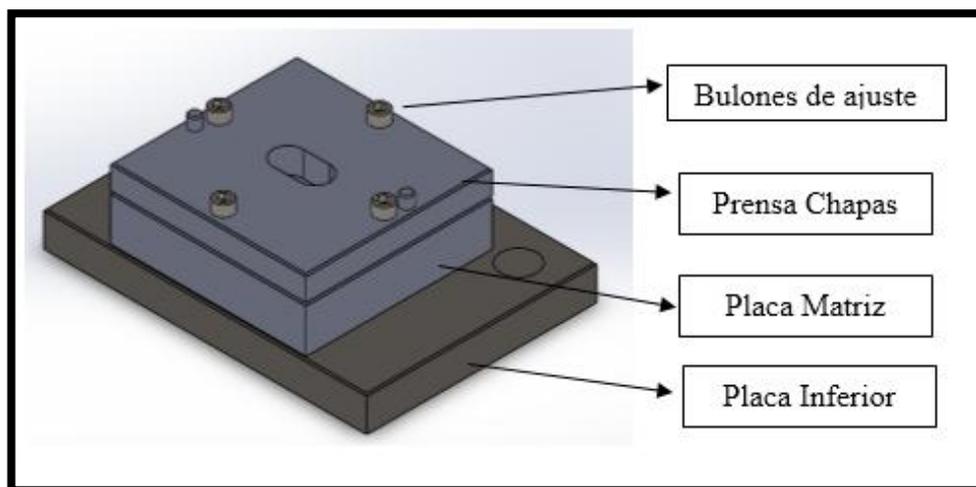


Figura 30. Prensa chapas o pisa chapas
Fuente: Autor

Esfuerzo del sujetador o pisa chapas

Este parámetro es muy necesario durante el proceso de embutición, debido a que si existe un esfuerzo excesivo provoca el alargamiento y la rotura de la pieza a la altura del radio de embutición de la matriz, en cambio si el esfuerzo del sujetador es débil, se forma pliegues en la superficie de la corona.

Viene dado por la fórmula (10):

$$Es = C \left[(\beta - 1)^2 + 0,5 \frac{dm}{100 e} \right] k \quad (10)$$

Dónde:

C : Coeficiente que tiene el valor de 0,2-0,3

β : Relación de embutición (D/d) (Anexo D)

dm : Diámetro equivalente de la matriz

e : Espesor de la chapa

k : Resistencia a la tracción de la chapa

$$Es = 0,2 \left[(2,4 - 1)^2 + 0,5 \frac{38}{100 * 0,9} \right] * 40$$

$$Es = 47,76 \text{ kg}$$

3.1.6. Trabajo de embutición

Según el autor [16], es la sumatoria de todos los esfuerzos existente en la estampa o matriz y se calcula con la ecuación (11).

$$T = 0,7(Ee + Es)h \quad (11)$$

$$T = 0,7(3340,8 + 47,76) * 26$$

$$T = 61671,7 \text{ kg} = 62 \text{ Tn}$$

Posicionamiento columnas

Existen varias posiciones en las que las columnas pueden ser ubicadas todo esto va a depender de tipo de matriz y el tamaño del desarrollo, para el presente estudio las columnas serán ubicadas de manera simétrica respecto a los ejes longitudinales y transversales del armazón tal como se muestra en la figura 31, esta ubicación es la más adecuada debido a que la tira puede alimentarse de cualquier dirección, dando una mayor estabilidad y precisión.

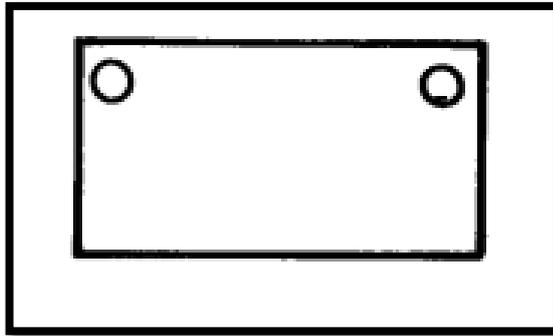


Figura 31. Ubicación de columnas en la parte posterior
Fuente: [16]

3.1.7. Matriz de embutido

El material a usarse para la matriz es un AISI SAE D3 (K100), el cual será sometido a un temple para obtener buenas características como resistencia al desgaste, alta dureza y tenacidad.

El primer aspecto es el juego de embutición que debe existir entre el punzón y la matriz, si el juego se hace mayor el esfuerzo necesario para la embutición disminuye, pero si el aumento es excesivo este provoca una serie de inconvenientes como la desviación del punzón, descuadre de la matriz en general, pliegues y arrugas en las superficies laterales.

3.1.7.1. Juego de embutición.

Teóricamente el juego es igual al espesor de la chapa, pero debe tenerse en cuenta las tolerancias de estas para su fabricación en la figura 32, se tiene el juego de embutición para las partes rectas.

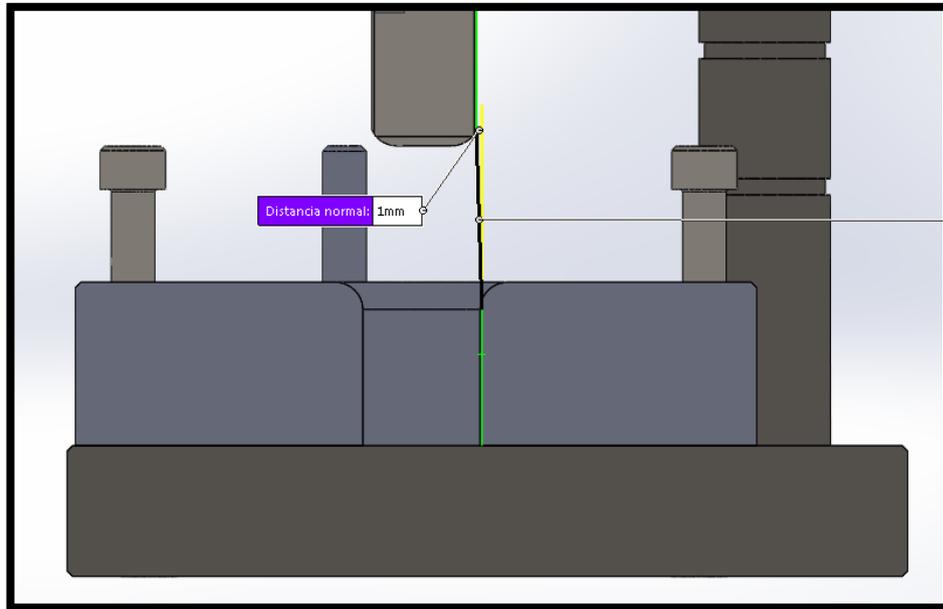


Figura 32. Juego de embutición paredes rectas
Fuente: Autor

Que viene expresada por la fórmula (12):

$$J = 1,11 e \text{ (partes rectas)} \quad (12)$$

$$J = 1,11 * 0,9$$

$$J = 0,999 \text{ mm}$$

En la figura 33, se puede identificar el juego de embutición y aplicando la fórmula (13), para las partes curvas se tiene:

$$J = 1,65 e \text{ (partes curvas)} \quad (13)$$

$$J = 1,65 * 0,9$$

$$J = 1,48 \text{ mm}$$

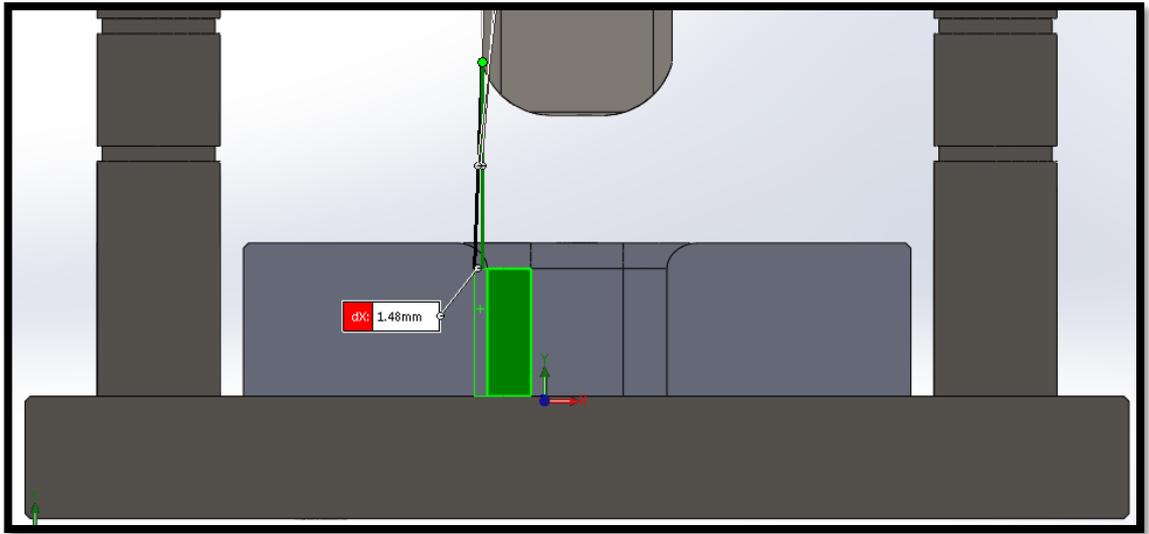


Figura 33. Juego de embutición paredes curvas
Fuente: Autor

También se puede determinar su juego total de embutición mediante el ábaco de Hoening figura 34.

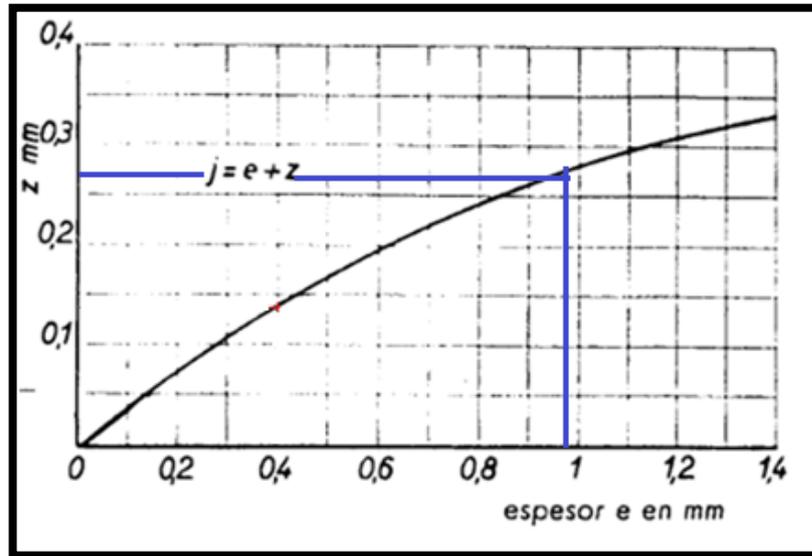


Figura 34. Abaco de Hoening
Fuente: [13]

$$j = e + z$$

$$j = 0,9 + 0,27$$

$$j = 1,17 \text{ mm}$$

Radio de embutición de la matriz “R”

En este caso la placa metálica tiene un espesor menor de 1mm, por lo que el radio de la matriz se lo indica en la figura 35, partiendo de la fórmula (14).

$$R = 5 * e \quad (14)$$

$$R = 5 * 0,9$$

$$R = 4,5mm = 5mm$$

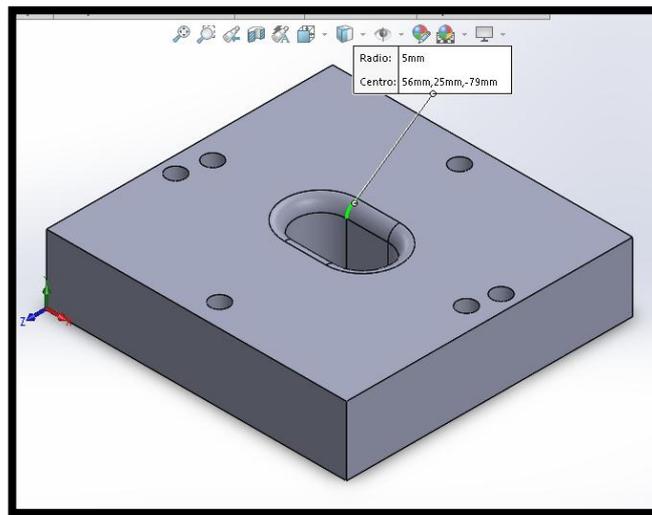


Figura 35. Radio de la Matriz
Fuente: Autor

Espesor de la matriz

Según [16], estableció que para determinar el espesor de la placa matriz se debe emplear la ecuación (15):

$$em = \frac{2}{7} * l \quad (15)$$

em:Espesor de la placa matriz

l: Longitud del punzón

$$em = \frac{2}{7} * 100$$

$$em = 28,57 mm$$

Por lo que la placa matriz tendrá un espesor de 30mm

3.1.8. Velocidad de embutición

Para la embutición de piezas no cilíndricas, son preferibles las pequeñas velocidades, pues con ellas se disminuye el riesgo de adelgazamiento del material. En cualquier caso, siempre es más aconsejable la utilización de prensas con variador de velocidad o bien prensas hidráulicas que son las más adecuadas para trabajos de embutición con un alto grado de dificultad.

Cuando se debe embutir piezas no cilíndricas de forma compleja la velocidad de embutición es calculada de acuerdo a lo expresado por Ruhrmann con la ecuación (16).

Se puede determinar la velocidad con la fórmula:

$$V = 33,3 \left(1 + \frac{d}{D} \sqrt{D - d} \right) \quad (16)$$

Dónde:

D : Diámetro equivalente del desarrollo la cual se muestra en la figura 36.

d : Diámetro equivalente del casquillo bipolar

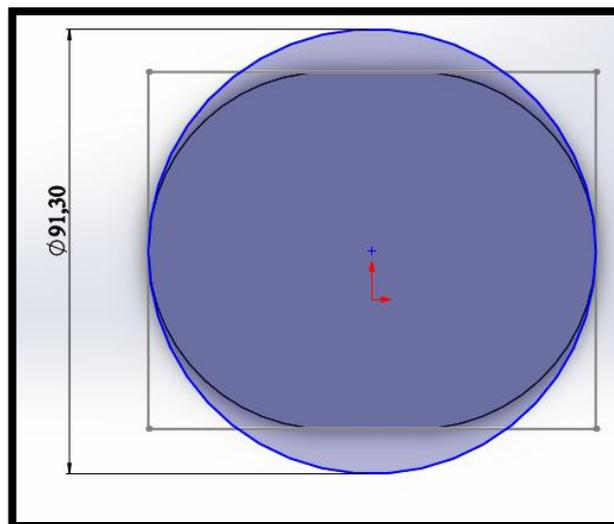


Figura 36. Diámetro Equivalente
Fuente: Autor

$$V = 33,3 \left(1 + \frac{38}{91,30} \sqrt{91,30 - 38} \right)$$

$$V = 134 \text{ mm/s}$$

3.1.9. Determinación del número de embuticiones

En este caso de estudio figura 37, debido a que la profundidad de embutición es alta se realizó dos operaciones, la primera operación estirar el material hasta llegar a la deformación permanente sin sobrepasar la fractura del material, y la segunda operación dar la forma general de la pieza.

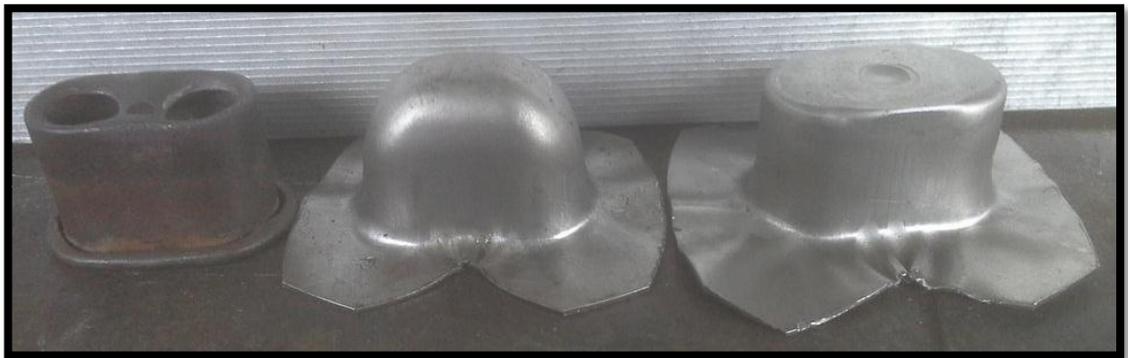


Figura 37. Número de embuticiones
Fuente: Autor

3.1.10. Tratamiento térmico

Para el presente proyecto se utilizó un temple para los dos punzones y la matriz ya que estos elementos son los principales que interactúan con el fleje o lámina con el fin de aumentar su dureza, la resistencia al desgaste y resistencia a la tracción del acero.

Diseño del tratamiento térmico

El tratamiento térmico que se realizó fue un temple en el acero k100, que tiene entre 2-2,3 % de carbono.

- Se calentó el acero a la temperatura Curie (770°C), es decir que el acero no sea magnético, para evitar algún tratamiento térmico anterior como revenido o recocido, y se enfrió en aceite vegetal a una temperatura de 35-40°C

- El calentamiento en el horno dependió de la geometría del elemento y su espesor, pero generalmente son 3 minutos por 1mm, el calentamiento fue progresivo hasta alcanzar la temperatura final de 950°C.
- La permanecía del calentamiento es 1/5 del tiempo de calentamiento

Tabla 15. Tratamiento térmico
Fuente: Autor

Elemento	Tiempo Calentamiento	Tiempo Permanencia
Punzón de embutición	57min	11 min
Prensa chapas	51min	10min
Matriz	87min	17min
Punzón de forma	57min	10min

- El aceite fue el medio de enfriamiento a una velocidad lenta para tener el grano más fino y compacto ganando así tenacidad, con el temple también se aumenta la dureza, pero para aliviar las tensiones del temple se hizo un revenido a 350°C y su enfriamiento fue al aire libre.

3.1.11. Lubricación de la chapa metálica

Para evitar la resistencia opuesta al deslizamiento de la chapa y esta provoque una rotura habrá que lubricar la chapa, esta lubricación disminuirá el esfuerzo de embutición y el desgaste rápido de la herramienta, en la tabla 16 se aprecia los lubricantes para cada material.

Tabla 16. Lubricantes de acuerdo al material de embutición
Fuente [9]

Material	Lubricante
Aluminio	Aceite soluble diluido al 1/10. Una mezcla de aceite de colza y de grasa animal (30%) o de aceite de colza y lanolina

Latón	Petróleo y grafito en polvo o aceite de nabo + agua jabonosa
Acero	Una mezcla de 25% de grafito en escamas + 25% de grasa de buey + 50% de aceite de manteca
Cobre	Petróleo y grafito en polvo o aceite de nabo + agua jabonosa
Acero Inoxidable	Agua grafitada

3.1.12. Disposición de la figura en la chapa

Las dimensiones estándar de las planchas laminadas en frío para embutición son:

- 1220mm x 2440mm, con espesor desde (0,4mm hasta 1,90 mm)

La plantilla de dibujo tiene las siguientes medidas un rectángulo de 91,14mm de largo y 73,14 de ancho.

Ya con los 5mm que corresponden a la pestaña de la pieza. Teniendo así un rectángulo de 9cm x 7cm total, la disposición de la plantilla puede ser de la forma (A), a lo ancho o (B) a lo largo, Figura 38.

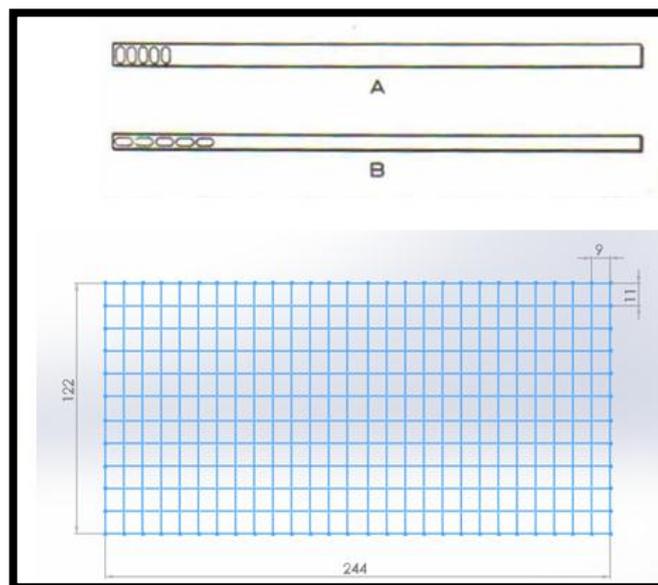


Figura 38. Disposición de la plancha

Fuente: Autor

La mejor configuración se tiene tipo (A) a lo ancho, ya que mediante esta configuración se podrá fabricar 297 casquillos bipolares con un desperdicio alrededor de 1cm en ambos lados de la plancha total.

