

73



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**ANALISIS Y DISEÑO DE UN TROQUEL PARA LA
FABRICACION DE UNA HEBILLA PARA CINTURON**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
ANTONIO RODRIGUEZ DOMINGUEZ**

ASESOR: M. en I. FELIPE DIAZ DEL CASTILLO RODRIGUEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, ESTADO DE MEXICO

2002

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
 UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

U. N. A. M.
 FACULTAD DE ESTUDIOS
 SUPERIORES-CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE
 EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
 PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
 Jefe del Departamento de Exámenes
 Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Análisis y diseño de un troquel para la fabricación
de una hebilla para cinturón.

que presenta el pasante: Antonio Rodríguez Domínguez
 con número de cuenta: 9758652-4 para obtener el título de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
 "POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 22 de Abril de 1 2002

PRESIDENTE Ing. Otilio Gómez Alcantara [Firma]

VOCAL M.I. Felipe Díaz del Castillo Rodríguez [Firma]

SECRETARIO Ing. Angel Martínez Jiménez [Firma]

PRIMER SUPLENTE Ing. Rodolfo López González [Firma]

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Carlos Oropeza Legorreta [Firma]

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
CAPITULO I	
HERRAMIENTAS PARA TRABAJO EN PRENSA	
1.1. Prensas	3
1.2. Tipos de trabajos que se realizan con las prensas	5
1.3. Partes de un troquel	7
1.4. Doblado	10
1.5. Clasificación de troqueles para doblado	12
1.6. Tipos de dados o matrices para realizar la operación de doblado	13
1.7. Cálculos necesarios para el diseño de un troquel	15
1.7.1. Fuerza necesaria para realizar el punzonado o recortado	15
1.7.2. Espesor de la placa extractora	17
1.7.3. Centro de presión	18
1.7.4. Ángulo de escape del agujero de la matriz	20
1.7.5. Claro u holgura entre punzón y matriz	22
1.7.6. Longitud máxima de un punzón	24
1.7.7. Dimensiones recomendadas para una matriz	25
1.7.8. Fijación de la matriz	26
1.7.9. Calculo de longitud de perfiles doblados	26
1.7.10. Fuerza necesaria para el doblado	28
CAPITULO II	
DISEÑO DEL TROQUEL	
2.1. Planteamiento del problema	30
2.2. Memoria de calculo	31

2.3. Longitud del material antes de doblar	33
2.4. Fuerza necesaria para el corte	33
2.5. Fuerza necesaria para el doblado	39
2.6. Longitud máxima del punzón mas delgado	39
2.7. Centroide (Centro de presión)	40
2.8. Claro u holgura	53

CAPITULO III

DIBUJOS

3.1. Dibujo de conjunto del troquel	58
3.2. Realización de dibujos para fabricación	58

CONCLUSIONES	85
---------------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA	86
---------------------------	-----------

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la gran variedad de piezas que se fabrican por medio del troquelado, es inmensa, ya que esta operación se realiza en frío (de ahí que también se le conoce como operación de trabajo en frío), es decir, sin ningún tratamiento térmico previo al material, lo que su realización, o fabricación de la pieza es relativamente más sencilla y versátil que la fabricación de una pieza fundida, ya que como se sabe, el diseño de una pieza que se va a fundir requiere de un proceso demasiado largo en comparación con el proceso del troquelado, por lo cual, el mercado de fabricación y diseño de troqueles es muy demandado, dando así la oportunidad de incurrir en este mercado. En este proyecto se trata de dar a conocer este proceso, para el cual se fabricará una hebilla de cinturón, la cual tendrá el logotipo de los "Pumas". En la elaboración de esta hebilla se utilizarán las operaciones de punzonado, recorte y doblez, o sea, que el troquel realizara ambas operaciones al mismo tiempo, cuando se realizan dos o más operaciones al mismo tiempo se le conoce al troquel como troquel progresivo, con esto se reduce el tiempo de fabricación de la pieza, ya que es lo que se trata en la industria, producir más en el mínimo de tiempo posible y manteniendo los costos de producción bajos.

En el capítulo I se menciona lo referente a los tipos de operaciones que se pueden realizar con un troquel, las cuales como ya se mencionó antes son: el recortado, punzonado, doblado, etc., así como también se dará a conocer los tipos de prensas que se utilizan, además de la forma en que se debe de diseñar un troquel siguiendo los estándares de fabricación.

En el capítulo II se hace referencia a el diseño mismo del troquel, el cual debe de tener los cálculos requeridos para obtener el centro de presión, la fuerza necesaria para realizar el punzonado y el corte de material, así como también el doblez, la longitud máxima del punzón mas delgado, entre otros. Además de todo lo anterior, se debe de realizar los cálculos para ver que tipo de ajuste debe de llevar las piezas que así lo requieran.

En el capítulo III se mostrarán todos los dibujos de cada una de las piezas que conforman a un troquel, como son: la zapata superior, zapata inferior, sufridera, punzones, matriz, etc., en este capítulo también se mostrará el dibujo de conjunto del troquel, este capítulo es de gran importancia para un diseñador, ya que aquí se encuentra una de las partes fundamentales del diseño, por que sin el simplemente no se podría realizar las piezas requeridas, es decir, no se llevaría a cabo la realización del troquel, ya que en los dibujos se da a conocer la pieza final con el tipo de acabado que se requiere, por que no se le puede dar un acabado a todas las piezas, sino se debe de seleccionar algún tipo de acabado para cada pieza según lo requiera.

OBJETIVOS

- Proporcionar un panorama general de los troqueles utilizados para diferentes operaciones en prensa.

- Mostrar las diferentes aplicaciones que puede tener un troquel.

- Mencionar los tipos de trabajos que se realizan con las prensas.

- Diseñar un troquel que permita obtener una hebilla para cinturón.

- Dar a conocer los cálculos necesarios para el diseño del troquel.