En cambio, en la configuración tipo (B) se fabricará 286 casquillos bipolares con un desperdicio de 5 cm de un lado vertical y 2 cm del lado horizontal.

3.2.Parámetros de diseño para la matriz de recorte y perforado

3.2.1. Elementos que constituyen la matriz de recorte y perforado

Al igual que la matriz de embutición las partes constitutivas para la matriz de recorte y perforado serán las mismas de acuerdo a los parámetros explicados anteriormente, para esta sección del proyecto se contemplan solo las partes que interactúan con la lámina embutida y formada es decir los elementos que darán el recorte y el perforado. En la figura 39, se observa todos los elementos de que forman la segunda matriz.

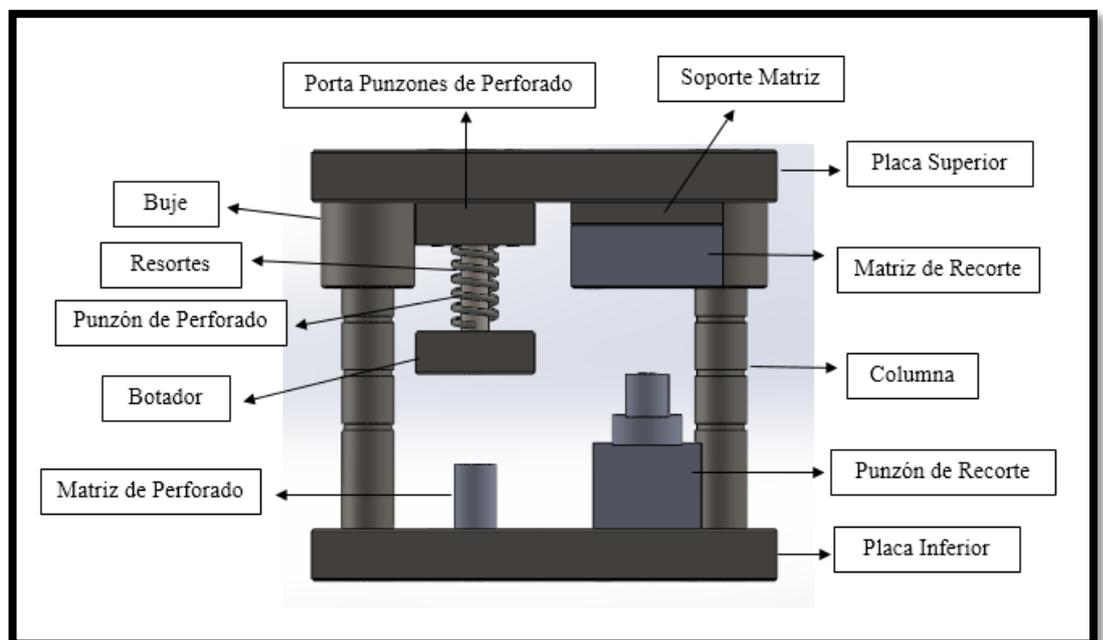


Figura 39. Matriz de Recorte y Perforado

Fuente: Autor

3.2.2. Placa matriz de recorte

Generalmente todas las piezas embutidas requieren de un recorte como se explicó en el capítulo 2, en este caso de estudio el casquillo bipolar tiene una pestaña de 5 mm en su contorno. Las paredes de esta placa matriz de recorte no deben ser redondeadas para que conjuntamente con el punzón de recorte interactúen como una cizalla. Como se indica en la figura 40.

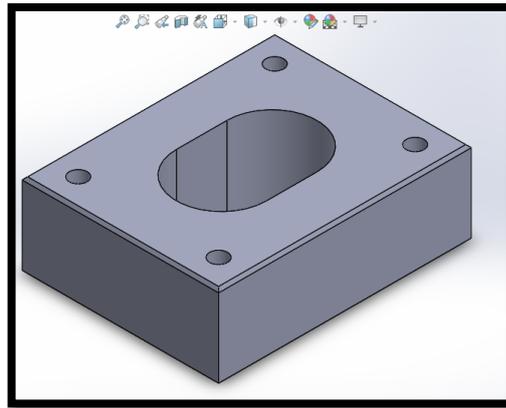


Figura 40. Placa matriz de recorte

Fuente: Autor

Fuerza de corte o recorte de la placa matriz

En la tabla del (anexo F) se muestra la carga de rotura y a la cortadura de los materiales más comunes, teniendo en cuenta que es un acero laminado en frío con un porcentaje de carbono entre (0,10%)

En la figura 41, se observa el valor de la longitud total del recorte, y como se necesita el perímetro se debe multiplicar por el espesor de la pieza embutida.

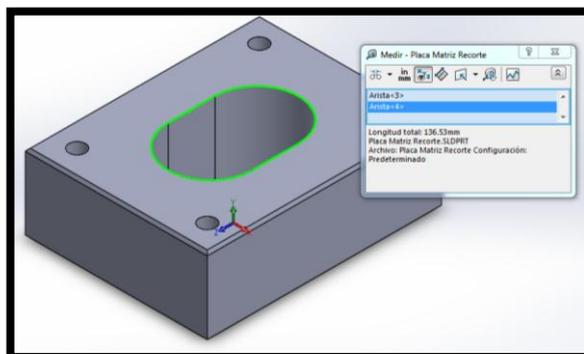


Figura 41. Perímetro de recorte

Fuente: Autor

Teniendo así:

$$\text{Perímetro placa recorte} = \text{longitud} * \text{espesor}$$

$$\text{Perímetro placa recorte} = 136,53\text{mm} * 0,9\text{mm}$$

$$\text{Perímetro placa recorte} = 122,88\text{mm}$$

Aplicando la fórmula:

$$F_c = 25 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} * 122,88 * 0,9\text{mm}$$

$$F_c = 2764,8 \text{ kg} = 3 \text{ Tn}$$

La fuerza necesaria del recorte para producir la pestaña es de 3 toneladas.

3.2.3. Fuerza de Perforado

Si son varios los punzones de perforado, la fuerza total será la suma de las fuerzas ejercidas por cada uno de ellos, para el cálculo se puede tomar también la fórmula anterior, pero poniendo en la longitud del perímetro de corte la suma de los dos.

En la figura 42, se muestra el perímetro de los dos agujeros del casquillo bipolar.

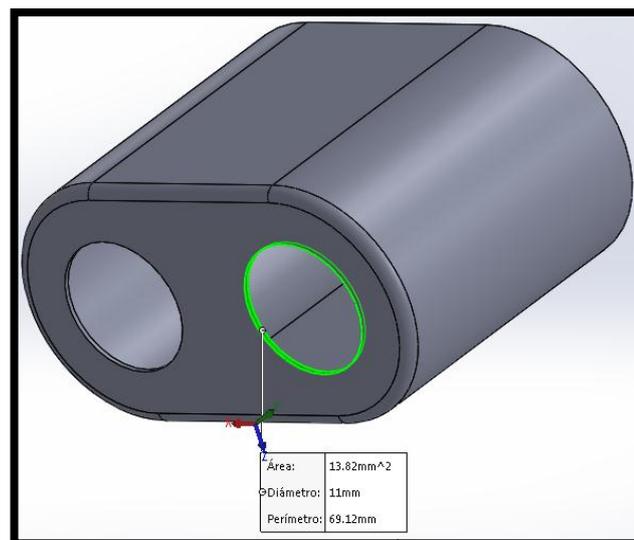


Figura 42. Perímetro de perforado

Fuente: Autor

$$Fp = 25 \frac{kg}{mm^2} * 2(69,12mm) * 0,9mm$$

$$Fp = 3110,4 kg = 3 Tn$$

La fuerza necesaria de perforado en la placa de acero laminado en frío es de 3 toneladas

3.2.4. Fuerza de extracción

Primer caso para el recorte viene dado por la fórmula (18): Cuando el recorte es importante por algunos lados o en todo su contorno. Figura 43.

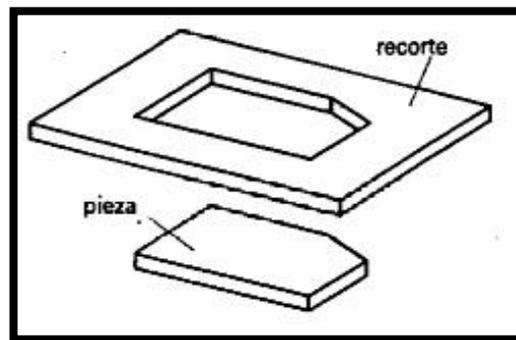


Figura 43. Detalle recorte con mucho material alrededor
Fuente: [16]

$$Fex = 4\% * Fc \tag{18}$$

$$Fex = 4\% * 3428,35 kg$$

$$Fex = 137,134 kg$$

Segundo caso figura 44, dada por la fórmula (19), en el que, el material es perforado en plena chapa de manera circular. [16]

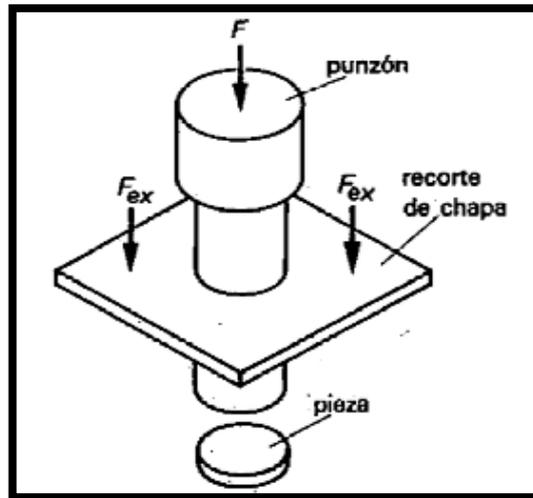


Figura 44. Detalle de actuación de la fuerza de extracción
Fuente: [16]

$$F_{ex} = 7\% * F_p \quad (19)$$

$$F_{ex} = 7\% * 1866,24 \text{ kg}$$

$$F_{ex} = 130,63 \text{ kg}$$

3.2.5. Elección del muelle

Se colocará dos muelles en la operación de perforado con un botador que ayudará a que el fleje se mantenga en su posición y no se adhiera a los punzones.

El esfuerzo que tiene que soportar los muelles es la fuerza de extracción de los punzones, que es $F_{ex} = 130,63 \text{ kg}$.

Este esfuerzo se reparte entre los dos muelles, teniendo así:

$$F_{muelle} = \frac{F_{ex}}{2} = \frac{130,63 \text{ kg}}{2} = 65,31 \text{ kg} = 640,6 \text{ N}$$

Los muelles deben tener una precarga de 5% de su longitud, para evitar su ruptura y daño en los punzones de perforado. Se necesita unos muelles de 40mm de longitud, por lo que su precarga será de 2mm.

La distancia que recorrerá la placa porta punzones con respecto al botador es de 8mm, por lo que los muelles se comprimirán esa distancia más la precarga, la compresión de cada muelle será 10mm.

Para encontrar el muelle adecuado se debe encontrar la constante k, se utiliza la ley de Hooke mediante la fórmula (20).

$$F_{muelle} = K * \Delta x \quad (20)$$

Dónde:

F_{muelle}: Fuerza que tenga que soportar cada muelle (N)

K: Constante elástica del muelle

Δx : Compresión del muelle

$$K = \frac{F_{muelle}}{\Delta x} = \frac{640,6 \text{ N}}{10\text{mm}} = 64,06 \text{ N/mm}$$

Se tiene las características necesarias para el muelle, se opta por escoger 2 muelles de sección rectangular A16x45 carga extrafuerte, como se indica en la tabla 17.

Tabla 17. Característica del muelle A16x45
Fuente [16]

Ø Orificio	Ø Varilla	Sección hilo	Longitud	Constante K	# de espira	Distancia entre espiras
16mm	8,5mm	2,9 x 3,2	45mm	64,7 N/mm	5	6,6 mm

Para más información sobre los muelles véase en el (Anexo G)

3.2.6. Fuerza de la troqueladora

La fuerza que debe tener la troqueladora será la suma de la fuerza de recorte, la fuerza de perforado, la fuerza de extracción del recorte, perforado y multiplicará por un factor de seguridad de 1,1.

$$F_{\text{troqueladora}} = 1,1(F_c + F_p + F_{\text{ex recorte}} + F_{\text{ex perforado}})$$

$$F_{\text{troqueladora}} = 1,1(3428,35 \text{ kg} + 1866,24 \text{ kg} + 137,134 \text{ kg} + 130,63 \text{ kg})$$

$$F_{\text{troqueladora}} = 6118,59 \text{ kg} = 6Tn$$

3.2.7. Juego entre punzón y placa matriz

Según el autor [9], se puede identificar el juego entre el punzón y la placa matriz de dos formas diferentes mediante una fórmula tabla 18, o gráficamente figura 45.

Tabla 18. Fórmulas para determinar juego
Fuente [9]

Material	Fórmula
Para acero duro	$j = \frac{5 + 2 * e^2}{100}$
Para latón y acero dulce	$j = \frac{4 + 1,5 * e^2}{100}$
Para láminas de acero, aluminio y otras aleaciones ligeras	$j = \frac{3 + 0,5 * e^2}{100}$

Teniendo así:

$$j = \frac{3 + 0,5 * 0,9^2}{100}$$

$$j = 0,03mm$$

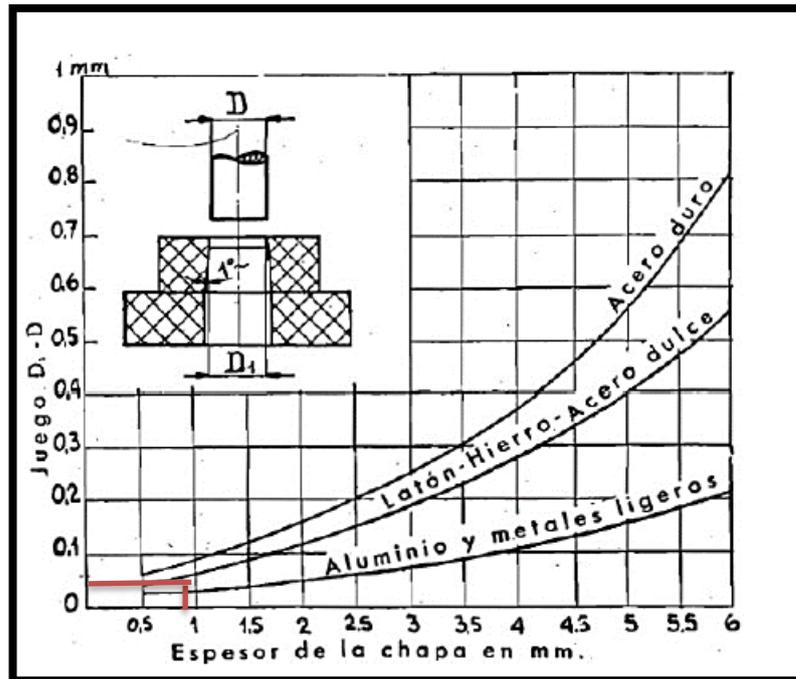


Figura 45. Determinación gráfica del juego entre el punzón y la placa matriz
Fuente: [9]

Gráficamente se tiene un juego de perforado de 0,03 mm tomando como referencia el espesor de la chapa y que es igual al de la fórmula.

3.2.8. Pruebas de funcionamiento de las matrices

Una vez montada la matriz de embutición en la prensa hidráulica de 80 toneladas y la matriz de recorte y perforado en la troqueladora de una presión de golpe de 60 toneladas, se procede a realizar las pruebas que produzcan un casquillo bipolar.

Primera prueba

A continuación, en la tabla 19, 20 y 21 se muestra los parámetros para realizar los diferentes ensayos, y en las figuras 46, 47 y 48 se muestran los casquillos obtenidos.

Tabla 19. Parámetros de la primera prueba
Fuente: Autor

Parámetros de la matriz					
Descripción de la matriz	Matriz de embutición	Producto	Casquillo bipolar	Material	laminada en frío de embutición
Operaciones	Una sola operación	Desarrollo	(78x80) mm	Radio del punzón	r = 4mm
Radio de la placa matriz	R=3mm	Lubricación	Grasas de manteca	Velocidad de embutición	130 mm/s
Juego de embutición	0,9 mm	Juego de perforado	0,03 mm	Dimensiones obtenidas:	
				Largo (a): 40mm	
				Ancho (b): 22mm	
				Alto (h1): 14mm	



Figura 46. Casquillo bipolar primera prueba
Fuente: Autor

Observaciones:

- Debido a que se realiza la embutición en una sola operación el material no fluye sino en un rango de 12 a 15 mm de altura más de eso se produce una rotura, también se observa la formación de pliegues en la zona no embutida debido a la compresión que se produce por el prensa chapas.

- Lo mismo sucede cuando se calienta el material a una temperatura de 100°C no existe fluidez del material para el embutido.
- Se obtiene un casquillo bipolar con una altura de 14mm con respecto a la de 28mm que se necesita.

Segunda prueba

Tabla 20. Parámetros de la segunda prueba

Fuente: Autor

Parámetros de la matriz					
Descripción de la matriz	Matriz de embutición	Producto	Casquillo bipolar	Material	laminada en frío de embutición
Operaciones	Dos operaciones	Desarrollo	(91,14 x 73,14) mm	Radio del punzón	dos punzones, el primero con dos radios de 14mm y 5mm, el segundo punzón con un radio de 0,6 mm
Radio de la placa matriz	R=5mm	Lubricación	Grasas de manteca	Velocidad de embutición	134 mm/s
Juego de embutición	partes rectas 1mm y partes curvas 1,5 mm	Juego de perforado	0,03 mm	Dimensiones obtenidas:	
				Largo (a): 39mm	
				Ancho (b): 22mm	
				Alto (h1): 23mm	



Figura 47. Casquillo bipolar segunda prueba

Fuente: Autor

Observaciones:

- Con dos operaciones se puede observar como el material fluye sin desgarrarse o provocar una rotura para alcanzar la altura del casquillo bipolar.
- En la segunda operación de embutido cuando el punzón va a dar la forma se produce una rotura debido al radio que es muy pequeño y actúa como una cizalla.
- Se tiene un casquillo bipolar que en su zona superior tiene una forma curvilínea debido al choque del perforado y no plana.

Tercera prueba

Tabla 21. Parámetros de la tercera prueba

Fuente: Autor

Parámetros de la matriz					
Descripción de la matriz	Matriz de embutición	Producto	Casquillo bipolar	Material	laminada en frío de embutición
Operaciones	Dos operaciones	Desarrollo	(91,14 x 73,14) mm	Radio del punzón	dos punzones, el primero con dos radios de 14mm y 5mm, el segundo punzón con un radio de 1mm
Radio de la placa matriz	R=5mm	Lubricación	Grasas de manteca	Velocidad de embutición	134 mm/s
Juego de embutición	partes rectas 1mm y partes curvas 1,5 mm	Juego de perforado	0,03 mm	Dimensiones obtenidas:	
				Largo (a): 39mm	
				Ancho (b): 22mm	
				Alto (h1): 28mm	



Figura 48. Casquillo bipolar tercera prueba

Fuente: Autor

Observaciones:

- Finalmente se tiene un casquillo bipolar con una altura de embutición de 28mm sin pliegues en la pestaña de 5mm y dos perforaciones de 11mm de diámetro que cumplen con los parámetros del casquillo bipolar requerido por la empresa Redanse S.A.

Tabla 22. Análisis final casquillo bipolar

Fuente: Autor

Casquillo bipolar proporcionada por la empresa Redanse S.A.	Casquillo bipolar final
<p>Dimensiones:</p> <p>Largo: 38mm</p> <p>Ancho: 20mm</p> <p>Altura: 28mm</p> <p>Diámetro agujeros: 11mm</p> <p>Pestaña: 5mm</p> <p>Espesor: 0,5mm</p>	<p>Dimensiones:</p> <p>Largo: 39mm</p> <p>Ancho: 22mm</p> <p>Altura: 28mm</p> <p>Diámetro agujeros: 11mm</p> <p>Pestaña: 5mm</p> <p>Espesor: 0,9 mm</p>



La diferencia de medidas geométricas obtenidas entre los casquillos bipolares es principalmente el espesor, con una diferencia de 4mm, debido a que no se encontraron planchas de embutición con una calidad DDQ (Deep Drawing Quality).

Las demás medidas tienen una diferencia de entre 1 y 2 milímetros que no afectan en nada al conector que va dentro del casquillo bipolar, además los otros complementos internos del conector como son los aislantes cerámicos caben perfectamente, que cumplen su función de evitar el contacto entre la tira de la resistencia eléctrica y el casquillo.

3.3.Presupuesto

Tabla 23. Presupuesto del proyecto
Fuente [Autor]

Materia Prima	Cantidad (u)	Costo (\$)
Placas de acero ASTM A36 320*320*30 mm	4	200
Placas de acero ASTM A36 100*60*20mm	3	90
Eje de acero AISI SAE 4340 Ø 30mm *150mm	4	50
Eje de acero AISI SAE 4340 Ø 50mm *150mm	4	40
Pernos cabeza hexagonal	30	30
Clavijas fijas	15	10
Resorte	2	20
Eje de acero AISI SAE D3 Ø 12mm*100mm	2	40
Placa de acero AISI SAE D3 150*100*30mm	5	140
Barra cuadra de acero AISI SAE D3 50*50*100mm	2	80
SUB TOTAL		700
Mano de Obra Directa		Costo (\$)
Fresado		100
Refrentado		50
Torneado		100
Taladrado		40
Rectificado		30

Ensamblaje	50
Otros	70
SUB TOTAL	440
Mano de Obra Indirecta	Costo (\$)
Diseño e Ingeniería	200
SUB TOTAL	200
Gastos Indirectos	Costo (\$)
Trasporte	30
Comunicación	25
Alimentación	45
Energía eléctrica	60
Internet	40
SUB TOTAL	200
RUBRO	Costo (\$)
Materia prima	700
Mano de obra directa	440
Mano de obra indirecta	200
Gastos indirectos	200
TOTAL	1540

CAPÍTULO IV.

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1. Conclusiones

El material utilizado fue el acero AISI SAE D3, siendo el material idóneo para la construcción de punzones y placas matrices debido a las propiedades mecánicas que posee, además el acero AISI SAE 4340 para bujes y columnas debido a que estos elementos se encuentran en constante contacto y movimiento por lo que se necesita de un material resistente al desgaste y fatiga, los otros componentes son de materiales corrientes de construcción por ser mas de soporte y que no están en contacto directo con la chapa para el proceso de conformado.

Dentro de las consideraciones del diseño un factor importante es el juego entre el punzón y la matriz, ya que de este factor depende la calidad y exactitud para el embutido y corte. En el presente proyecto en la matriz de embutición se utilizó un juego de embutición de 1mm partes rectas y 1,48mm partes curvas y para la matriz de recorte y perforado se tiene un juego de 0,03mm, otra consideración es el desarrollo o plantilla ya que los cálculos son fácilmente aplicables para los cuerpos huecos que tienen forma geométrica regular de líneas rectas o con sección circular, y para los cuerpos de diferente forma o bien irregulares no siempre se puede seguir un cálculo aproximado es necesario valerse de pruebas de embutido.

En el proceso de embutido se realizó dos operaciones, con dos punzones diferentes, el primero con dos radios uno de 5 mm para las paredes rectas y de 14 mm para las caras redondeadas del casquillo bipolar, éste tipo de geometría del punzón ayudó a que el material fluya hasta la profundidad requerida (26-28mm), formando una especie de chapa abombada, evitando así la rotura del material, para después mediante el segundo punzón con un radio de 1 mm dar la forma definitiva de la pieza.

Mediante las pruebas realizadas se logró obtener el casquillo bipolar con las dimensiones de largo 39mm, ancho 22mm y alto de 26,5mm, dos agujeros de diámetro 11mm y una pestaña en su contorno de 5mm con un espesor del fleje de 0,9mm, estas pruebas garantizaron la funcionalidad de las dos matrices comprobando

así que cada uno de los cálculos realizados son de suma importancia para el correcto funcionamiento del proceso de embutido, recorte y perforado, y que el criterio juega un papel importante en el momento que existe la duda que no se puede esclarecer con la teoría. Dándose el cumplimiento con los parámetros y funcionalidad requeridos por la empresa Redanse S.A.

4.2.Recomendaciones

Con el objetivo de disminuir el desgaste que se produce en los elementos deslizantes entre el punzón y la matriz para asegurar una vida útil es necesaria una lubricación cada vez que se utilizan las matrices por medio de las ranuras en las columnas.

Al momento del ensamblaje de las matrices se recomienda tener al menos 2 clavijas fijas en los punzones y placas matrices para que no se produzca el descuadre de toda la matriz.

Para la fabricación de las matrices se debe tener un lugar adecuado con herramientas, equipos, materiales adecuados para la construcción.

MATERIALES DE REFERENCIA

BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. Pijuan, "Evolución Moldes y Matrices", 6 Julio 2016. [En línea]. Available: [http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/120404-Evolucion-del-comercio-mundial-de-moldes-y-matrices-\(2008-2012\).html](http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/120404-Evolucion-del-comercio-mundial-de-moldes-y-matrices-(2008-2012).html).
- [2] R. Aviles, "Generalidades Mundo Tecnológico Matricería", Pearson: Barcelona, 2004.
- [3] MCPEC, "Trasformación Productiva Territorial Provincia de Tungurahua," Quito, 2011.
- [4] P. Charro y C. Eugenio, "Construcción de una matriz de corte para láminas de aluminio de 0,6mm de espesor para obtener discos de 145mm de diámetro para el laboratorio de conformado mecánico", Ingeniero Mecánico, Escuela Politécnica Nacional, Quito 2014.
- [5] J. Saldaña, "Diseño de una matriz de corte y embutido", Ingeniero Industrial, Universidad Mayor de San Marcos, Lima 2012.
- [6] R. Loza y M. Mora, «"Diseño y construcción de dos matrices de corte y embutición rectangular para ser utilizada en la prensa hidráulica de 60 toneladas del DECEM-LMH",» Ingeniero Mecánico, Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, 2009.
- [7] M. Caisaguano y M. Mullupa, "Matriz de embutición y corte para la implementación del laboratorio de matricería", Ingeniero Mecánico, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2008.
- [8] N. López, "Troquelado y Estampación", Quinta edición: Ed. Gustavo Gili S.A., Barcelona, 1976.
- [9] M. Rossi, "Estampado en frío de la chapa, estampas, matrices, punzones, prensas y máquinas", Dossat, Madrid, 1979.
- [10] J. Camarero de la Torre, "Matrices, moldes y utillajes", Dossat, Valencia, 2003.
- [11] J. Aguilar, "Formado y Conformado", Bogota, Ed Planeta, 2003.
- [12] J. Del Rio, "Conformación Plástica de Materiales Metálicos", Mexico DF:

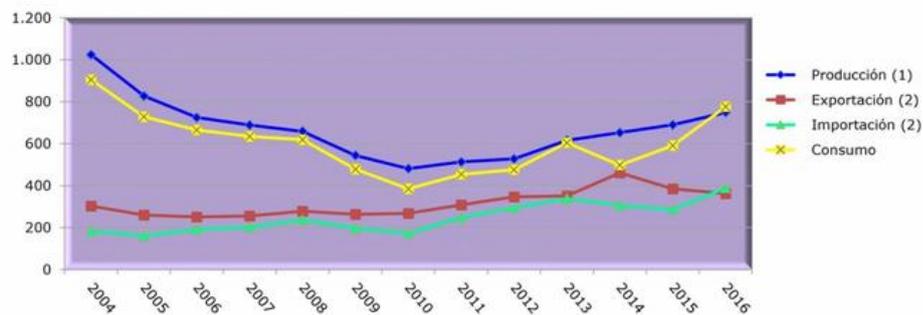
McGraw-Hill, 2005.

- [13] G. Oehler, "Herramientas de Troquelar, Estampar y Embutir", Pearson, Mexico, 2005.
- [14] A. Florit, "Fundamentos de Matricería Corte y Punzonado", Pearson, Madrid, 2005.
- [15] C. Peña, "Matrices, Moldes y Utillajes", Dossat: Madrid, 2003.
- [16] J. Muñoz y C. Valenzuela, "Guía para Diseño y Construcción de Troqueles", Ingeniero Mecánico, Universidad Autónoma de Occidente, Santiago de Cali, 1998.
- [17] P. Martinez, "Aceros Herramientas Utilización y Tratamiento Térmico", Ed Gustavo Pili: Barcelona, 1990.
- [18] S. Kountaras, Resistencias Eléctricas Calefactoras Industriales, 12 Noviembre 2008. [En línea]. Available: http://www.kountaras.com/documentos_html/productos_menu.html.
- [19] A. Celay, "Resistencias Eléctricas", Ed Cultural: Madrid, 2005.
- [20] T. Romero, "Resistencias con Salida de Casquillo", 09 2015. [En línea]. Available: <https://www.resistencias-rci.es/>.
- [21] J. Astigarraga, "Hornos Industriales de Resistencias Eléctricas", McGraw-Hill, España, 2002.

ANEXOS Y PLANOS

Anexo A. Evolución de la producción, exportaciones, importaciones y consumo de moldes y matrices desde el año 2004-2016.

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Producción (1)	1.024	827	725	689	659	544	481	513	528	616	653	690	749
Exportación (2)	303	260	251	255	278	263	268	308	347	351	461	385	362
Importación (2)	184	161	191	201	238	197	172	249	295	339	306	286	389
Consumo	905	728	665	635	619	478	385	454	476	604	498	591	776



PRODUCCIÓN TOTAL

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
MATRICES	495	391	320	261	275	241	188	190	201	240	247	270	322
MOLD. INY. PLÁSTICO	216	167	163	160	169	122	106	120	131	182	189	195	183
OTROS MOLD. PLAST.	46	44	38	39	24	21	18	15	15	16	15	15	19
MOLD. INY. ALUMINIO	102	93	94	100	58	52	54	65	62	70	83	88	109
OTROS MOLD. ALUM.	46	53	44	59	65	52	43	50	50	48	43	48	45
OTROS (vidrio, cajas fundición)	119	79	66	70	68	56	72	73	69	60	76	74	71
TOTAL	1024	827	725	689	659	544	481	513	528	616	653	690	749

Anexo B. Propiedades del acero ASTM A36

Propiedades mecánicas	
Características	Magnitud
Resistencia a la tracción	[41 - 56] $\frac{Kg}{mm^2}$
Elongación en 8 pulg.	20%
Elongación en 2 pulg.	23%
Mínimo punto de fluencia	25 $\frac{Kg}{mm^2}$
Propiedades químicas	
Carbono (C)	0,26 % máx.
Fósforo (P)	0,04% máx.
Azufre (S)	0,05% máx.
Silicio (Si)	0,40% máx.
Cobre (Cu)	0,20% mín.

Anexo C. Propiedades del acero AISI SAE D3 (BOHLER K100)

ACEROS PARA TRABAJO EN FRÍO			
	EN/DIN	AISI	UNE
BOHLER K100	<1.2080>	~D3	F5212 (U12)
BOHLER K110	<1.2379>	D2	~F5211 (U12 mejorado)
BOHLER K455	<1.2550>	~S1	~F5242
BOHLER K600	<1.2767>	•	•
BOHLER K605	~1.2721	•	F5305
BOHLER K720	<1.2842>	~O2	F5229 (U13)
BOHLER K340 ** ISODUR®	•	•	•
BOHLER K353	•	•	•
BOHLER K360 ** ISODUR®	•	•	•
BOHLER K390 MICROCLEAN®	•	•	•
BOHLER K490 MICROCLEAN®	•	•	•
BOHLER K890 MICROCLEAN®	•	•	•

* calidad especial Böhler
** también disponible en ejecución ECOSTAR (convencional)

Comparación de la calidad BÖHLER con materiales normalizados de mayor semejanza. Las desviaciones en cuanto a la composición química se indican con el símbolo "-".
Para la norma <EN/DIN> la composición química de las calidades de BÖHLER están dentro de los parámetros standard.
Las calidades de BÖHLER se diferencian principalmente de los materiales standard por unas tolerancias estrictas en la composición química, consiguiendo así mejorar y reproducir las propiedades de aplicación.



23

ACEROS PARA TRABAJO EN FRÍO				
Marca BÖHLER	Normas Comparables			Aplicaciones
	EN/DIN	AISI	UNE	
BOHLER K100	<1.2080> X210Cr12	~D3	F5212	Acero ledeburítico al Cr para aplicaciones que requieren un alto nivel de resistencia al desgaste y poca resistencia a la tenacidad y compresión. Para herramientas de conformación de materiales muy abrasivos en la industria de la cerámica, fabricación de ladrillos, etc.
BOHLER K110	<1.2379> X153CrVMo12	D2	~F5212	Marca estándar de acero ledeburítico al Cr para herramientas de corte (matrices y punzones), herramientas para estampación, para trabajar madera, cizallas para cortar chapa de poco espesor, herramientas para laminar roscas, herramientas para estirar, para embutición profunda y extrusión en frío, para las industrias farmacéutica y de cerámica, cilindros para laminar en frío, para trenes de laminación de cajas múltiples, herramientas de medición, moldes de plástico pequeños que requieren gran resistencia al desgaste. Permite la nitruración al baño.
BOHLER K455	1.2550 60WCrV7	~S1	~F5242	Herramientas de corte (matrices y punzones), para chapa gruesa, para punzonar en frío, para cortar en frío, para trabajar la madera, émbolos para aparatos de aire comprimido, útiles de acuñación para piezas macizas, herramientas para trabajos en caliente a temperaturas moderadas.
BOHLER K600	<1.2767> X45NiCrMo4	•	•	Alta tenacidad y temple total, dureza uniforme aun en grandes dimensiones. Alta resiliencia y resistencia al impacto, templeable en aceite y aire, buena pulibilidad. Para acuñación de grandes series, estampación de cubertería, útiles de embutición profunda, cizallado en frío para grandes espesores, moldes de plástico.

ACEROS PARA TRABAJO EN FRÍO															
Marca BÖHLER	Dureza* HB máx (recocido)	Tratamiento Térmico			Composición Química										
		Temple °C Enfriamiento rápido	Dureza alcanzable HRC		C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W	Co	Al	Nb
BOHLER K100	250	940 - 970	57 - 65		2,00	0,25	0,30	11,50	-	-	-	-	-	-	-
BOHLER K110	250	1020 - 1070*	58 - 62		1,55	0,30	0,30	11,30	0,75	-	0,75	-	-	-	-
BOHLER K455	225	870 - 900	53 - 59		0,63	0,60	0,30	1,10	-	-	0,18	2,00	-	-	-
BOHLER K600	285	840 - 870	48 - 54		0,48	0,25	0,40	1,30	0,25	4,00	-	-	-	-	-

Anexo D. Factor de selección

Relación d/D	Coefficiente m
0,550	1,00
0,575	0,93
0,600	0,86
0,625	0,79
0,650	0,72
0,675	0,66
0,700	0,60
0,725	0,55
0,750	0,50
0,775	0,45
0,800	0,40

Anexo E. Propiedades del acero SAE 4340

SAE 4340

Descripción: Acero de medio carbono aleado con Cr-Ni-Mo. Posee buena resistencia a la fatiga, alta templabilidad, excelente tenacidad, regular maquinabilidad y baja soldabilidad. No presenta fragilidad de revenido. Apto para piezas y herramientas de grandes exigencias mecánicas.

Usos: Piezas y herramientas sometidas a las más grandes exigencias y a los más altos esfuerzos estáticos y dinámicos. Cigüeñales, cardanes, piñones, pernos y tornillos de alta resistencia, engranajes para máquinas, discos de freno, barras de torsión y árboles de transmisión.

SAE 4340

Composición química (%)	
C	0,38 - 0,43
Mn	0,60 - 0,80
Si	0,15 - 0,35
P	0,035 Máx.
S	0,04 Máx.
Cr	0,70 - 0,90
Ni	1,65 - 2,00
Mo	0,20 - 0,30

Tratamiento térmico		
Valores en °C		
Forjado	850 - 1100	
Normalizado	870 - 900	
Revenido	530 - 670	
Recocido	750 - 850	
Templado	Aceite	840 - 880

Propiedades mecánicas	
Bonificado	
Resistencia a la tracción	95 - 105 kgf/mm ²
Límite de fluencia	60 - 74 kgf/mm ²
Dureza (HB)	280 - 340
Elongación	10 - 18 %

Anexo F. Resistencia a la cizalladura de algunos materiales.

Material	Resistencia a la cizalladura σ_T en kgf/mm^2				
	Estado		Material	Estado	
	Blando	Duro		Blando	Duro
Goma	0-7	2-7	Cuero	0-7	—
Mica	5-8	—	Madera	1-3	—
Celuloide	4-6	—	Papel y cartón	2,5	—
Cartón duro	7-9	—	Cartulina de resina sintética	10-14	—
Plomo	2-3	—	Chapa de hierro comercial	—	40
Estaño	3-4	—	Chapa de hierro embutible	30-35	—
Aluminio	6-11	13-16	Chapa de acero semiduro comercial	45-50	55-60
Duraluminio	15-22	30-38	Acero lam. con 0,1 % C	25	32
Siluminio	10-12	20	» » » 0,2 % C	32	40
Anticorodal	9-10	25-29	» » » 0,3 % C	35	48
Cinc	12	20	» » » 0,4 % C	45	56
Cobre	12-22	25-30	» » » 0,6 % C	56	72
Latón	22-30	35-40	» » » 0,8 % C	72	90
Bronce laminado	32-40	40-60	» » » 1 % C	80	105
Alpaca laminada	28-36	45-46	» al silicio	45	56
Plata laminada	23-24	—	» inoxidable	50-55	55-60

Anexo G. Resorte

RESORTES DE MATRICERÍA Color Amarillo. Carga extrafuerte (I)

Modelo: Danly

Material: Acero al cromo vanadio

Según DIN-17225 (SAE 6150)

IN 0,102 K
1 KP 9,8 N

Forma de Pedido: Modelo



Diámetro del orificio	Diámetro de varilla	Longitud mm.	Modelo	Constante N/1 mm.	Deflexión recomendada 17%		Deflexión máxima 25%		Deflexión al bloqueo aprox.	
					N	mm.	N	mm.	N	mm.
10 mm.	4,5 mm.	25	A10x25	34,3	144	4,2	212	6,2	274	8
		32	A10x32	25,5	137	5,4	204	8	255	10
		38	A10x38	21,5	139	6,5	204	9,5	258	12
		45	A10x45	17,8	135	7,6	199	11,2	249	14
		50	A10x50	15,6	132	8,5	195	12,5	249	16
Sección hilo	1,8 x 1,6	65	A10x65	12,2	134	11	195	16	244	20
		75	A10x75	10,2	132	13	193	19	244	24
		303	A10x303	2,4	124	52	182	76	261	109
		25	A13x25	59,8	251	4,2	370	6,2	538	9
13 mm.	7 mm.	32	A13x32	45,1	243	5,4	360	8	496	11
		38	A13x38	36,3	236	6,5	345	9,5	471	13
		45	A13x45	30,4	231	7,6	340	11,2	486	16
		50	A13x50	27,4	232	8,5	342	12,5	493	18
		65	A13x65	22	242	11	352	16	484	22
Sección hilo	2,4 x 2,3	75	A13x75	18,2	236	13	345	19	491	27
		303	A13x303	4,2	218	52	320	76	483	115
		25	A16x25	124	520	4,2	768	6,2	1116	9
		32	A16x32	93,2	503	5,4	745	8	1025	11
16 mm.	8,5 mm.	38	A16x38	76,5	497	6,5	726	9,5	994	13
		45	A16x45	64,7	491	7,6	724	11,2	970	15
		50	A16x50	55	467	8,5	687	12,5	935	17

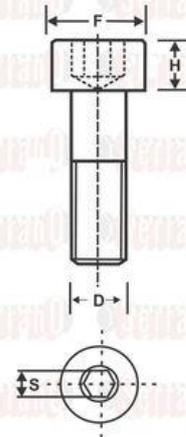
Anexo H. Tornillo Allen, Clavijas o pasadores.

TORNILLOS ALLEN CABEZA CILÍNDRICA UNF

ORIGEN	NOMBRE	TUERCA ASIGNADA	NORMA	TIPO DE ROSCA
IMPORTADO	TORNILLO ALLEN	NO APLICA	ANSI B.18.3 ASME B 1.1-3A	UNC
CALIDAD O GRADO	USOS	EMPAQUE	ACABADO	MATERIAL
ACERO 10,9 / 12,9	GENERAL	GRANEL	PAVONADO	ACERO ALEADO ALTA RESISTENCIA



D	F	H	S		
DIÁMETRO	HILOS X PULGADA UNC	DIÁMETRO DE LA CABEZA	ALTURA DE LA CABEZA	LLAVE	
6-32"	.140	40	7/32"	6/32"	7/64"
8-32"	.156	36	17/64"	5/32"	9/64"
3/16"	.187	32	5/16"	3/16"	5/32"
1/4"	.250	28	3/8"	1/4"	3/16"
5/16"	.312	24	15/32"	5/16"	1/4"
3/8"	.375	24	9/16"	3/8"	5/16"
7/16"	.437	20	21/32"	7/16"	3/8"
1/2"	.500	20	3/4"	1/2"	3/8"
9/16"	.562	12	13/16"	9/16"	1/2"
5/8"	.625	11	15/16"	5/8"	1/2"
3/4"	.750	10	1-1/8"	3/4"	5/8"
7/8"	.875	9	1-5/16"	7/8"	3/4"
1"	1.000	8	1-1/2"	1"	3/4"
1-1/4"	1.250	7	1-7/8"	1"	7/8"
1-1/2"	1.500	6	2-1/4"	1"	1-3/4"



Tornillo Allen: estos tornillos se utilizan cuando se precisan superficies lisas. Sus fuerzas de apriete son bajas y tienen una cabeza cónica o cilíndrica, son tornillos avellanados y para colocarlos se recurre a una llave Allen. Esta se encaja en el orificio de forma hexagonal que contiene la cabeza.