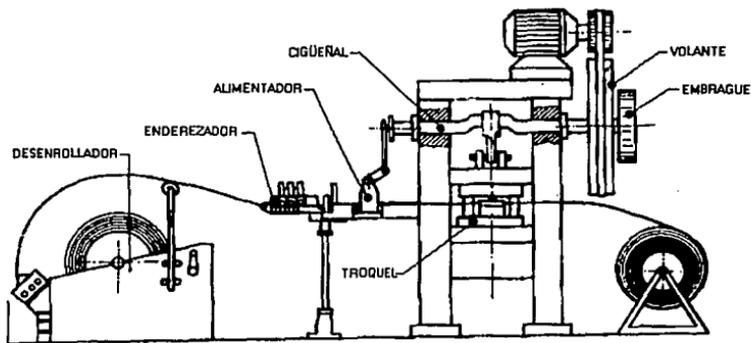
CAPITULO I

HERRAMIENTAS PARA TRABAJO EN PRENSA

1.1. Prensas

Las prensas son una de las maquinas más comunes en la industria y por lo tanto, es la más usada para las operaciones de trabajo en frío. Dichas prensas son capaces de proporcionar un impacto seco e instantáneo aprovechando la energía cedida por su elemento motriz, el cual puede ser mecánico o hidráulico, a su vez esta energía de dicho elemento es transformada por un útil, es decir, un troquel, un dado o una estampa. En el punzonado o recortado se obtiene una pieza de material plano en una pieza de perfil definido y en el estirado, embutido o en la extrusión se obtiene una pieza con volumen.

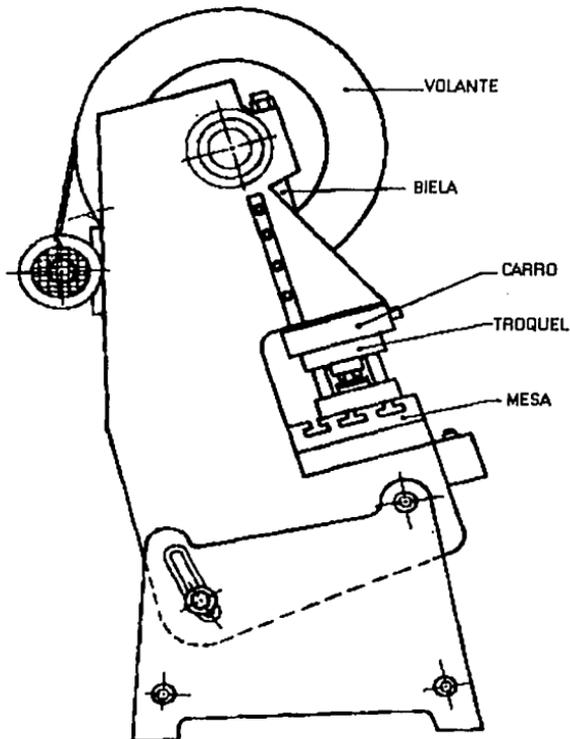
La gran variedad de herramientas que se pueden utilizar con una prensa es inmensa, dando como resultado que la misma prensa se pueda utilizar para muchos trabajos y operaciones diferentes, esto resulta conveniente, cuando la producción es relativamente pequeña. Las prensas también tienen la posibilidad de que el costo de producción sea bajo, ya que estas son capaces de realizar producciones rápidas. A continuación se presenta en la figura 1.1 una prensa troqueladora con desenrollador, enderezador, alimentador y enrollador de tira de desperdicio.



Ulrich Schärer Stuberli, 1991, Ingeniería de Manufactura, Ed. Continental

Figura 1.1. Arreglo típico de una prensa troqueladora.

Otro tipo de prensa es la prensa inclinada (figura 1.2), esta prensa sirve para la descarga de las piezas o recortes que se realizan durante el proceso de troquelado. Este tipo de prensas son ajustables, es decir, varían su posición desde la vertical hasta un ángulo pronunciado. Se emplean en la producción de partes pequeñas que impliquen doblado, punzonado, recorte y demás operaciones similares.



Ulrich Schärer Säuberli, 1991, Ingeniería de Manufactura, Ed. Continental

Figura 1.2. Prensa excéntrica inclinable.

1.2. Tipos de trabajos que se realizan con las prensas

Existe una diversidad de operaciones que se pueden hacer con una prensa, aquí se muestran solo algunas.

- ❖ **Punzonado.** Consiste en hacer un agujero redondo o de otra geometría en una pieza metálica. La cantidad de material eliminado es relativamente pequeña en comparación con la del recortado. Esto se muestra en la figura 1.3.

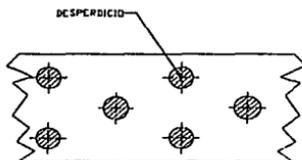


Figura 1.3. Cantidad de material que se considera desperdicio en la operación de punzonado.

- ❖ **Recortado.** Consiste en cortar el contorno completo de la pieza en una sola carrera de la prensa. A la tira de desperdicio que resulta de esta operación se le denomina esqueleto. Lo anterior se muestra en la figura 1.4.

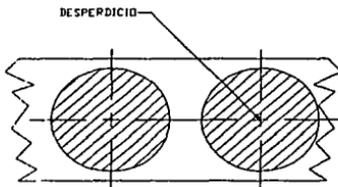


Figura 1.4. Cantidad de material que se considera desperdicio en la operación de recortado.

- ❖ **Ranurado.** Consiste en hacer cortes incompletos en la tira del material con el fin de formar o cortar una parte de la pieza de trabajo para que el recorte del contorno resulte más fácil de realizarse, figura 1.5.

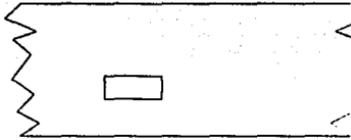


Figura 1.5. El ranurado se realiza para que el recorte del contorno ~~resiste~~ más fácil.

- ❖ **Cercenado.** Significa recortar toda la forma que se desee a través de la tira de material pero sin separar esta, por lo tanto no hay material removido durante la operación, figura 1.6.

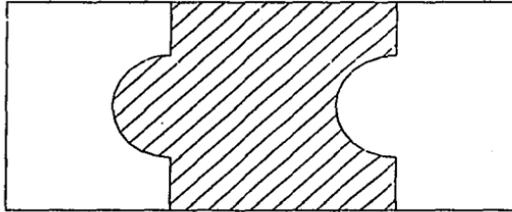


Figura 1.6. El material no se desprende durante la operación.

- ❖ **Estirado o embutido.** Es una operación de alargamiento mediante la cual se le da forma a la pieza, figura 1.7.

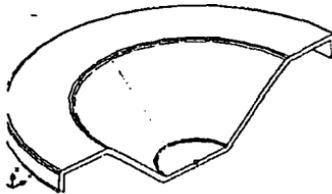


Figura 1.7. En esta operación se obtiene un volumen en forma de recipiente.