DIÁMETRO	RESISTENCIA MÍNIMA A LA TRACCIÓN	CARGA DE PRUEBA % MIN	DUREZA ROCKWELL MIN	DUREZA ROCKWELL MAX
6/32" a 1/2"	1240 N/mm ²	940 lbs/pulg ² (psi)	B32	B39
Mayor a 5/8"	1170 N/mm ²	900 lbs/pulg ² (psi)	B32	B39

Pasador



DIN 6325
(ISO 8734)

Pasador cilíndrico
Tolerancia m6

Acero F155
60 HRC

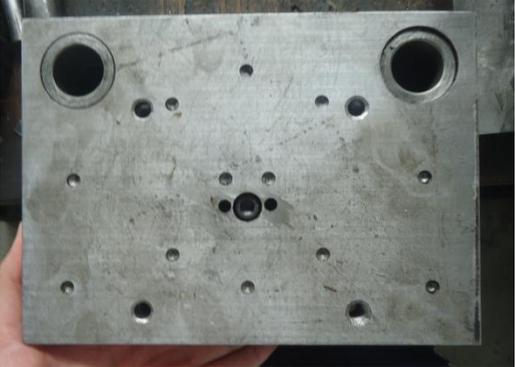


D m6	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	16	20
l ₂	0,8	1	1,2	1,5	1,6	1,8	1,9	2	2,5	2,5	2,5	3	4
r	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	16	16	20
z ₁	0,45	0,6	0,75	0,9	1,05	1,2	1,4	1,5	1,8	2	2	2,5	3
z ₂	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,3	1,3	1,3	1,7	2

Anexo I. Imágenes de la Matriz de Embutición y Matriz de Recorte y Perforado

Matriz de Embutición



<p>Placa Inferior</p>	<p>Placa Matriz</p>	<p>Guía-Columna</p>
		
<p>Buje</p>	<p>Punzón de Embutición</p>	<p>Placa Superior</p>
		

Pernos, Clavijas



Prensa Chapas

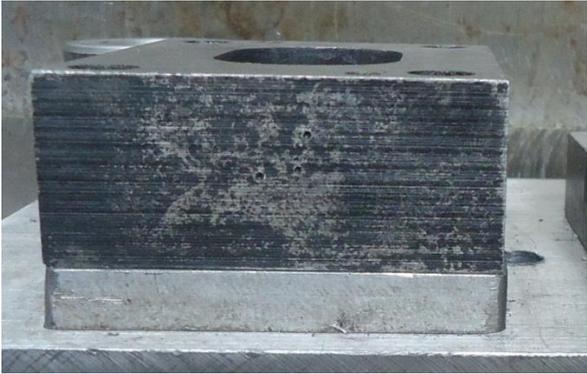


Punzón de Forma



Matriz de Recorte y Perforado

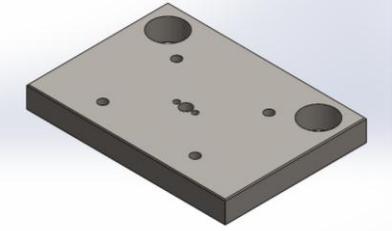


<p>Placa Inferior Matriz de Recorte y Perforado</p>	<p>Punzón del Recorte</p>	<p>Placa Matriz del Perforado</p>
		
<p>Soporte Placa Matriz de Recorte y Placa Matriz Recorte</p>	<p>Placa Superior Matriz de Recorte y Perforado</p>	<p>Porta Punzones Perforado, Punzones de Perforado, Resortes y Botador</p>
		



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
HOJA DEL PROCESO DE MECANIZADO

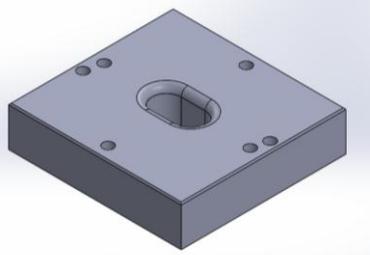


Realizado por: Mario Ortiz		Fecha de elaboración: 23/07/2018				Imagen: 			
Material: ACERO ASTM A36		Espesor o Diámetro: 24mm		N.º. Plano: (2,7) matriz de embutición y (2,8) matriz de recorte y perforado					
Numero de hoja: 1 de 3			Cantidad: 4						
N.º Piezas	Actividades	Condiciones de Mecanizado					Tiempo (min)		
Placa Superior Placa Inferior Placa Superior de Recorte y perforado Placa Inferior de Recorte y Perforado	-Refrentado de caras en bruto -Desbaste en base a geometría -Perforado de los agujeros	Maquina	Amperaje (A)	Ancho de Pulsa (µs)	Espacio de Pulso	Velocidad de Corte $\frac{mm^2}{min}$	Preparación	Trabajo	Total
		DK77 Wire cut EDM	3	32	8	4900	20	50	1h10min



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
HOJA DEL PROCESO DE MECANIZADO



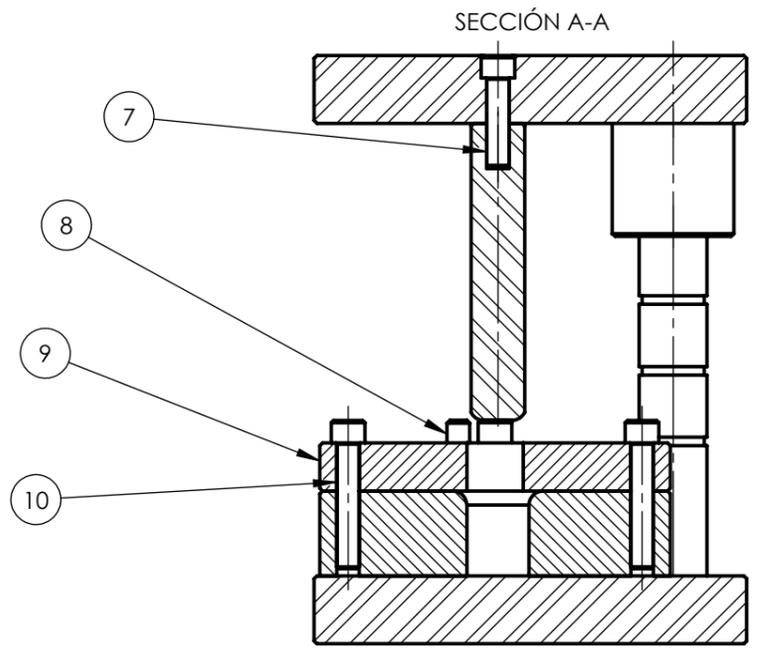
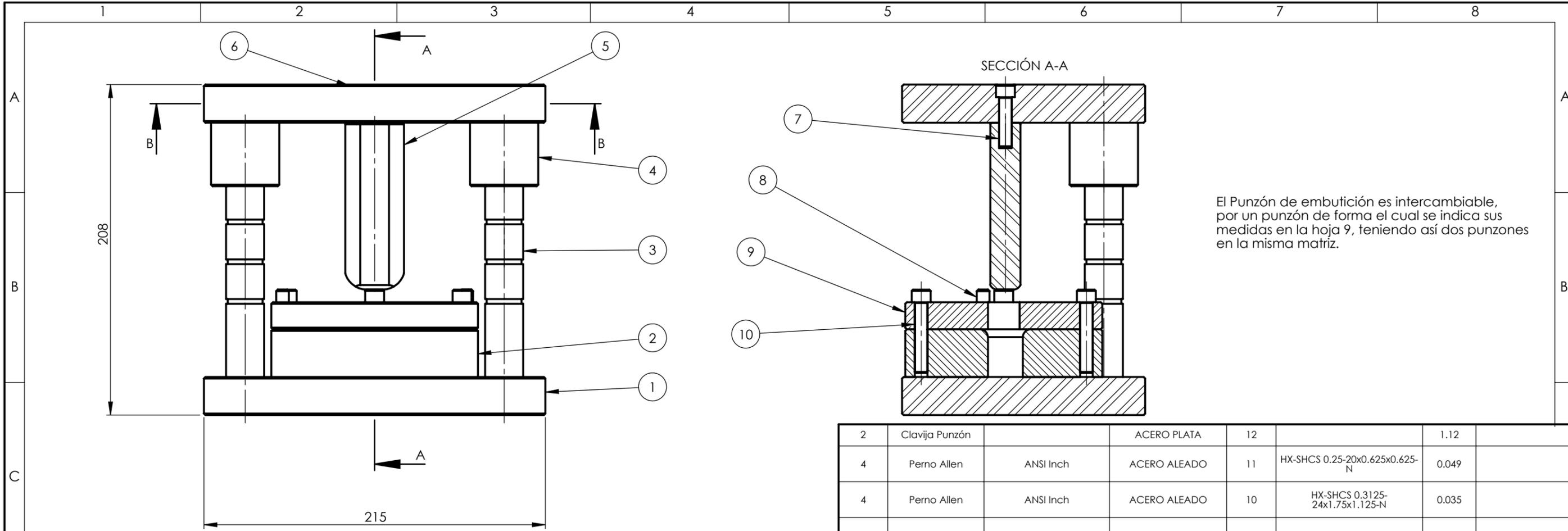
Realizado por: Mario Ortiz		Fecha de elaboración: 25/07/2018				Imagen: 			
Material: ACERO AISI SA D3		Espesor o Diámetro: 30mm		N.º. Plano: (3,8) matriz de embutición y (6,7,11) matriz de recorte y perforado					
Numero de hoja: 2 de 3			Cantidad: 5						
N.º Piezas	Actividades	Condiciones de Mecanizado					Tiempo (min)		
		Maquina	Amperaje (A)	Ancho de Pulsa (µs)	Espacio de Pulso	Velocidad de Corte $\frac{mm^2}{min}$	Preparación	Trabajo	Total
-Placa Matriz de embutición -Prensa Chapas -Placa Matriz Recorte -Placa Soporte -Placa Matriz de Perforado	-Refrentado de caras en bruto. -Desbaste en base a geometría. -Rectificado de todas las caras.	DK77 Wire cut EDM	3	32	10	5200	30	70	1h40min



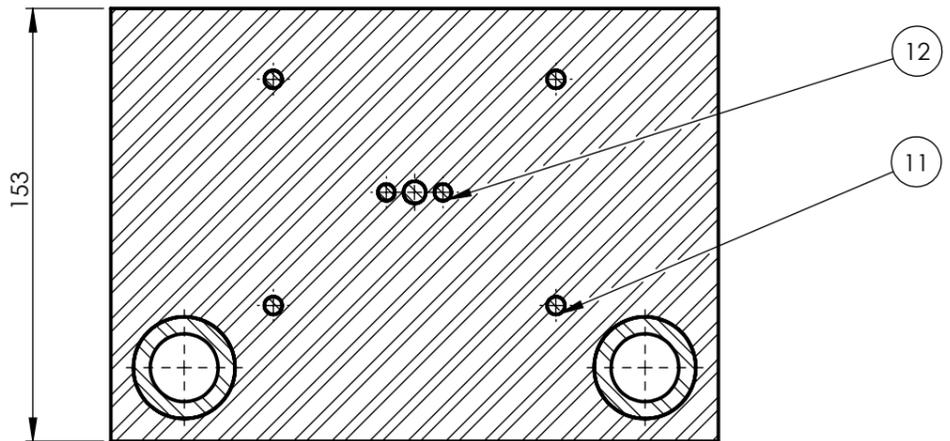
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
HOJA DEL PROCESO DE MECANIZADO



Realizado por: Mario Ortiz		Fecha de elaboración: 27/07/2018			Imagen:				
Material: ACERO AISI SA D3		Espesor o Diámetro: 100		N.º. Plano: (6,9) matriz de embutición y (3,12) matriz de recorte y perforado					
Numero de hoja: 3 de 3			Cantidad: 4						
N.º Piezas	Actividades	Condiciones de Mecanizado					Tiempo (min)		
-Punzón de Embutición -Punzón de Forma -Punzón de Recorte -Punzones de Perforado	-Refrentado de caras en bruto. -Desbaste en base a geometría.	Maquina	Amperaje (A)	Ancho de Pulsa (µs)	Espacio de Pulso	Velocidad de Corte $\frac{mm^2}{min}$	Preparación	Trabajo	Total
		DK77 Wire cut EDM	3	32	12	5100	50	60	1h50min



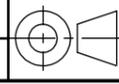
El Punzón de embutición es intercambiable, por un punzón de forma el cual se indica sus medidas en la hoja 9, teniendo así dos punzones en la misma matriz.



SECCIÓN B-B

N.º de pieza	Denominación	N.º de norma/dibujo	Material	N.º de orden	N.º del modelo/semiproducto	Peso (gr)	Observaciones
2	Clavija Punzón		ACERO PLATA	12		1.12	
4	Perno Allen	ANSI Inch	ACERO ALEADO	11	HX-SHCS 0.25-20x0.625x0.625-N	0.049	
4	Perno Allen	ANSI Inch	ACERO ALEADO	10	HX-SHCS 0.3125-24x1.75x1.125-N	0.035	
1	Prensa Chapas		ACERO AISI SAE D3	9		257.00	
2	Clavija Matriz		ACERO PLATA	8		2.75	
5	Perno Allen	ANSI Inch	ACERO ALEADO	7	HX-SHCS 0.3125-18x1.25x1.25-N	0.039	
1	Placa Superior		ACERO ASTM A36	6		5752.54	
1	Punzón de Embutición		ACERO AISI SAE D3	5		484.51	
2	Buje		ACERO AISI SAE 4340	4		419.11	
2	Guía-Columna		ACERO AISI SAE 4340	3		526.34	
1	Matriz		ACERO AISI SAE D3	2		447.34	
1	Placa Inferior		ACERO ASTM A36	1		5968.49	

TOLERANCIA:		PESO:		MATERIAL:			
±1		14835.11 gr		VARIOS			
FECHA:		NOMBRE:		TÍTULO:			ESCALA:
DIBUJÓ: 30/07/2018		Mario Ortíz		Matriz de Embutición			1:2.5
REVISÓ: 02/09/2018		Ing. Mauricio Carrillo					
APROBÓ: 02/09/2018		Ing. Mauricio Carrillo					
U.T.A.				N.º DE LÁMINA		REGISTRO:	
INGENIERÍA MECÁNICA				HOJA 1 DE 9			
EDICIÓN:		MODIFICACIÓN:		FECHA:		NOMBRE:	

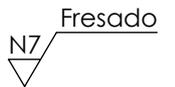


1

2

3

4



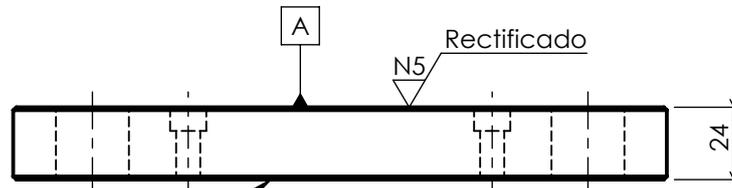
A

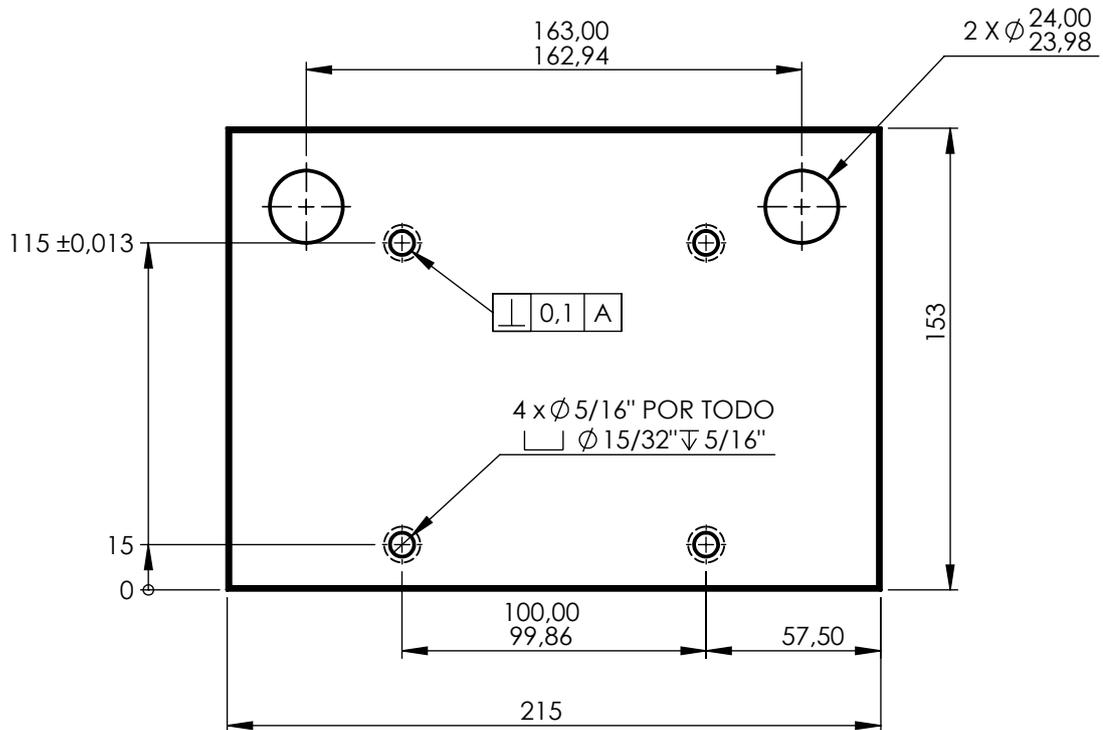
B

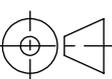
C

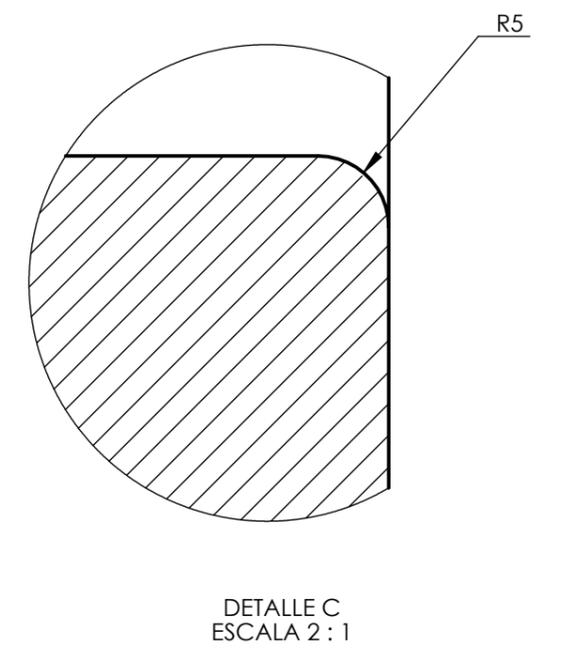
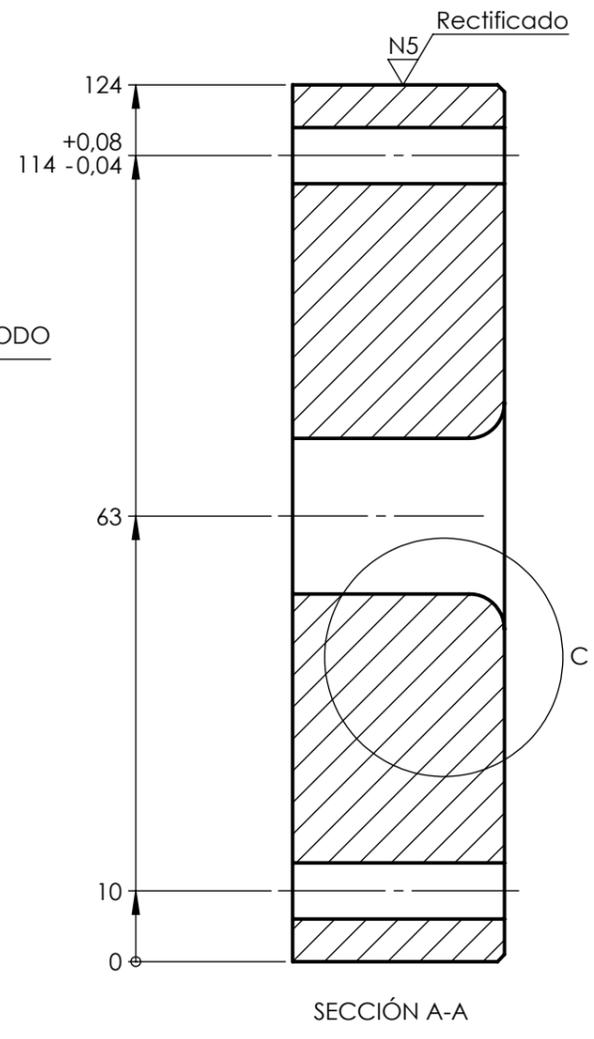
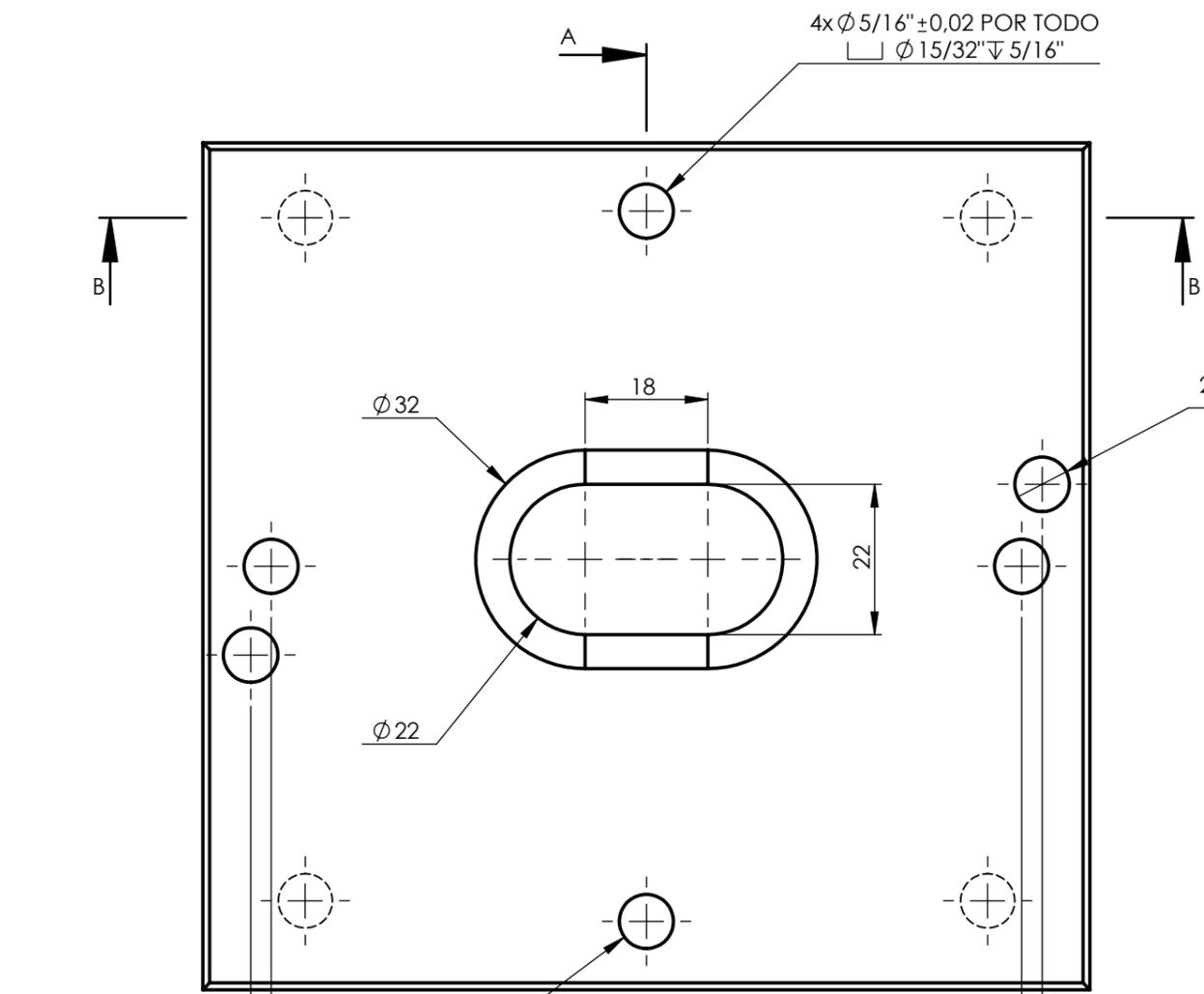
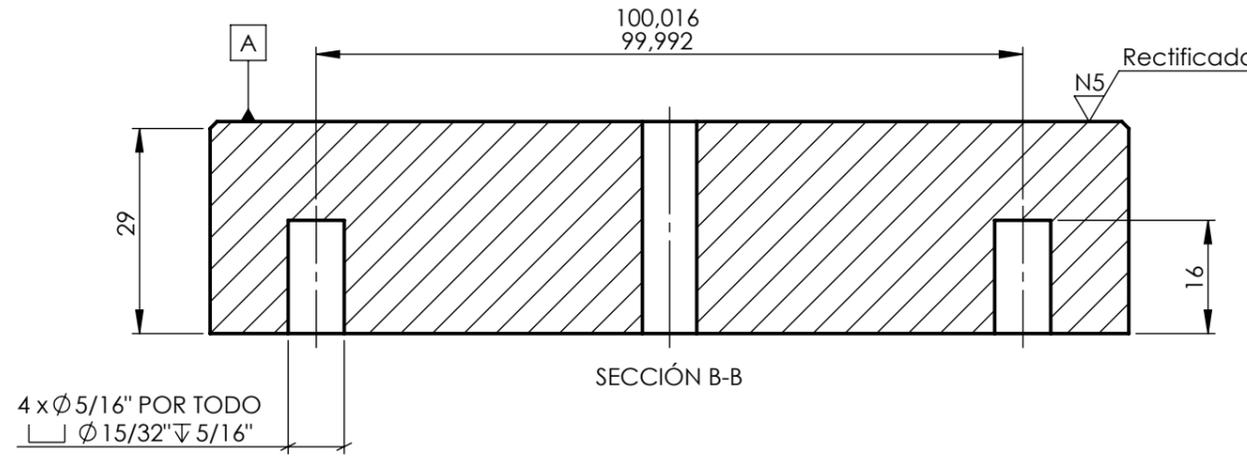
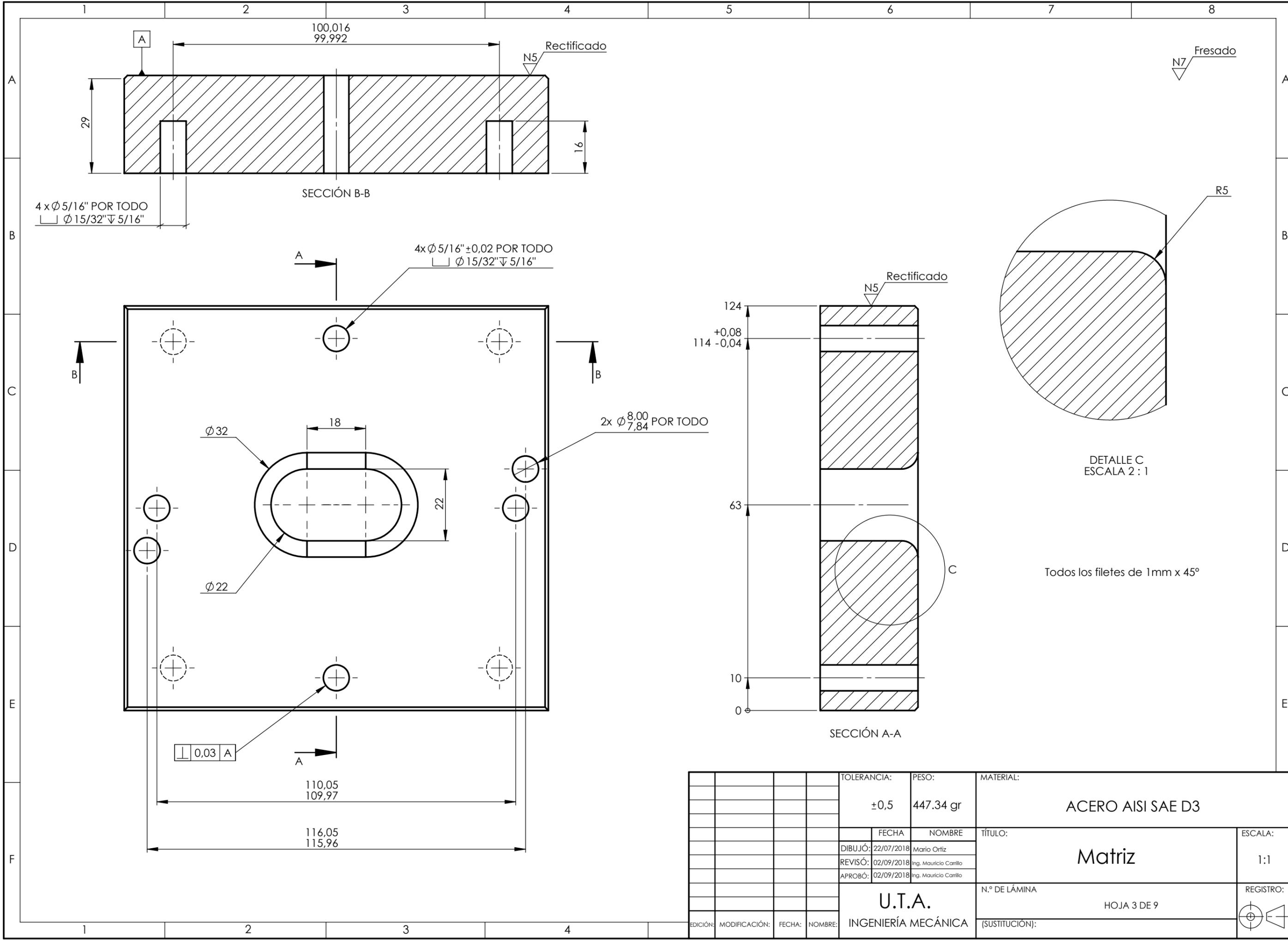
D

E





				TOLERANCIA: ±0,05	PESO: 5968.49 gr	MATERIAL: ASTM A36 Acero		
						TÍTULO: Placa Inferior	ESCALA: 1:2.5	
				FECHA	NOMBRE			
				DIBUJÓ: 18/07/2018	Mario Ortiz			
				REVISÓ: 02/09/2018	Ing. Mauricio Carrillo			
				APROBÓ: 02/09/2018	Ing. Mauricio Carrillo			
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA HOJA 2 DE 9	REGISTRO: 	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			(SUSTITUCIÓN):		



Todos los filetes de 1mm x 45°

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:		
				$\pm 0,5$	447.34 gr	ACERO AISI SAE D3		
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:		ESCALA:
				DIBUJÓ: 22/07/2018	Mario Ortiz	Matriz		1:1
				REVISÓ: 02/09/2018	Ing. Mauricio Carrillo			
				APROBÓ: 02/09/2018	Ing. Mauricio Carrillo			
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA		REGISTRO:
				INGENIERÍA MECÁNICA		HOJA 3 DE 9		
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	(SUSTITUCIÓN):				

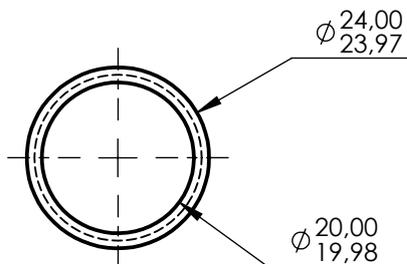
1

2

3

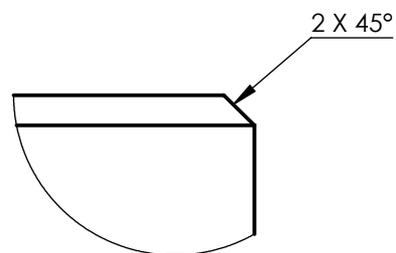
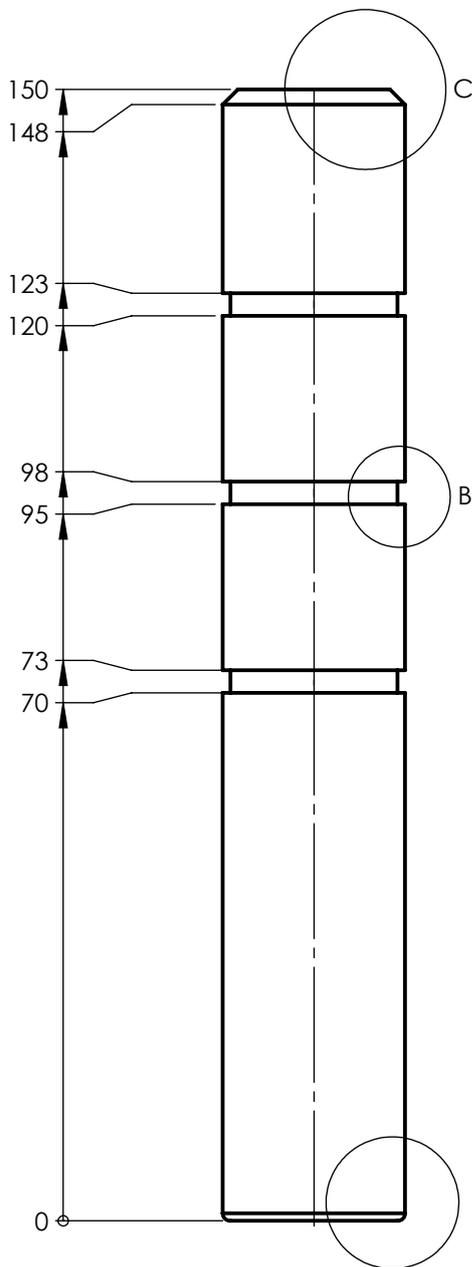
4

A



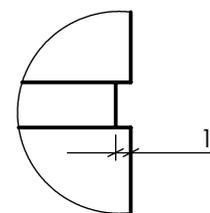
N7 Torneado

B



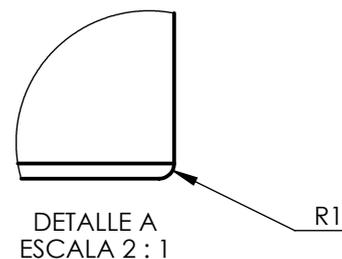
DETALLE C
ESCALA 2 : 1

C



DETALLE B
ESCALA 2 : 1

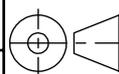
D

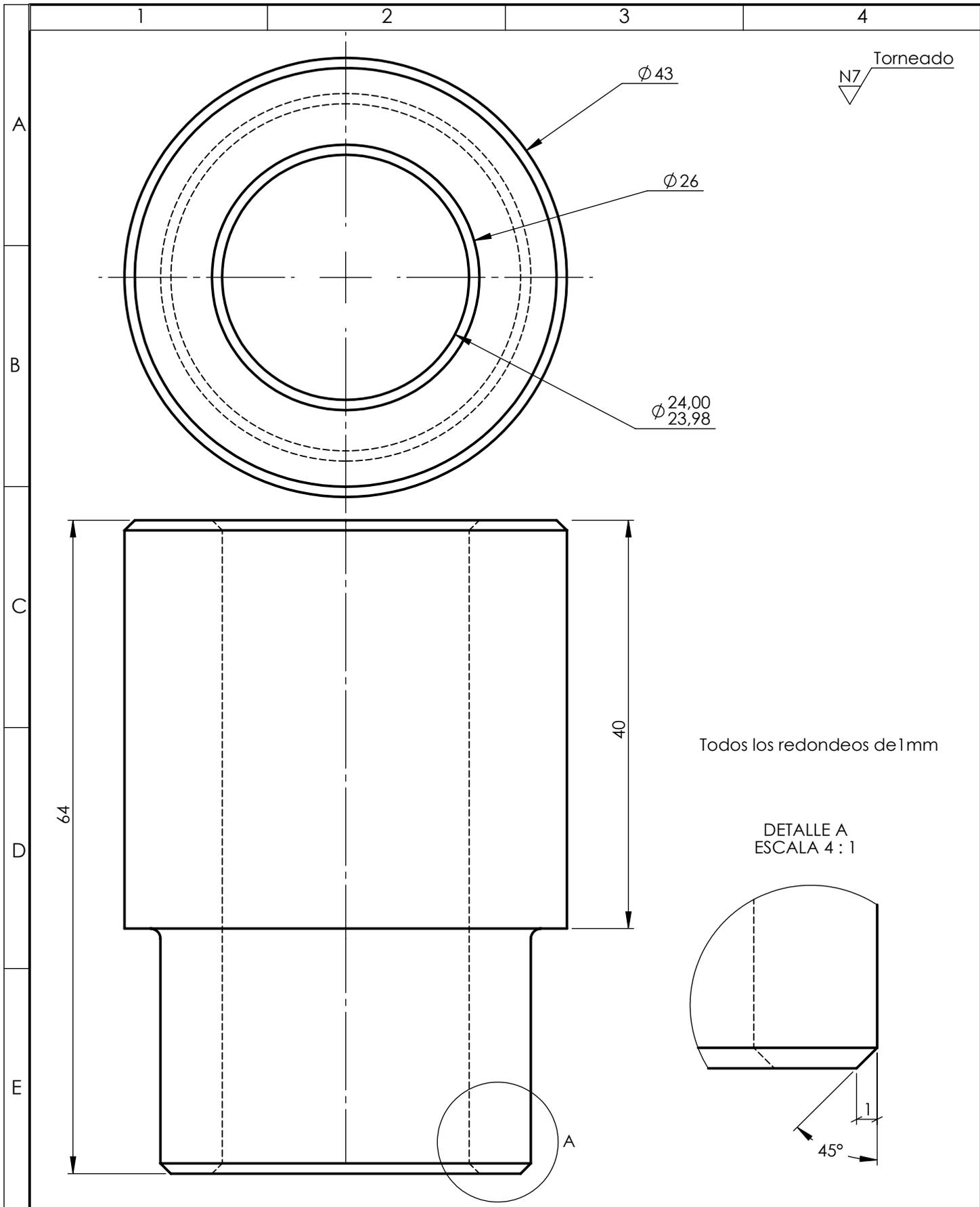


DETALLE A
ESCALA 2 : 1

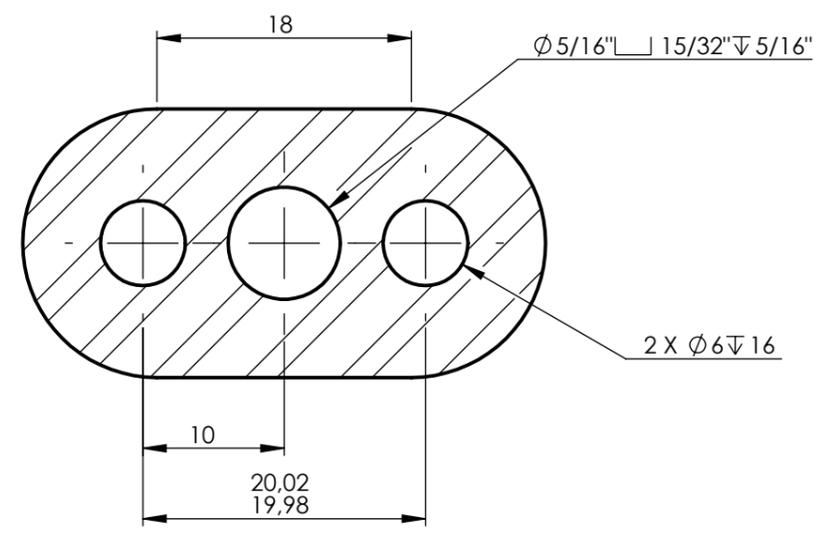
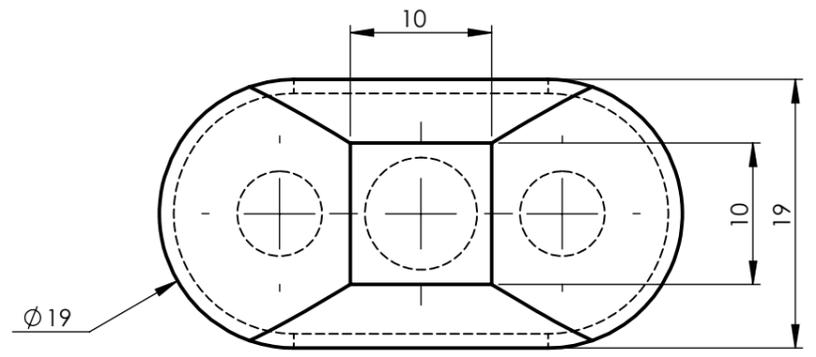
E

				TOLERANCIA: $\pm 0,1$	PESO: 526.34 gr	MATERIAL: AISI 4340 Acero normalizado	
						TÍTULO: Guia-Columna	ESCALA: 1:1
				DIBUJÓ: 19/07/2018	MARIO ORTIZ		
				REVISÓ: 27/08/2018	Ing. Mauricio Carrillo		
				APROBÓ: 27/08/2018	Ing. Mauricio Carrillo		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA HOJA 4 DE 9	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			(SUSTITUCIÓN):	