- ❖ **Desbarbado.** Es la eliminación de rebaba o excesos de metal en torno a las aristas de una pieza que se obtuvo antes mediante un proceso de forja. Esta operación es un proceso de acabado o de ajuste de dimensiones, en el cual se retira poco material, figura 1.8.

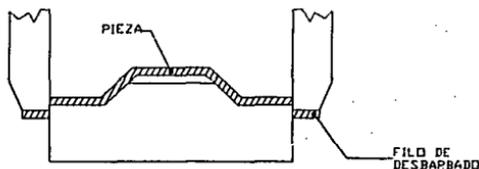


Figura 1.8. En esta operación el dado solo da un acabado o ajuste de dimensiones.

- ❖ **Acuñado.** Es una operación de compresión utilizando para incluir una figura con relieves. En esta operación se emplea un dado cerrado. Un buen ejemplo se muestra en la figura 1.9.

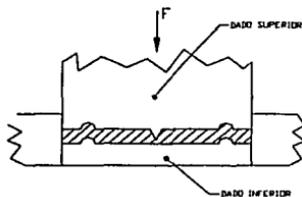


Figura 1.9. Las monedas y vajillas obtienen sus diseños impresos de esta forma.

- ❖ **Rasurado.** Se utiliza algunas ocasiones para alisar los filos rugosos y eliminar las rebabas que se producen durante la operación de recortado.

1.3. Partes de un troquel.

A continuación se muestran las partes que conforman a un troquel, como son: la espiga, punzones, zapatas superior e inferior, etc. Dichas partes se pueden ver en la figura 1.10.

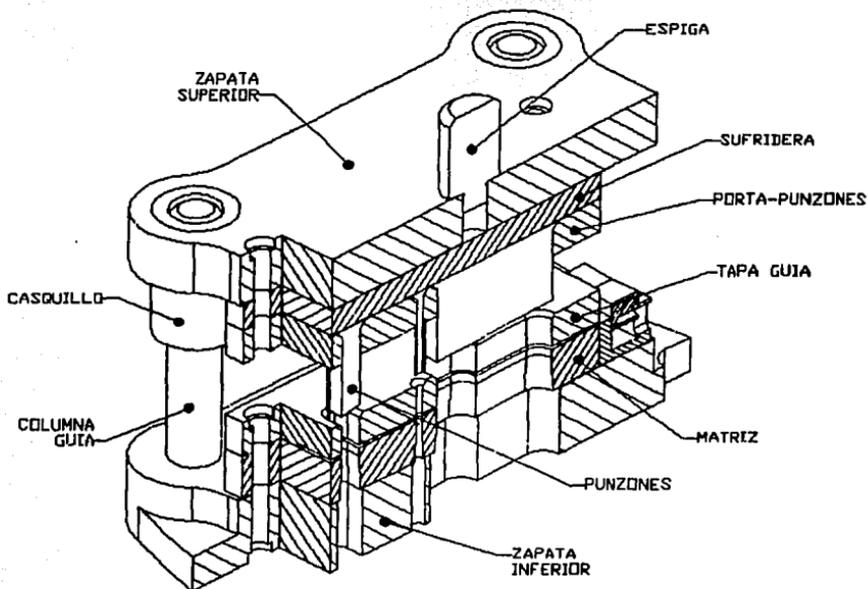


Figura 1.10. Elementos que conforman un troquel.

Las funciones de cada una de las partes que integran un troquel se describen a continuación:

- ✓ **Espiga.** Es el medio de unión entre la zapata superior y el carro de la prensa.
- ✓ **Zapata Superior.** Sujeta a la sufridera y, además, fija al troquel al carro de la prensa ya sea mediante la espiga o mediante tornillos Allen, cuando se trata de troqueles de gran dimensión.
- ✓ **Sufridera.** Evita el desplazamiento axial de los punzones al momento del impacto y sirve como base a la placa porta punzones.

- ✓ **Placa porta punzones.** Da alojamiento y sostiene a los punzones.
- ✓ **Punzones.** Son las partes móviles del troquel que se acoplan al carro de la prensa mediante la zapata superior y la placa porta punzones, poseen la forma total o parcial de la pieza que se desea obtener. Su movimiento debe ser estrictamente perpendicular a la matriz y debe existir un pequeño juego entre el punzón y la pared de la tapa guía, el cual se encuentra en el rango de 0.2 a 0.5 mm. El diseño de punzones delgados (cuando su diámetro es igual o menor al espesor de la chapa) debe hacerse con especial cuidado ya que están más propensos a romperse.
- ✓ **Tapa guía o placa extractora.** Este elemento tiene las funciones siguientes:
 - Guiar a los punzones
 - Guiar a la tira de material durante su paso por el troquel
 - Actúan como prensa-chapas, es decir, que retiene a la tira de material.
- ✓ **Matriz.** Junto con los punzones, la matriz es una de las partes fundamentales de un troquel y la cual soporta grandes esfuerzos debidos a los impactos. Sus características geométricas más importantes son:
 - Espesor
 - Angulo de escape o de salida
 - Juego que debe existir entre punzón y matriz.
- ✓ **Columnas guía.** Estos elementos tienen como principal importancia y función, el de mantener alineadas las parte superior e inferior del troquel.
- ✓ **Topes.** Se utilizan para sustituir y detener correctamente la tira de material cuando se hace avanzar de un paso a otro. Los topes pueden ser de dos tipos:
 1. Topes de dedo
 2. Topes de gatillo ó automáticos.

- ✓ **Zapata Inferior.** La zapata inferior tiene dos funciones.
 - a) Mantener fija la parte inferior del troquel a la mesa de trabajo de la prensa.
 - b) Mantener en posición a la matriz.

1.4. Doblado.

También denominado plegado, consiste en modificar la forma de una lamina, manteniendo el paralelismo de sus caras y el espesor.

Cuando se trata de producir perfiles de chapas o plegados de dimensiones relativamente grandes, y en los casos de tamaños de fácil montaje en las prensas, se realiza con herramientas de forma especial llamadas estampas de doblar.

Se debe cuidar que durante la operación no sufra alargamientos el material, pues con ello ocasionaría una disminución indeseable en el espesor de la lamina.

El doblado se realiza entre ángulos que varían de 0° a 180° con punzones redondeados, para evitar que la chapa se rompa durante la operación.