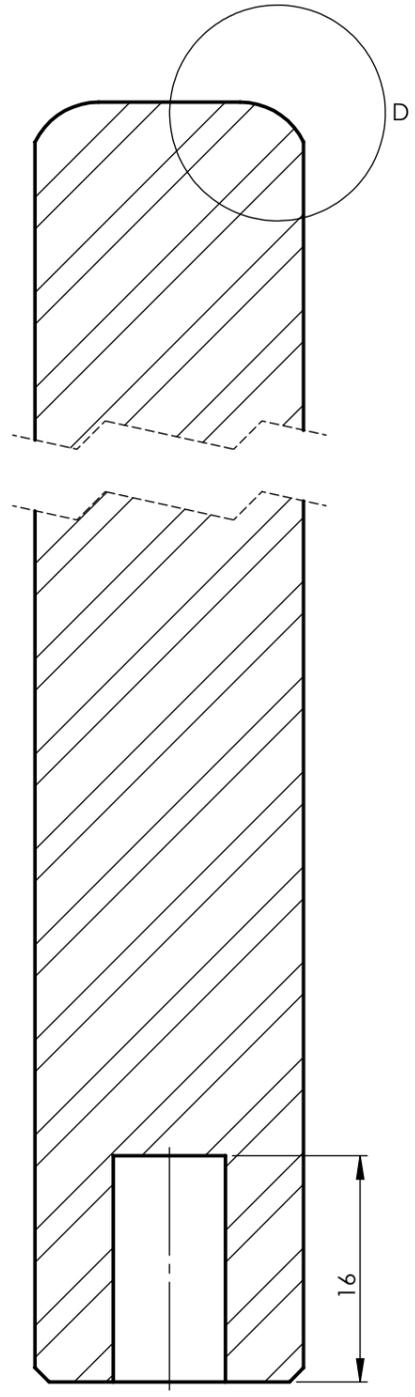
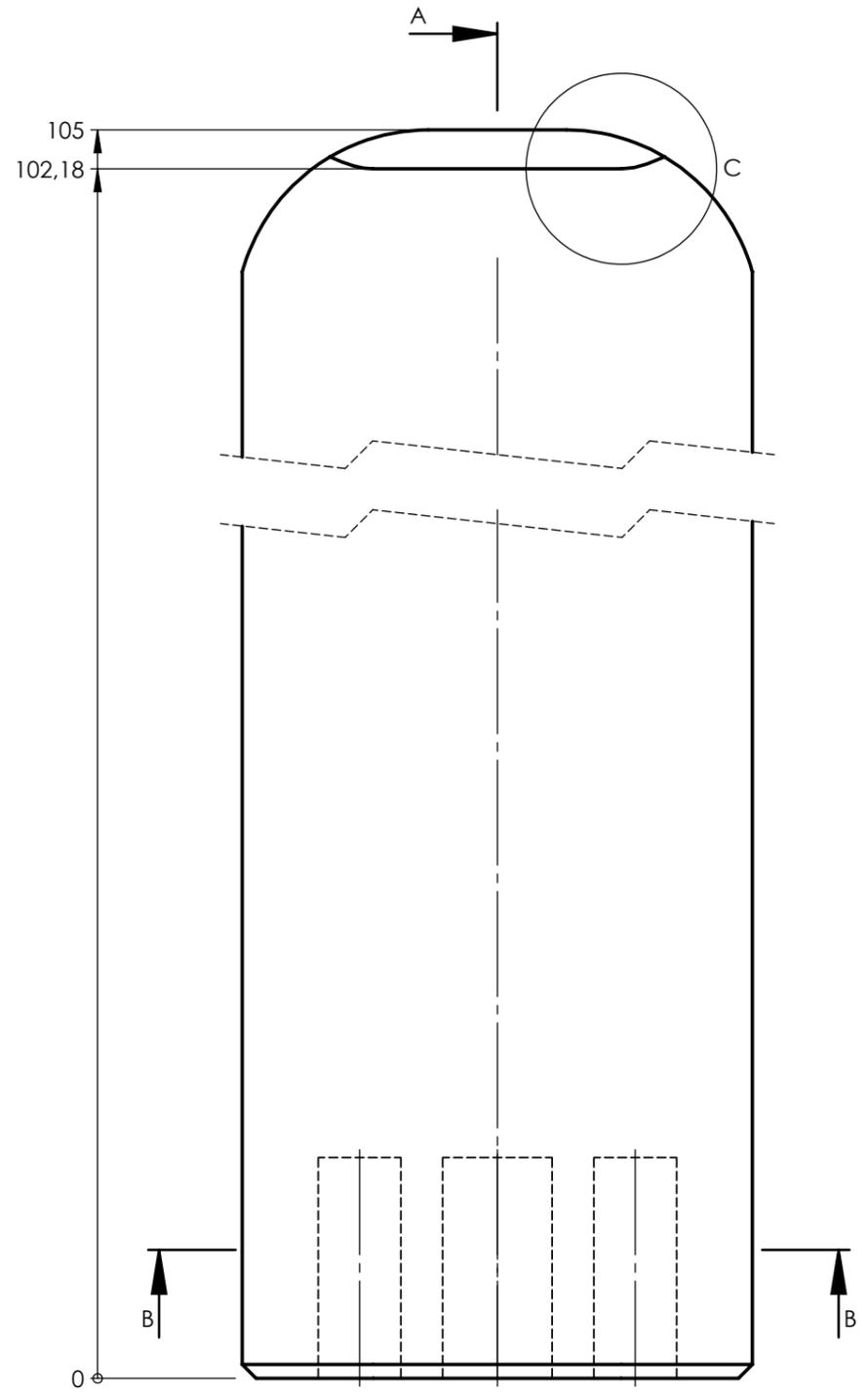




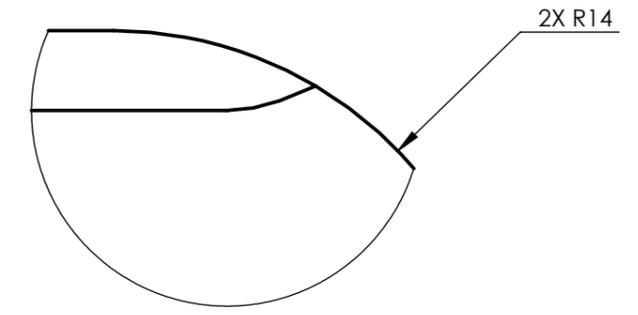
				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				$\pm 0,2$	419.11 gr	AISI 4340 Acero normalizado	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	
				DIBUJÓ: 19/07/2018	Mario Ortiz	Buje	
				REVISÓ: 27/08/2018	Ing. Mauricio Carrillo		
				APROBÓ: 27/08/2018	Ing. Mauricio Carrillo		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA	ESCALA:
						HOJA 5 DE 9	2:1
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			(SUSTITUCIÓN):	REGISTRO:



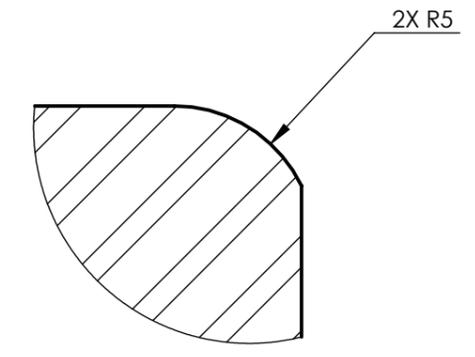
N7 Fresado



SECCIÓN B-B



DETALLE C
ESCALA 4 : 1



DETALLE D
ESCALA 4 : 1

Todos los redondeos de 1mm
Chafan de 1mm x 45°

SECCIÓN A-A

TOLERANCIA:		PESO:		MATERIAL:	
±0,1		484.51 gr		ACERO AISI SAE D3	
FECHA:		NOMBRE:		TÍTULO:	
DIBUJÓ: 19/07/2018		Mario Ortiz		Punzón de Embutición	
REVISÓ: 02/09/2018		Ing. Mauricio Carrillo		ESCALA:	
APROBÓ: 02/09/2018		Ing. Mauricio Carrillo		2:1	
U.T.A.				N.º DE LÁMINA	
INGENIERÍA MECÁNICA				HOJA 6 DE 9	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	REGISTRO:	

1

2

3

4

N7 Fresado

A

1 X 45°

Rectificado

N5

24

B

215

C

100,07
99,964x ϕ 1/2" POR TODO└ ϕ 3/4" ∇ 1/2" ϕ 5/16" POR TODO└ ϕ 15/32" ∇ 5/16"2x ϕ 6 POR TODO

D

153

80,06

79,97

20

10

E

2 x ϕ 36,03
35,79163,23
162,99

TOLERANCIA:

PESO:

MATERIAL:

 $\pm 0,3$

5752.54 gr

ASTM A36 Acero

FECHA

NOMBRE

TÍTULO:

ESCALA:

DIBUJÓ: 22/07/2018

Mario Ortiz

REVISÓ: 02/09/2018

Ing. Mauricio Carrillo

APROBÓ: 02/09/2018

Ing. Mauricio Carrillo

Placa Superior

1:2.5

U.T.A.

N.º DE LÁMINA

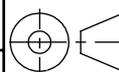
HOJA 7 DE 9

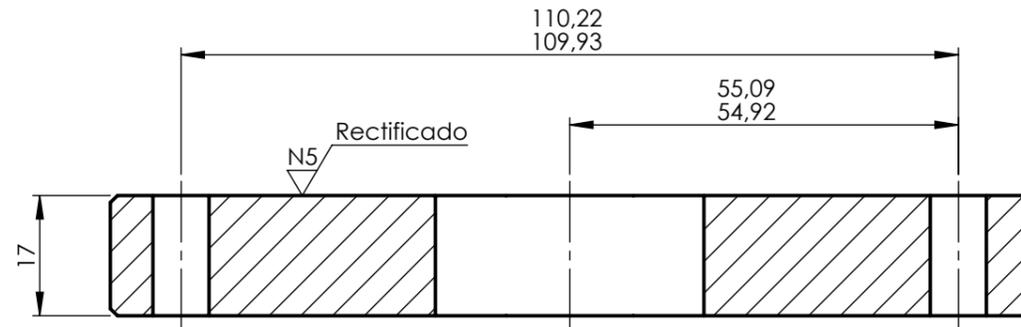
REGISTRO:

EDICIÓN: MODIFICACIÓN: FECHA: NOMBRE:

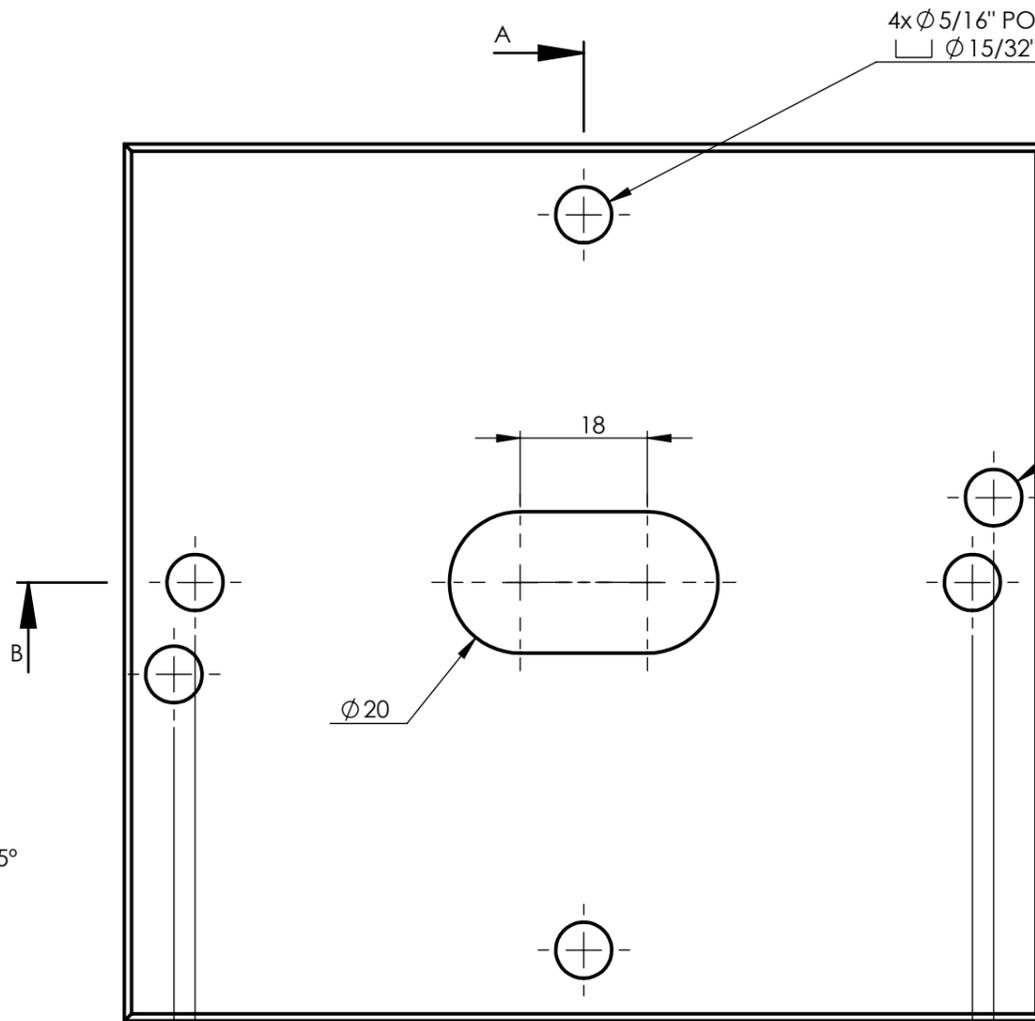
INGENIERÍA MECÁNICA

(SUSTITUCIÓN):

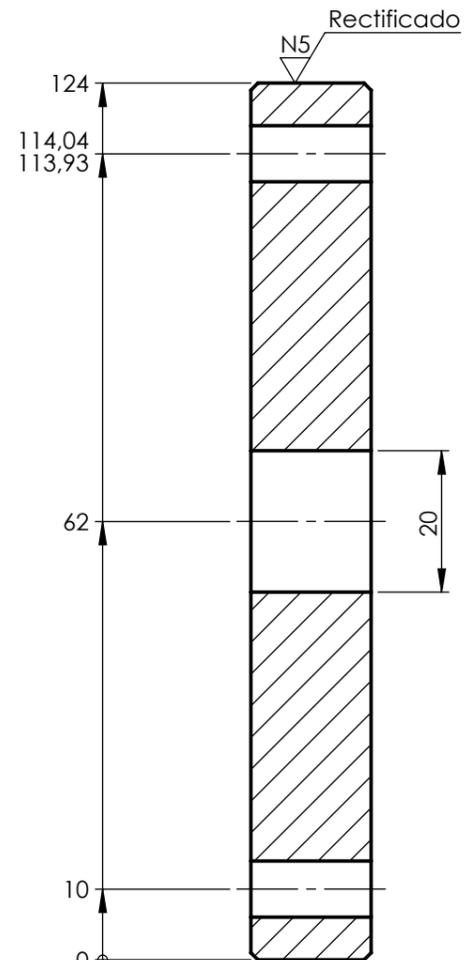




SECCIÓN B-B



SECCIÓN A-A



SECCIÓN A-A

N7 Fresado

4x $\phi 5/16"$ POR TODO
 $\square \phi 15/32" \nabla 5/16"$

2x $\phi 8,10$
 $\phi 7,95$ POR TODO

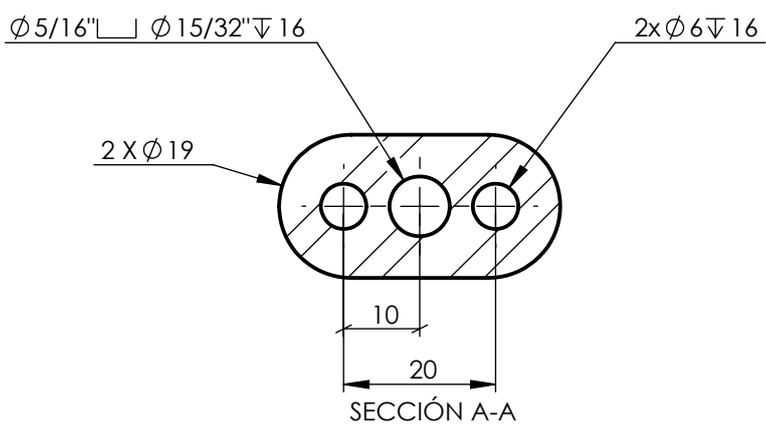
Los Filetes son de 1mm x 45°

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:		
				±0,5	257,00 gr	ACERO AISI SAE D3		
				FECHA:	NOMBRE:	TÍTULO:		ESCALA:
				DIBUJÓ: 22/07/2018	Mario Ortiz	Prensa Chapas		1:1
				REVISÓ: 02/09/2018	Ing. Mauricio Carrillo			
				APROBÓ: 02/09/2018	Ing. Mauricio Carrillo			
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA		REGISTRO:
				INGENIERÍA MECÁNICA		HOJA 8 DE 9		
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	(SUSTITUCIÓN):				

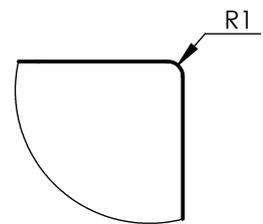
1 2 3 4

N7 Fresado

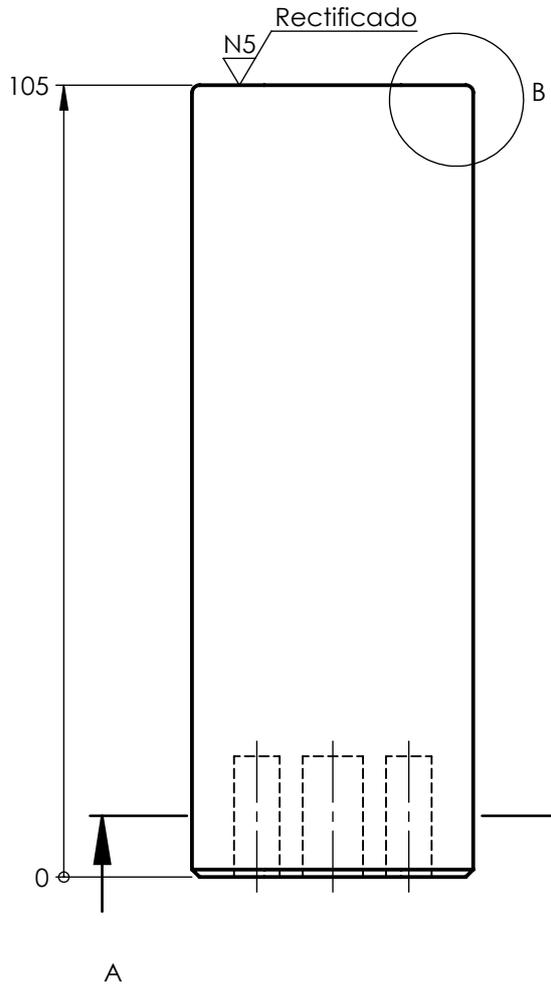
A



B



C

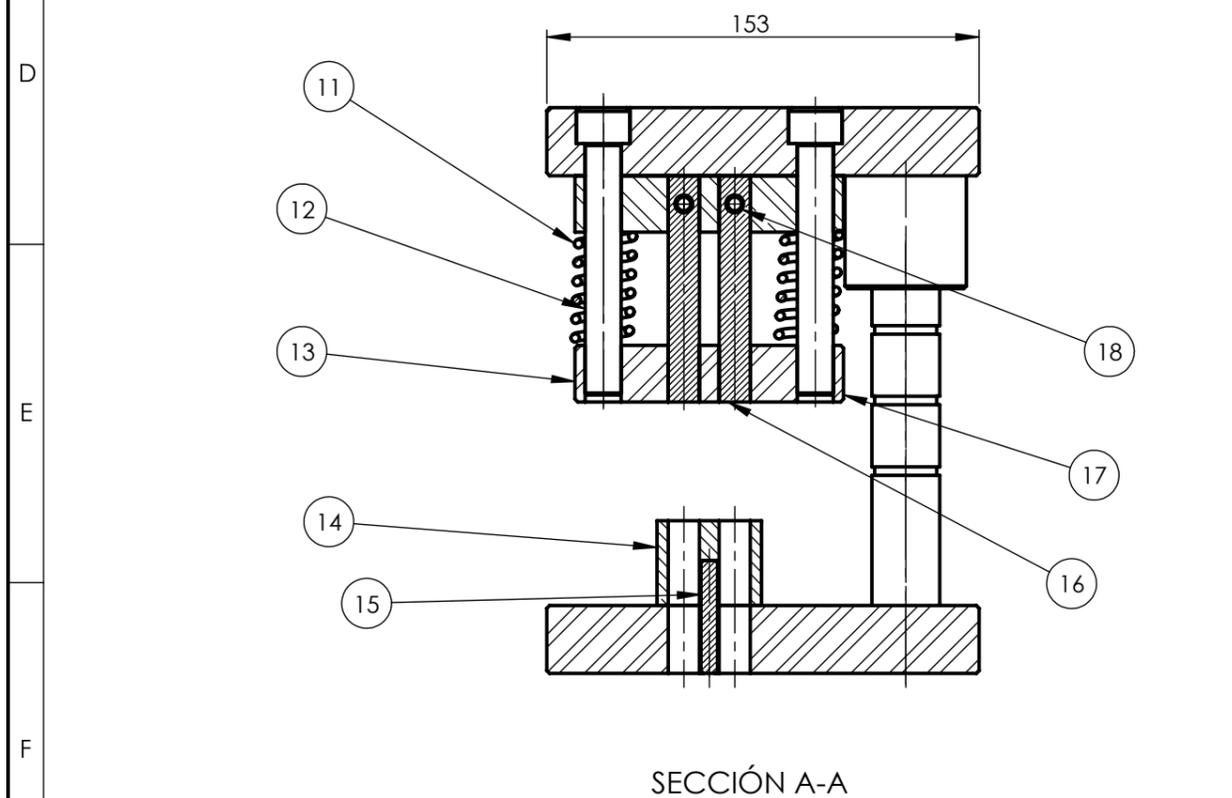
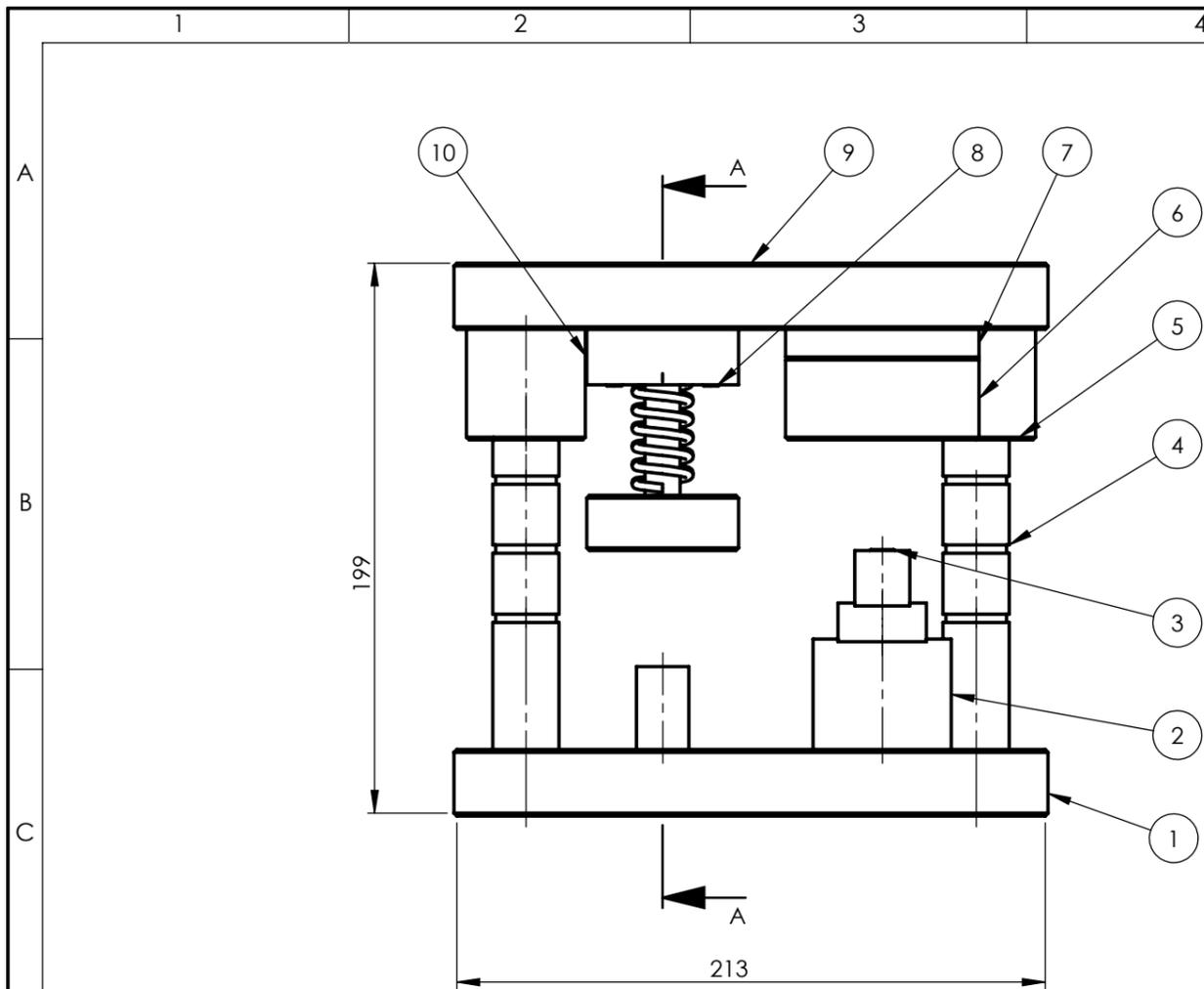


D

Todos los redondeos de 1mm y Filetes de 1mm x 45°

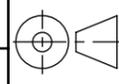
E

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:		
				±0,03	502.39 gr	ACERO AISI SAE D3		
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:		ESCALA:
				DIBUJÓ: 19/07/2018	Mario Ortiz	Punzón de Forma		1:1
				REVISÓ: 27/08/2018	Ing. Mauricio Carrillo			
				APROBÓ: 27/08/2018	Ing. Mauricio Carrillo			
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA		REGISTRO:
				INGENIERÍA MECÁNICA		HOJA 9 DE 9		
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			(SUSTITUCIÓN):		



2	Perno Allen	ANSI Inch	Acero aleado	18	HX-SHCS 0.25-20x1.5x1-N	0.038	
8	Perno Allen	ANSI Inch	Acero aleado	17	HX-SHCS 0.25-28x2.25x1.25-N	0.039	
2	Punzón de Perforado		ACERO AISI SAE D3	16		7.27	
1	Clavija del Perforado		Acero Plata	15		0.034	
1	Placa Matriz de Perforado		ACERO AISI SAE D3	14		12.61	
1	Botador de Perforado		ASTM A36 Acero	13		748.37	
2	Perno Allen	ANSI Inch	Acero aleado	12	HX-SHCS 0.5-20x3.5x2-N	0.037	
2	Resorte del Botador		Acero galvanizado	11		19.97	
1	Porta Punzones Perforado		ASTM A36 Acero	10		709.73	
1	Placa Superior-Matriz de Recorte y Perforado		ACERO ASTM A36	9		5673.20	
4	Perno Allen	ANSI Inch	Acero aleado	8	HX-SHCS 0.25-28x1.5x1-N	0.038	
1	Soporte Placa Matriz Recorte		ASTM A36 Acero	7		484.61	
1	Placa Matriz Recorte		ACERO AISI SAE D3	6		142.47	
2	Buje-Matriz de Recorte y Perforado		ACERO AISI SAE 4340	5		419.11	
2	Columna-Matriz de Recorte y Perforado		ACERO AISI SAE 4340	4		526.34	
1	Perno Allen	ANSI Inch	Acero aleado	3	HX-SHCS 0.25-20x0.875x0.875-N	0.038	
1	Punzón del Recorte		ACERO AISI SAE D3	2		163.31	
1	Placa Inferior-Matriz de Recorte y Perforado		ACERO ASTM A36	1		5948.31	
N.º de pieza	Denominación	N.º de norma/dibujo	Material	N.º de orden	N.º del molde/semiproducto	Peso(gr)	Observaciones

TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	VARIOS
±0,3	15885.70 gr		
FECHA:	NOMBRE:	TÍTULO:	Matriz de Recorte y Perforado
DIBUJÓ: 14/08/2018	Mario Ortiz		
REVISÓ: 02/09/2018	Ing. Mauricio Carrillo		
APROBÓ: 02/09/2018	Ing. Mauricio Carrillo		
U.T.A.		N.º DE LÁMINA:	REGISTRO:
INGENIERÍA MECÁNICA		HOJA 1 DE 12	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:



1

2

3

4

N7 Fresado

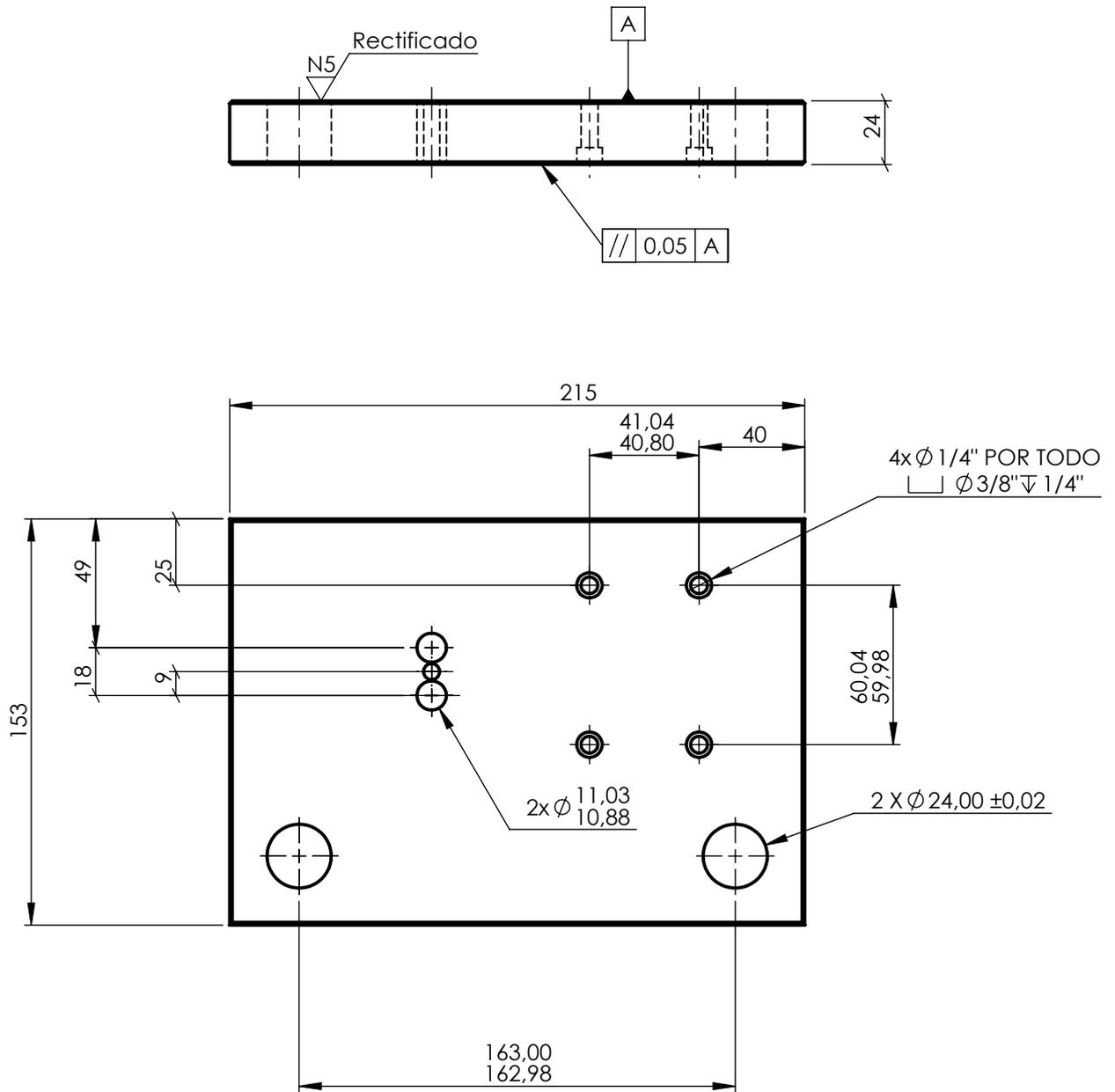
A

B

C

D

E



TOLERANCIA:

PESO:

MATERIAL:

 $\pm 0,2$

5948.31 gr

ASTM A36 Acero

FECHA

NOMBRE

TÍTULO:

ESCALA:

DIBUJÓ: 14/08/2018 Mario Ortiz

REVISÓ: 02/09/2018 Ing. Mauricio Carrillo

APROBÓ: 02/09/2018 Ing. Mauricio Carrillo

Placa Inferior-Matriz de Recorte y Perforado

1:2.5

U.T.A.

N.º DE LÁMINA

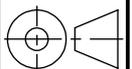
HOJA 2 DE 12

REGISTRO:

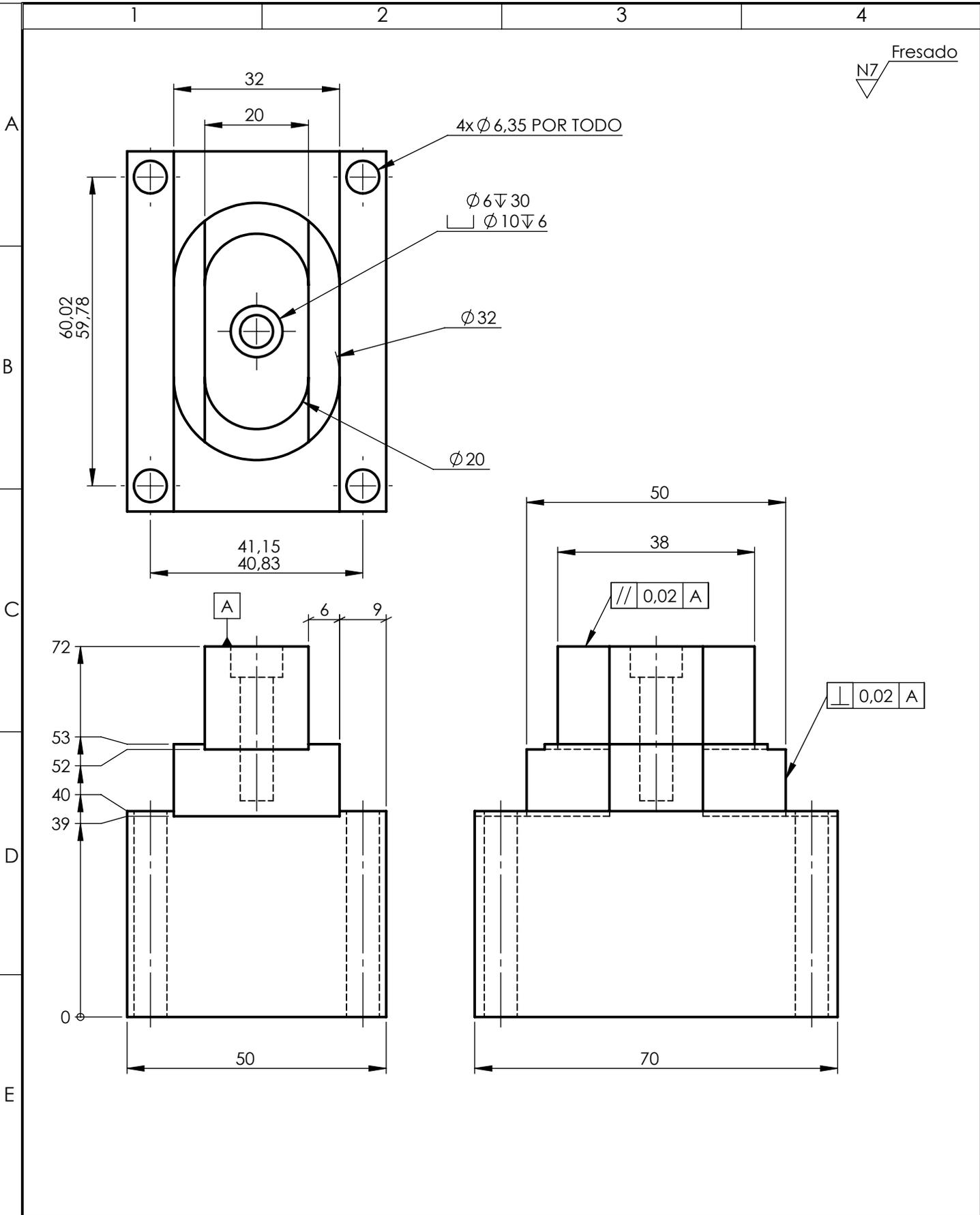
EDICIÓN: MODIFICACIÓN: FECHA: NOMBRE:

INGENIERÍA MECÁNICA

(SUSTITUCIÓN):



N7 Fresado



				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±0,5	163.31 gr	Acero AISI SAE D3	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJÓ: 14/08/2018	Mario Ortiz	Punzón del Recorte	1:1
				REVISÓ: 02/09/2018	Ing. Mauricio Carrillo		
				APROBÓ: 02/09/2018	Ing. Mauricio Carrillo		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA	REGISTRO:
						HOJA 3 DE 12	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			(SUSTITUCIÓN):	

1

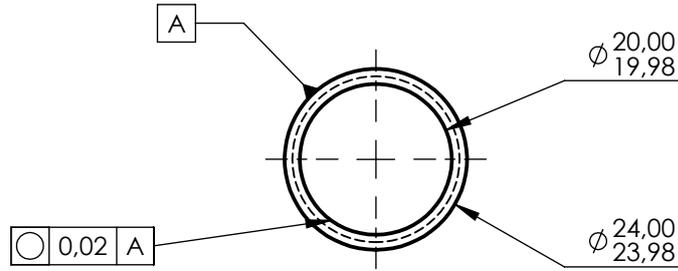
2

3

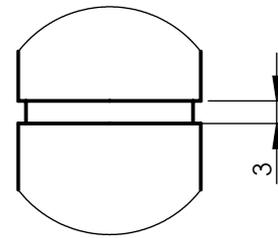
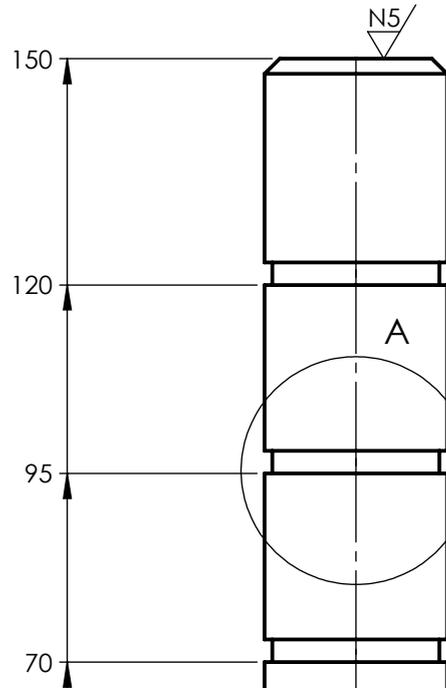
4

A

N7 Torneado



B



DETALLE A

C

D

E

N5

Todos los filetes de 1mm x 45°

R1

TOLERANCIA:

PESO:

MATERIAL:

±0,018

526.34 gr

AISI 4340 Acero normalizado

FECHA

NOMBRE

TÍTULO:

ESCALA:

DIBUJÓ: 14/08/2018 Mario Ortiz

REVISÓ: 02/09/2018 Ing. Mauricio Carrillo

APROBÓ: 02/09/2018 Ing. Mauricio Carrillo

Columna-Matriz de Recorte y Perforado

1:1

U.T.A.