El doblado se puede hacer en el mismo equipo que el utilizado para corte o punzonado, es decir, en prensas de cigüeñal excéntrico operadas por levas, si la longitud de doblado no es muy grande o en prensas plegadoras o de cortina, si el doblado es de una longitud apreciable.

Un doblado simple consiste en un doblado recto a la hoja de metal; operaciones tales como la formación de rebordes, formación de juntas y el plegado son similares aunque un poco más complicadas.

Dichas operaciones implican que el metal sea esforzado tanto a la tensión como a la compresión hasta valores por debajo de la resistencia máxima del material, sin cambio apreciable en su espesor.

El metal ya doblado retiene algo de su elasticidad original, presentándose una recuperación elástica, una vez retirado el punzón, este fenómeno se conoce como retorno elástico, figura 1.11. Durante el retorno elástico las fibras en compresión se dilatan ligeramente y las que están a tensión se contraen, la acción original que el doblado se abra

ligeramente. Para corregir esto, se hace un doblé mayor para que al quitar la presión, la pieza regrese a su forma correcta.

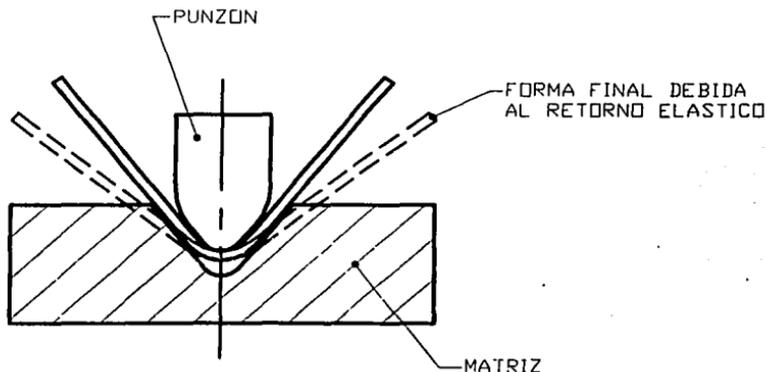


Figura 1.11. Retorno elástico que sufre el material recién deformado.

El radio mínimo del doblé, figura 1.12., varía de acuerdo con la ductilidad y espesor del material, aunque es recomendable que no sea menor al valor del espesor del material. Con fin de no estirar excesivamente la fibra exterior y para garantizar el doblado, sin roturas, se considera como radio mínimo de doblado la tabla 1.1.

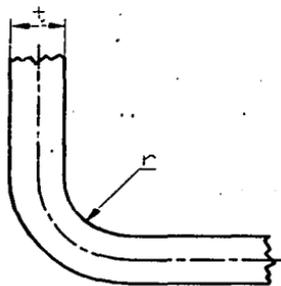


Figura 1.12. Radio mínimo de doblado.

Tabla 1.1. Radio mínimo de doblado para algunos materiales.

Material	Radio mínimo (r)	
	Perpendicular a la fibra	Paralelo a la fibra
Latón	t a 2t	3t a 4t
Aluminio		
Acero dulce		
Acero duro	3t a 4t	5t a 6t

Un aspecto importante a considerar en el diseño de herramental para las operaciones de doblado, es la orientación del grano en la lámina o chapa de metal. Cuando el material se lamina, las fibras (formadas por el agrupamiento de granos) se orientan en dirección longitudinal. Esto ocasiona que a nivel microscópico la apariencia sea como las vetas de un trozo de madera.

Como es bien sabido, la madera soporta mayores esfuerzos en la dirección del grano que perpendicularmente a ella. Algunas veces y en función de la aplicación de la pieza, la disposición o acomodo de la figura en la tira progresiva, esta gobernada por la orientación del grano.

1.5. Clasificación de troqueles para doblado.

Se pueden subdividir en tres grupos generales. El primer grupo, comprende únicamente las herramientas que reciben la pieza prepunzonada. Su misión es efectuar los dobleces, curvaturas, etc. que den el acabado final a la pieza de trabajo.

El segundo grupo lo forman los troqueles que punzonan y doblan; proporcionando la pieza terminada. El tercer y último abarca los troqueles más complejos, que efectúan embuticiones, doblados y punzonados. La elección de cualquier tipo de troquel depende por la clase de pieza a obtener. Los de doblar pueden conformar una placa metálica plana en una pieza cuya forma se ha determinado anteriormente.

Es importante hacer mención aquí que durante el doblado de alguna pieza, esta no se debe mover, ya que si ocurriese, se tiene el riesgo de que la pieza salga deformada,

es decir, sus dimensiones no son las adecuadas. Cuando las formas de las piezas se obtienen por medio de un solo golpe, se quedan alojadas energéticamente en el interior de la matriz, ocasionando dificultades para la extracción manual. La solución a este pequeño, pero importante problema consiste en colocar extractores y pisadores, tanto en el punzón como en la matriz. Estos extractores tienen la función de prensa-chapas, es decir, evitar la deformación previa de la pieza. El pisador evita la deformación de la pieza cuando ataca el punzón de doblado, por ello en muchos casos es conveniente su colocación.

1.6. Tipos de dados o matrices para realizar la operación de doblado.

Los dados o matrices más comúnmente usados en los troqueles se dividen en tres grupos generales, los cuales son:

- ❖ **Dados V (figura 1.13.).** Se componen de un bloque en V y de un punzón de la misma forma. El ancho de la abertura en la V es ordinariamente de al menos ocho veces el espesor de la pieza a trabajar. Durante la operación, la lamina se coloca sobre la matriz, el punzón desciende entonces, prensando la pieza en la V para formar el doblé. El ángulo del doblé puede modificarse, ajustando la distancia que recorre la chapa en la V, cuando es forzada por el punzón.

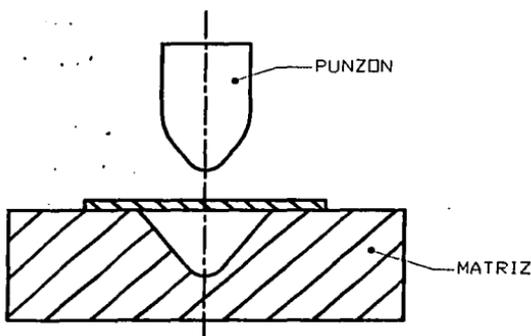
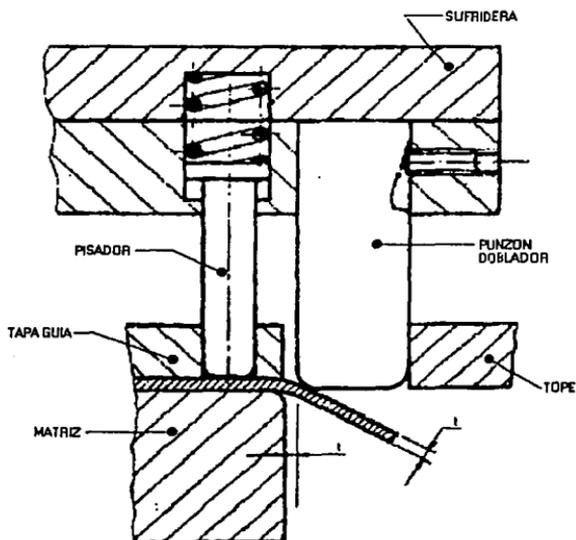


Figura 1.13. Matriz de bloque en "V".

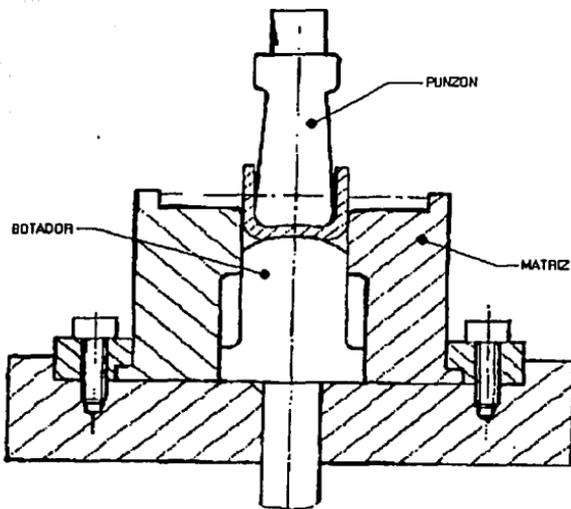
- ❖ Dados de doblez lateral (figura 1.14.). En esta operación el punzón descende y frota un lado de la pieza de trabajo sobre el filo del dado. El radio del doblez está en el filo de la matriz y no debe ser menor a los radios mínimos recomendados. Para evitar un posible daño en el metal durante el doblado hay un radio o bisel en la cara de trabajo del punzón.



Ulrich Schärer Säuberli, 1991, Ingeniería de Manufactura, Ed. Continental

Figura 1.14. Doblado lateral.

- ❖ Dados U. Las piezas con forma de U pueden doblarse en dados como el mostrado en la figura 1.15. La forma o perfil que se da en los extremos del punzón y del botador son para compensar la recuperación elástica y poder obtener así el doble deseado. El ancho de la U se ajusta por medio de separadores y cambiando el ancho del botador. El claro lateral deberá ser un 10% mayor que el espesor disponible.



Ulrich Schärer Sauberli, 1991, Ingeniería de Manufactura, Ed. Continental

Figura 1.15. Dado tipo "U".

1.7. Cálculos necesarios para el diseño de un troquel.

1.7.1. Fuerza necesaria para realizar el punzonado o recortado.

La fuerza necesaria para el punzonado o recortado puede calcularse por medio de la siguiente expresión:

$$\tau = \frac{P}{A}$$

$A = (Per)(t)$ *sustituyendo y despejando a P;*

$$P = (\tau)(Per)(t) \quad (1-1)$$

donde: P → Fuerza necesaria para el punzonado

τ → Resistencia al corte del material

Per → Perímetro de la pieza a punzonar o recortar

t → Espesor de la tira de material

En la tabla 1.2. se proporciona la resistencia al corte de los materiales más usados para operaciones de punzonado o recortado

Tabla 1.2. Resistencia al corte de los materiales mas usados en operaciones de punzonado y recortado.

Material	$\tau \text{ Kg/mm}^2$ Recocido	$\tau \text{ Kg/mm}^2$ T.F.
Aluminio	7-11	13-16
Aleaciones de Al	22	38
Zinc	12	20
Cobre	12-18	25-30
Latón	22-30	40-53
Bronce	32-40	40-60
Aceros (% C)		
0.1	25	32
0.2	32	40
0.3	36	48
0.4	45	56
0.6	56	72
0.8	72	90
1.0	80	105
Acero al Silicio	45	56
Acero Inoxidable	52	56

Para reducir las fuerzas de corte y suavizar el impacto cuando se trata de cargas grandes, se emplean el siguiente método:

- Escalonar las longitudes de los punzones. Esto reduce la carga necesaria hasta en un 50 %, figura 1.16a. Los punzones mas cortos deberán tener una altura de inclinación aproximadamente del espesor de material para mejores resultados, figura 1.16b.

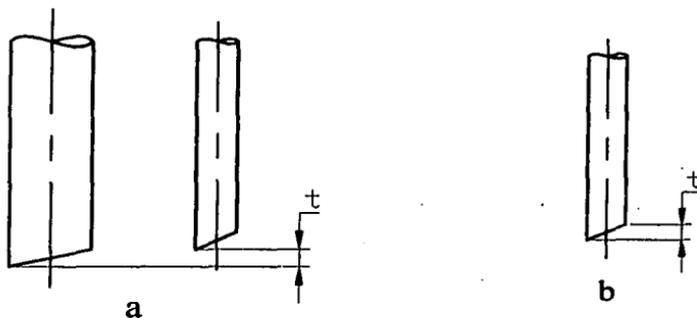


Figura 1.16. Se recomienda que el escalonamiento sea igual a t (espesor de la placa).

1.7.2. Espesor de la placa extractora.

El espesor de la tapa guía o placa extractora puede expresarse por medio de la expresión siguiente:

$$E_t = \frac{L_p}{2.5} \quad (1-2)$$

donde: E_t → Espesor de la tapa guía
 L_p → Longitud del punzón

1.7.3. Centro de presión.

Es el punto donde se considera que actúa concentrada la fuerza aplicada por la prensa (coincide con el centroide de un área) su calculo es muy importante para que los esfuerzos producidos en los punzones sean uniformes y no se rompan prematuramente, su calculo se hace por medio de las dos ecuaciones que se presentan a continuación.

$$\bar{x} = \frac{x_1A_1 + x_2A_2 + \dots + x_nA_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (1-3)$$

$$\bar{y} = \frac{y_1A_1 + y_2A_2 + \dots + y_nA_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (1-4)$$

donde:

A_1, A_2, \dots, A_n → Áreas de cada una de las formas geométricas simples en que se dividió la figura original.

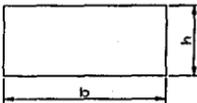
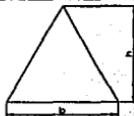
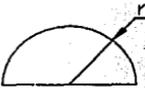
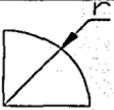
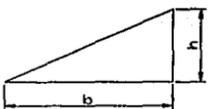
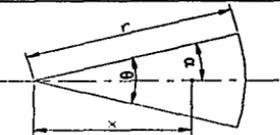
x_1, x_2, \dots, x_n → Distancia que existe entre el eje coordenado "y" y el centroide de cada una de las formas geométricas simples.

y_1, y_2, \dots, y_n → Distancia que existe entre el eje coordenado "x" y el centroide de cada una de las formas geométricas simples.

Para realizar el calculo del centroide (centro de presión) de figuras complejas, se recomiendan los pasos siguientes:

1. Se divide el área original en formas geométricas simples, de tal manera que se pueda conocer casi de manera inmediata la localización de su centroide.
2. Se establece en un sistema de coordenadas a partir del cual se hacen todas las mediciones.
3. Se aplican las ecuaciones de Centro de presión, las cuales se encuentran en la tabla 1.3.

Tabla 1.3. Figuras geométricas para calcular el centro de presión.

Forma	Área	Centroide	Momento de inercia
	$A = b \cdot h$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = h/2$	$I = \frac{1}{12}bh^3$
	$A = \frac{b \cdot h}{2}$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = \frac{1}{3}h$	$I = \frac{1}{36}bh^3$
	$A = \frac{1}{4}\pi d^2$ $A = \pi r^2$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = 0$	$I = \frac{\pi d^4}{64}$
	$A = \frac{\pi r^2}{2}$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = \frac{4r}{3\pi}$	$I = 0.11r^4$
	$A = \frac{\pi r^2}{4}$	$\bar{x} = \frac{4r}{3\pi}$ $\bar{y} = \frac{4r}{3\pi}$	$I = 0.055r^4$
	$A = \frac{b \cdot h}{2}$	$\bar{x} = \frac{1}{3}b$ $\bar{y} = \frac{1}{3}h$	$I = \frac{1}{36}bh^3$
	$A = \frac{\pi r^2 \theta}{360}$	$\bar{x} = \frac{2r \text{sen} \alpha}{3\beta}$ $\beta = \frac{\pi \alpha}{180}$ $\bar{y} = 0$	$I = \frac{r^4}{4} \left(\alpha + \text{sen} \alpha \cos \alpha - \frac{16}{9\alpha} \text{sen}^2 \alpha \right)$

Forma	Área	Centroide	Momento de inercia
	$A = \frac{a \cdot h}{3}$	$\bar{x} = \frac{3a}{4}$ $\bar{y} = \frac{3h}{10}$	$I = \frac{8a^3b}{175}$

1.7.4. Angulo de escape del agujero de la matriz.

Inmediatamente después de ser cortada, la pieza experimenta una rápida y elevada recuperación elástica, por lo cual queda retenida en la pared del agujero de la matriz, la siguiente pieza que se corta empujara la primera, expulsándola del agujero, sin embargo, la fricción existente entre el contorno de la pieza y la pared del agujero hará necesario el empleo de más energía, la cual se agregara a la energía para cortar, por otra parte, las fuerzas de fricción desarrolladas pueden ser tan elevadas que en ocasiones se pueden dar algunas rayaduras en la pared del agujero de la matriz.

En base a lo expuesto, el agujero de la matriz debe aumentar, al aumentar el espesor de la placa, de manera que las fuerzas de fricción disminuyan a medida que la pieza baje por el agujero.

En ángulo de escape depende fundamentalmente del material, espesor a cortar y del numero de cortes.

De acuerdo con lo anterior mencionado se tienen las tres reglas siguientes:

1. El ángulo que comienza en la arista de corte se usa para metales blandos, como son: plomo, cobre, aluminio, latón y bronce. Este tipo de ángulo no es recomendable debido a la imposibilidad de afilar la matriz, figura 1.17.

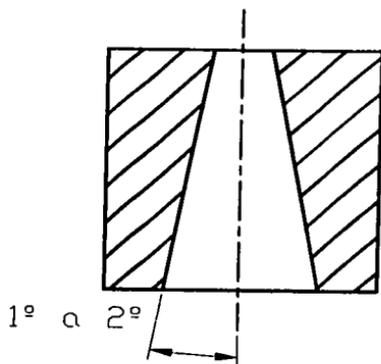


Figura 1.17. Materiales blandos.

2. El ángulo que comienza después de una parte recta igual a 2 o 3 veces el espesor de la placa que se quiere cortar, según la figura 1.18., se utiliza para metales duros, como pueden ser el hierro o el acero; Los perfiles obtenidos con este ángulo son exactos.

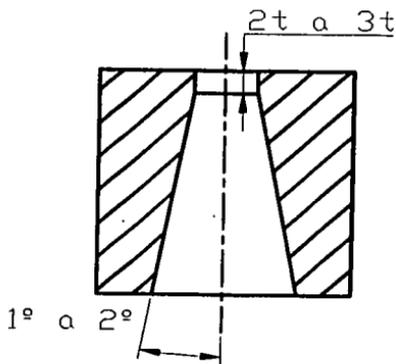


Figura 1.18. Materiales duros.

3. A partir de la arista de corte de la matriz y hasta una profundidad de 2 a 3 veces el espesor del material a cortar existe una ligera conicidad, desde lo profundo, la conicidad aumenta como se muestra en la figura 1.19., este ángulo es aplicable para el corte de metales muy duros, cuyas piezas no requieren contornos precisos.

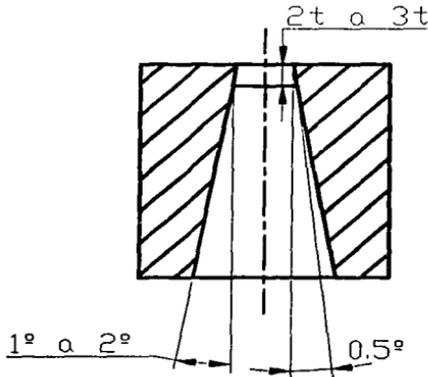


Figura 1.19. Materiales muy duros.

Cuando se desean obtener contornos muy precisos, el ángulo de escape referido en el segundo caso es el más conveniente, ya que después de cortar un gran número de piezas, la arista de corte se desafiló y se puede afilar nuevamente sin alterar el contorno de la figura original, nótese que esta cambia si se afila a la matriz con ángulo de escape igual a los casos primero o tercero.

En el tercer caso, debido a que se cortan metales duros, se pretende reducir al mínimo las fuerzas de fricción y la presión de corte; sin embargo al rectificar el filo cortante, el contorno aumenta ligeramente y el perfil sufre una leve modificación.

1.7.5. Claro u holgura entre punzón y matriz.

Es el espacio adecuado que debe existir entre las partes de ajuste de un troquel. El cálculo correcto de la holgura entre el punzón y la matriz en un troquel es de máxima

importancia, ya que si no se hace de manera adecuada se tendrán varios problemas, siendo el mas frecuente la rotura de las matrices, que muchas veces se atribuye de manera infundada a esfuerzos internos que se producen durante el tratamiento térmico.

Para determinar este claro u holgura se utiliza la siguiente ecuación:

$$c = \frac{t}{k} \quad (1-5)$$

- donde: c → Claro u holgura
 t → Espesor del material a utilizar
 k → Constante del material, tabla 1.4.

Tabla 1.4. Valor de k para algunos materiales.

Material	k
Acero bajo carbono	17
Acero medio carbono	16
Acero alto carbono	14
Aluminio	10
Cobre	21
Latón	20

El tamaño del punzón controla el tamaño del agujero y el tamaño de la matriz controla las dimensiones de la pieza recortada, así pues, se tiene que para el punzonado, figura 1.20., las dimensiones del punzón serán del tamaño original al de la pieza requerida y las de la matriz serán mayores, así mismo, para el recortado, figura 1.21., las dimensiones del punzón serán menores a la de la pieza requerida y las de la matriz serán iguales.

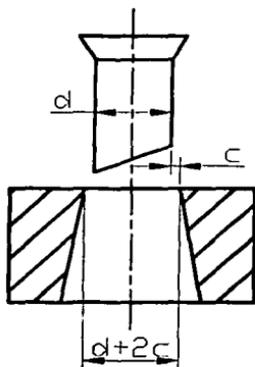


Figura 1.20. Dimensiones que deberá tener la matriz y el punzón en la operación de punzonado.

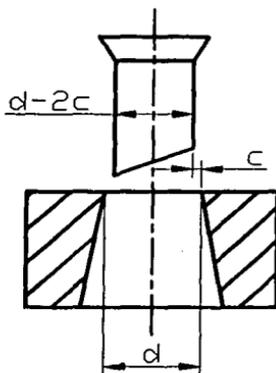


Figura 1.21. Dimensiones que deberá tener la matriz y el punzón en la operación de recortado.

1.7.6. Longitud máxima de un punzón.

En la resistencia de materiales, generalmente se considera que las posibilidades de fallar de una columna se deben a las causas siguientes:

- Por aplastamiento. Este se utiliza para columnas cortas.
- Por pandeo, la cual se utiliza principalmente para columnas largas.
- Por aplastamiento y pandeo, que se utiliza para columnas intermedias.

Si se considera al punzón como un columna larga, la posibilidad de falla se da por pandeo, así, la ecuación de Euler nos permite calcular la carga crítica de pandeo, esto es: P , figura 1.22, que produce el pandeo en el elemento.



Figura 1.22. En esta figura se muestra el posible pandeo que sufre un punzón.

Esto se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_p^2} \quad \text{despejando a } L_p, \text{ tenemos;}$$

$$L_p = \left(\frac{\pi^2 EI}{P_{cr}} \right)^{1/2} \quad (1-6)$$

donde:

L_p → Longitud máxima que puede tener un punzón.

E → Modulo de elasticidad del material, el cual tiene los valores de:

$$E = 2.1 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E = 30 \times 10^6 \text{ lb/plg}^2$$

I → Menor momento de inercia de la sección

P_{cr} → Carga que va a actuar sobre el punzón.

1.7.7. Dimensiones recomendadas para una matriz.

Las dimensiones de una matriz se calculan en función del espesor de la pared mínima requerida por resistencia y por el espacio necesario para montar tornillos y pasadores que van a ser usados para sujetar la matriz a la zapata inferior y para fijar la placa extractora a la matriz. El espesor de la matriz se rige por la resistencia necesaria para soportar las fuerzas de corte de acuerdo a los siguientes tres puntos:

1. Se requiere un espesor de por lo menos 19 mm (¾ plg) para parámetros de corte de hasta 76 mm (3 plg).
2. Se debe usar un espesor de 25.4 mm (1 plg) para parámetros de corte entre 76 y 250 mm (3 y 10 plg).
3. Es necesario que se utilice un espesor de 32 mm (1¼ plg) para parámetros mayores a los 250 mm (10 plg).

Debe de existir una distancia mínima de 32 mm entre las aberturas y las orillas de la matriz.

1.7.8. Fijación de la matriz.

Un factor de suma importancia para el diseño de troqueles es la forma en que se debe de fijar la matriz, es decir, del numero de tornillos que se deben utilizar, así como también las dimensiones de los mismos, para desarrollar esto, se recomienda los siguiente:

- En secciones de matriz de hasta 175 mm^2 (7 plg^2) emplear dos tornillos de 9.5 mm ($3/8 \text{ plg}$) y dos pasadores de la misma dimensión.
- En secciones de hasta 250 mm^2 (10 plg^2) emplear tres tornillos y tres pasadores de 12.7 mm ($1/2 \text{ plg}$).

Se recomienda que para el trabajo de materiales gruesos se utilicen tornillos y pasadores de $1/2 \text{ plg}$, también se debe abocardar el alojamiento para la cabeza de los tornillos $1/8 \text{ plg}$ mas profundo que lo usual para compensar el acabado de la matriz.

Para fijar la placa extractora a la matriz se deben utilizar cuatro tonillos de $1/4 \text{ plg}$, los cuales se colocan desde la parte de arriba.

1.7.9. Calculo de longitud de perfiles doblados.

El calculo de la longitud del perfil antes de doblar, es indispensable para proyectar un perfil: la dimensión se toma sobre la línea neutra, sumando las longitudes de las partes rectas y curvas.

Al calcular las partes curvas, que normalmente son sectores de circunferencia, se debe tomar en cuenta que la línea neutra no se encuentra en la parte media del ancho de la lamina, pues los esfuerzos que sobre ella actúan hacen variar su posición en función del espesor y calidad del material; la línea neutra se desplaza siempre hacia el interior de la curva o doblez, figura 1.23.

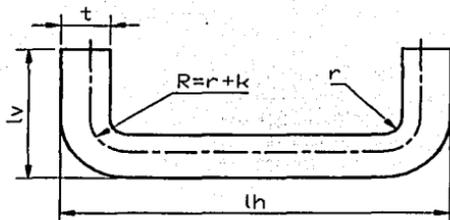


Figura 1.23. Dimensiones de una placa doblada.

Se han establecido valores que multiplicados por el espesor de la chapa, fijan la posición de la línea neutra de las partes curvas para los distintos tipos de materiales, según se muestra en la tabla 1.5.

Tabla 1.5. Posición de la línea neutra según su dureza.

Tipo de material	R
Materiales Blandos	$r + 0.35t$
Materiales Semiduros	$r + 0.40t$
Materiales Duros	$r + 0.45t$

Después de haber localizado la posición de la línea neutra, se puede calcular el desarrollo del elemento doblado, para conocer su longitud antes de doblar, por medio de la ecuación siguiente:

$$L = 2(lv - t - r) + (lh - 2t - 2r) + (\pi R) \quad (1-7)$$

- donde:
- L → Longitud antes del doblar
 - lv → Longitud vertical de la pieza
 - t → Espesor del material
 - r → Radio del doblar
 - lh → Longitud horizontal de la pieza
 - R → Radio de la línea neutra

1.7.10. Fuerza necesaria para el doblado.

Para doblar una lamina apoyada en los extremos, la fuerza necesaria se determina teniendo en cuenta la forma o geometría del punzón y del dado, así como también el espesor, longitud, ancho y resistencia de la chapa. La fuerza máxima necesaria para completar el trabajo se puede observar en la figura 1.24.

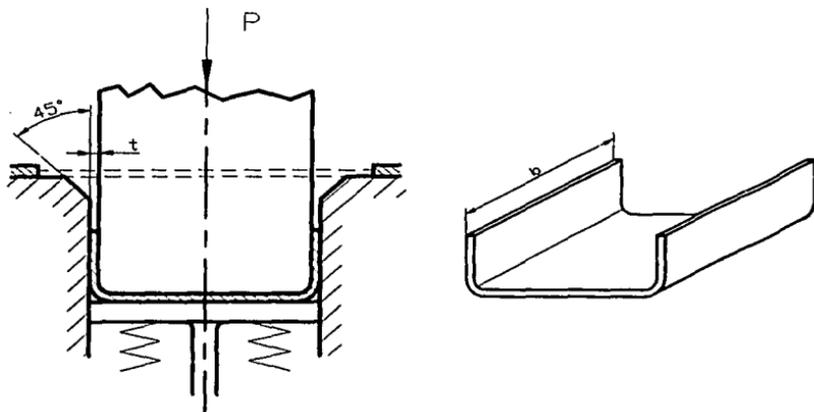


Figura 1.24. En el momento de iniciarse el doblado, la chapa se halla apoyada por los extremos.

En efecto, el punzón después de haber hecho contacto con la lamina, hace fuerza sobre ella y obliga a sus bordes a resbalar lentamente sobre los dos planos laterales inclinados a 45°. Por tanto se puede estimar por medio de la siguiente ecuación:

$$P = \frac{\sigma_d b t}{3} \quad (1-8)$$

- donde:
- P → Fuerza necesaria para el doblado en Kg.
 - σ_d → Resistencia a la fluencia en kg/mm^2 , tabla 1.6.
 - t → Espesor de la lámina en mm.
 - b → Ancho de la parte en dirección del eje del doblado en mm.

Tabla 1.6. Resistencia a la fluencia de algunos aceros.

Carbono %	Recocido (Kg/mm ²)	T.F. (Kg/mm ²)
0.10	27	30
0.20	30	35
0.40	36	38
0.60	38	43
0.80	38.3	53.5
0.95	38.6	51

CAPITULO II

DISEÑO DEL TROQUEL

2.1. Planteamiento del problema.

Se desea obtener mediante operaciones consecutivas de punzonado, recortado y doblado una hebilla con el logotipo de los "Pumas" en el centro, tal y como se muestra en la figura 2.1. y 2.2. Nota: Todas las figuras mostradas en este capítulo se encuentran acotadas en mm.

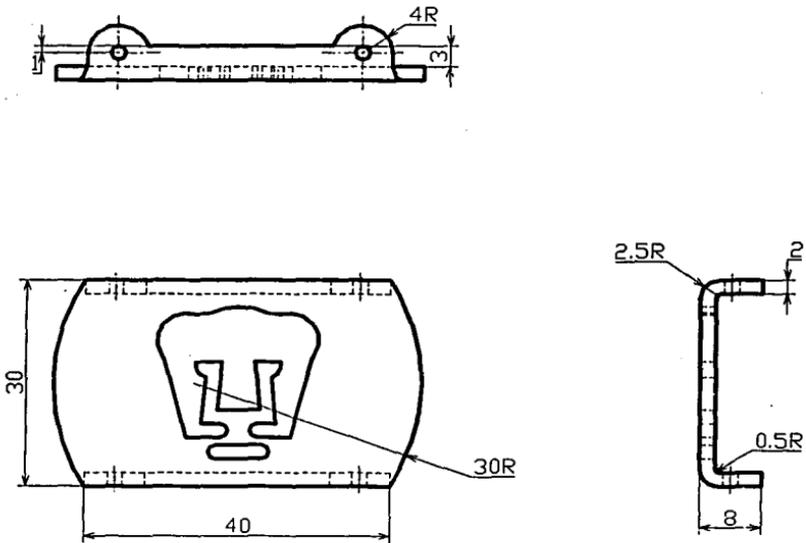


Figura 2.1. Se muestra la hebilla en sus vistas ortogonales.

Dicha hebilla debe de realizarse en un solo troquel, el material de esta hebilla será de acero 1010 T.F. (trabajado en frío), y el material partirá de un rollo de $2 \frac{3}{8}$ " de ancho,

con un espesor de 2 mm. Una vez terminada la hebilla se ensamblará y quedará la forma mostrada en la figura 2.2.