N.º DE LÁMINA

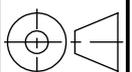
HOJA 4 DE 12

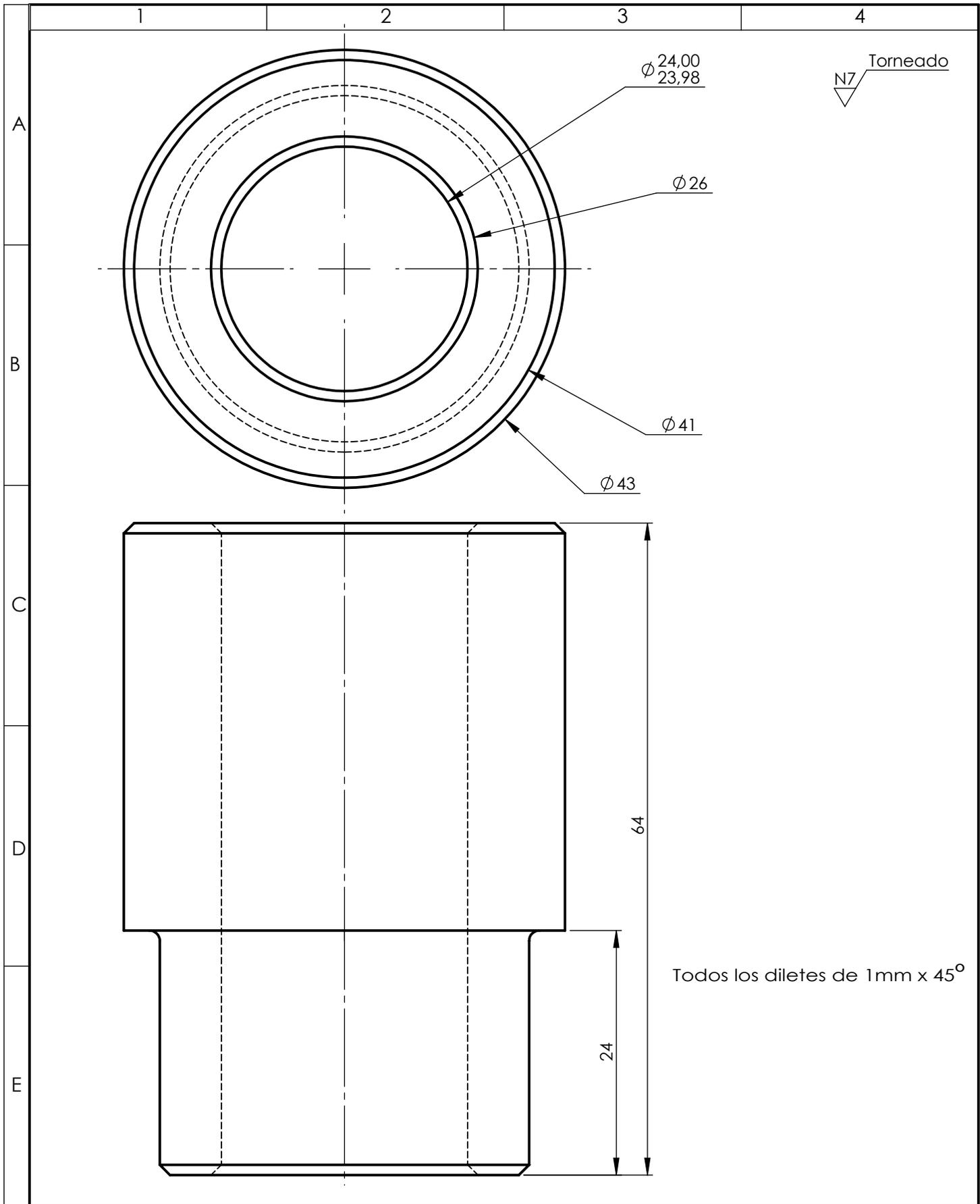
REGISTRO:

EDICIÓN: MODIFICACIÓN: FECHA: NOMBRE:

INGENIERÍA MECÁNICA

(SUSTITUCIÓN):





				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±0,2	419.11 gr	AISI 4340 Acero normalizado	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJÓ: 14/08/2018	Mario Ortiz	Buje-Matriz de Recorte y Perforado	2:1
				REVISÓ: 27/08/2018	Ing. Mauricio Carrillo		
				APROBÓ: 27/08/2018	Ing. Mauricio Carrillo		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA	REGISTRO:
						HOJA 5 DE 12	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			(SUSTITUCIÓN):	

1

2

3

4

N7 Fresado

A

Rectificado

N5

A

30

B

0,02 A

70

50,090
49,9614X \varnothing 6,35 POR TODO
 \perp \varnothing 9,53 ∇ 6,35

C

 \varnothing 32

D

18

70,05
69,97

90

E

32

Todos los filetes son de 1mm x 45°

TOLERANCIA:

PESO:

MATERIAL:

 $\pm 0,5$

142.47 gr

Acero AISI SAE D3

FECHA

NOMBRE

TÍTULO:

ESCALA:

DIBUJÓ: 14/08/2018 Mario Ortiz

REVISÓ: 27/08/2018 Ing. Mauricio Carrillo

APROBÓ: 27/08/2018 Ing. Mauricio Carrillo

Placa Matriz Recorte

1:1

U.T.A.

N.º DE LÁMINA

HOJA 6 DE 12

REGISTRO:

EDICIÓN: MODIFICACIÓN: FECHA: NOMBRE:

INGENIERÍA MECÁNICA

(SUSTITUCIÓN):



1

2

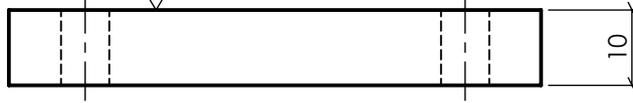
3

4

N7 Fresado

A

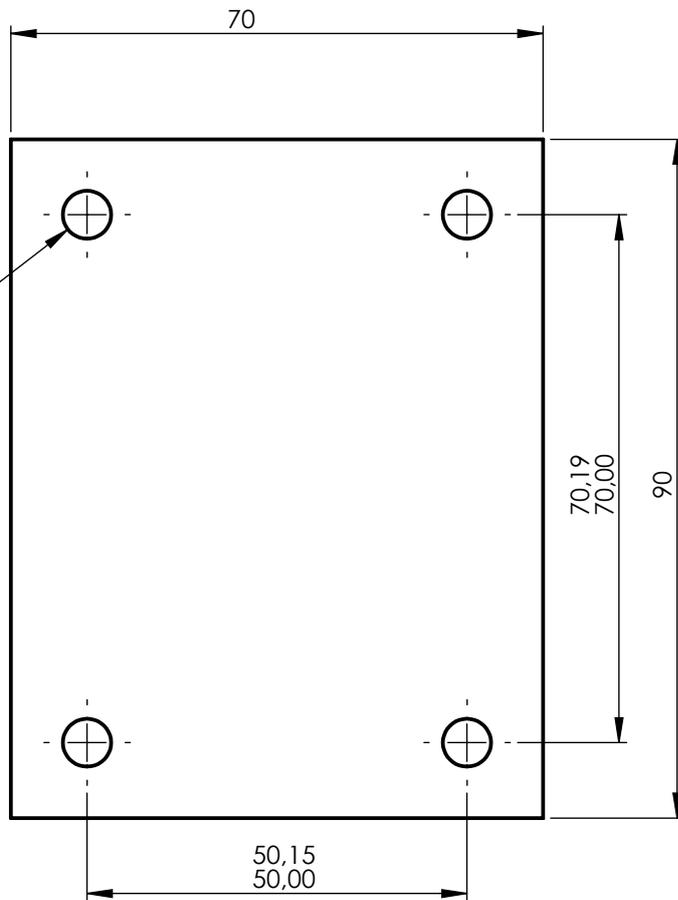
N5 Rectificado



B

C

4x $\varnothing 6,35$ POR TODO



D

E

				TOLERANCIA: $\pm 0,3$	PESO: 484.61 gr	MATERIAL: ASTM A36 Acero	
					FECHA	NOMBRE	TÍTULO:
					DIBUJÓ: 14/08/2018	Mario Ortiz	Soporte Placa Matriz Recorte
					REVISÓ: 27/08/2018	Ing. Mauricio Carrillo	
					APROBÓ: 27/08/2018	Ing. Mauricio Carrillo	
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA	ESCALA:
				INGENIERÍA MECÁNICA		HOJA 7 DE 12	1:1
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			(SUSTITUCIÓN):	REGISTRO:

1

2

3

4

N7 Fresado

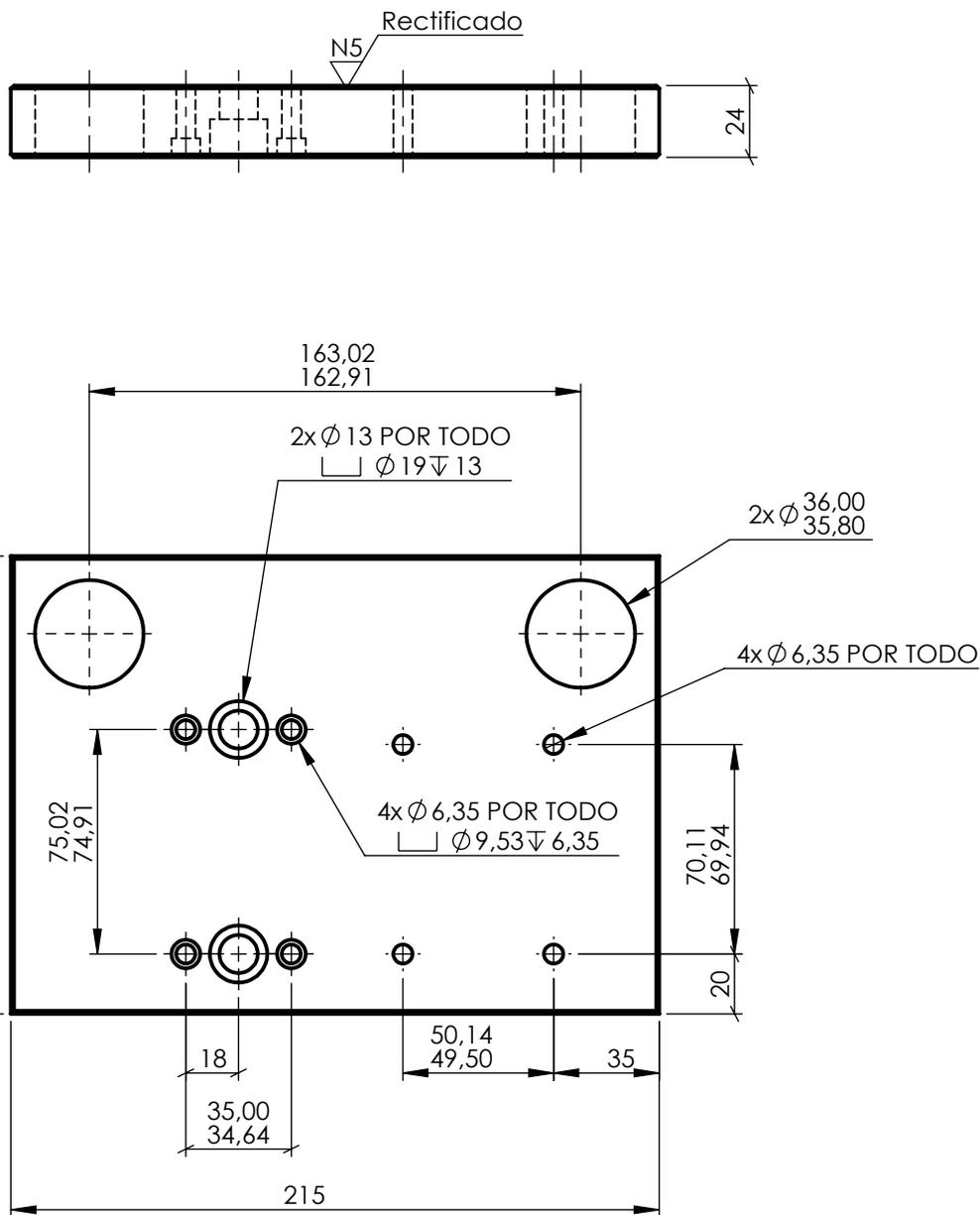
A

B

C

D

E



TOLERANCIA:

PESO:

MATERIAL:

 $\pm 0,5$

5673.20 gr

ASTM A36 Acero

DIBUJÓ:

FECHA:

NOMBRE:

TÍTULO:

ESCALA:

REVISÓ:

APROBÓ:

14/08/2018

02/09/2018

02/09/2018

Mario Ortiz

Ing. Mauricio Carrillo

Ing. Mauricio Carrillo

Placa Superior-Matriz de Recorte y Perforado

1:2.5

U.T.A.

N.º DE LÁMINA

REGISTRO:

HOJA 8 DE 12

EDICIÓN: MODIFICACIÓN: FECHA: NOMBRE:

INGENIERÍA MECÁNICA

(SUSTITUCIÓN):



1

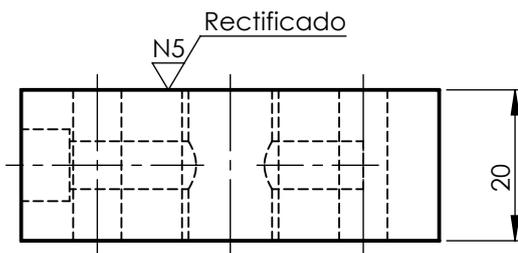
2

3

4

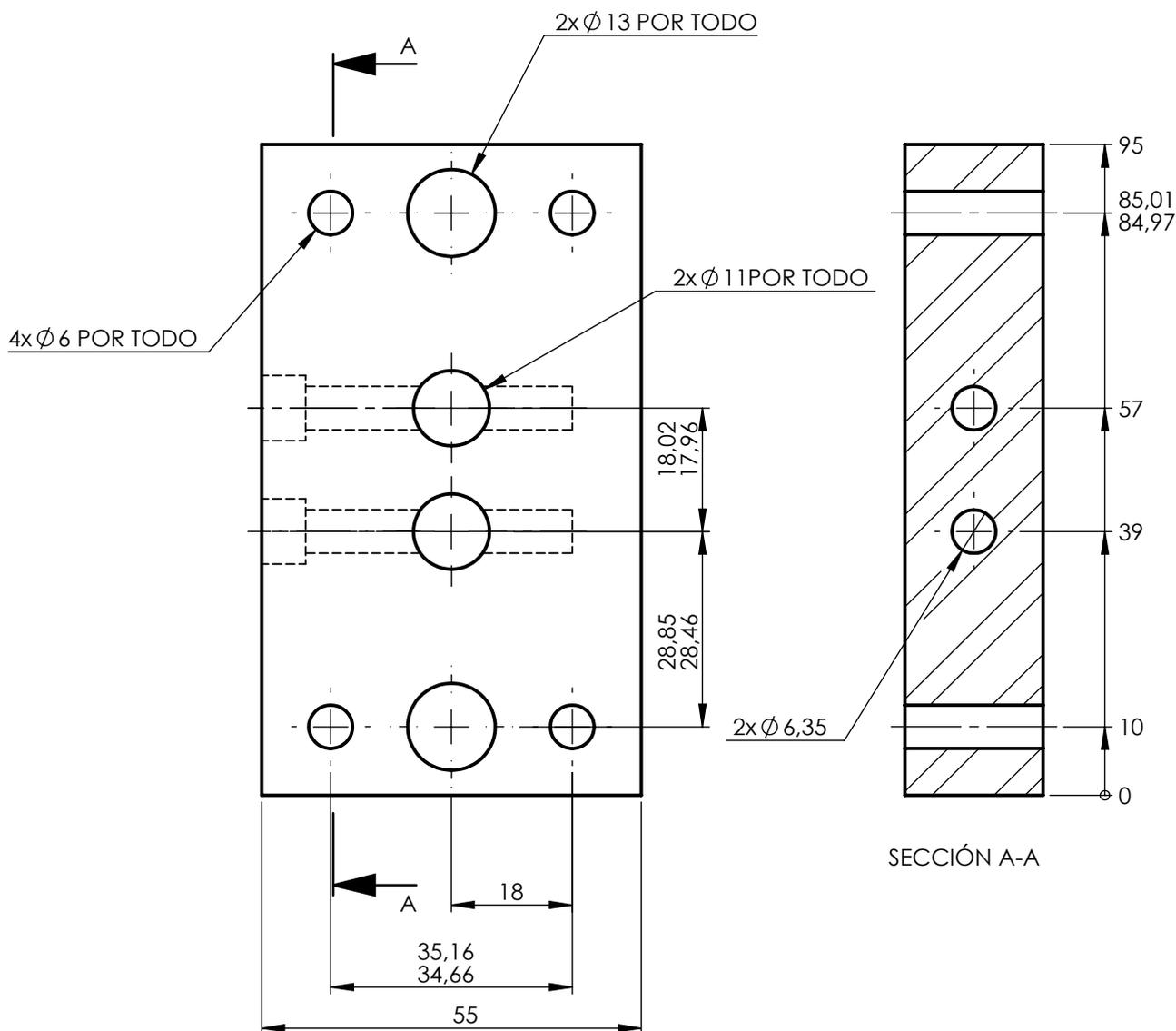
N7
Fresado

A



B

C



D

E

TOLERANCIA:

PESO:

MATERIAL:

±0,3

709.73 gr

ASTM A36 Acero

FECHA

NOMBRE

TÍTULO:

ESCALA:

DIBUJÓ: 14/08/2018

Mario Ortiz

REVISÓ: 02/09/2018

Ing. Mauricio Carrillo

APROBÓ: 02/09/2018

Ing. Mauricio Carrillo

Porta Punzones Perforado

1:1

U.T.A.

N.º DE LÁMINA

HOJA 9 DE 12

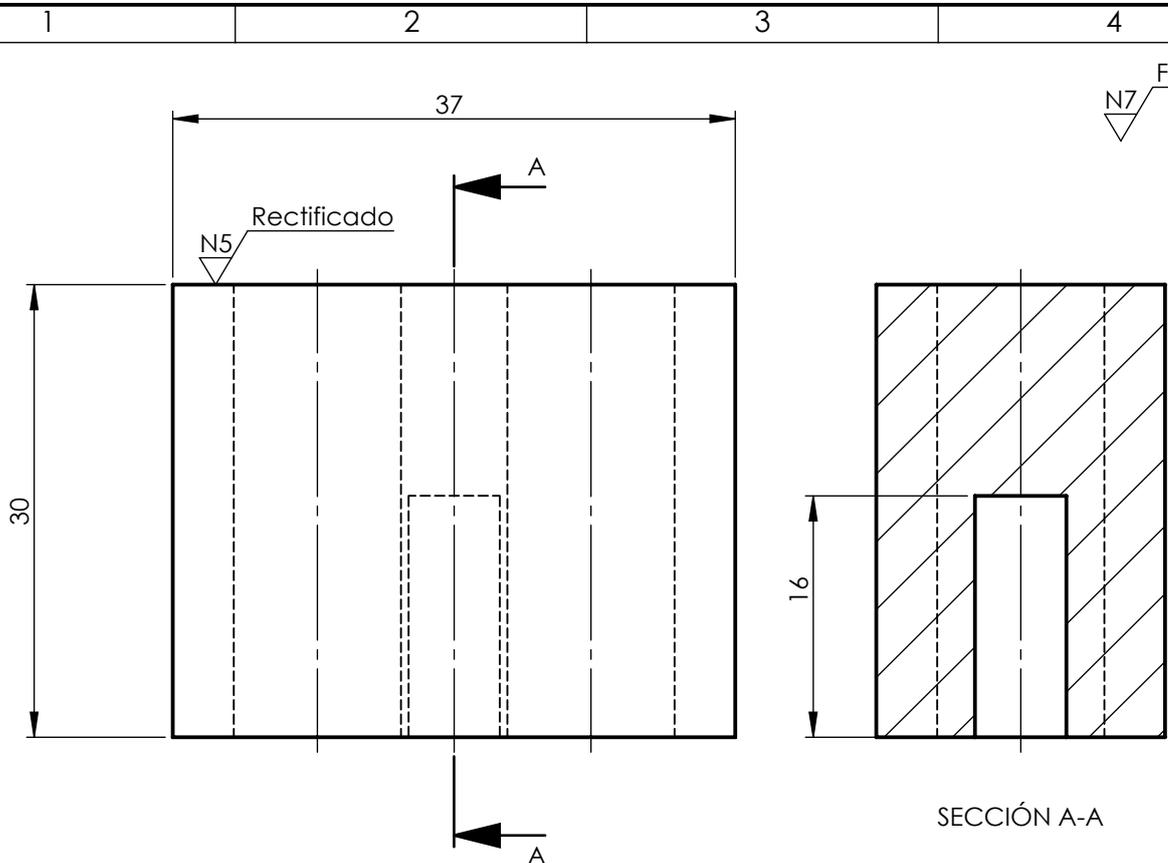
REGISTRO:

EDICIÓN: MODIFICACIÓN: FECHA: NOMBRE:

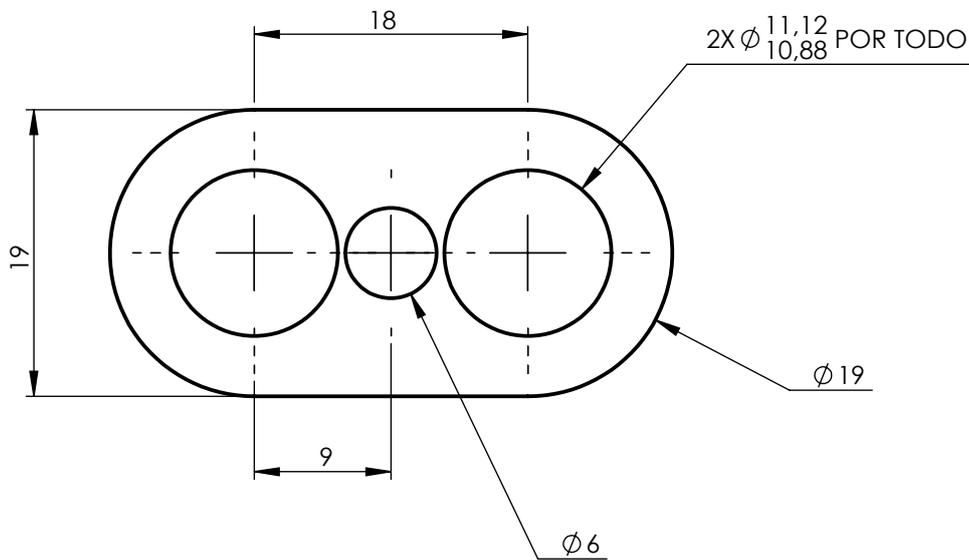
INGENIERÍA MECÁNICA

(SUSTITUCIÓN):





SECCIÓN A-A



				TOLERANCIA: ±0,1	PESO: 12.61 gr	MATERIAL: ACERO AISI SAE D3	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	
				DIBUJÓ: 14/08/2018	Mario Ortiz	Placa Matriz de Perforado	
				REVISÓ: 02/09/2018	Ing. Mauricio Carrillo		
				APROBÓ: 02/09/2018	Ing. Mauricio Carrillo		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA	ESCALA:
						HOJA 11 DE 12	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			(SUSTITUCIÓN):	REGISTRO:

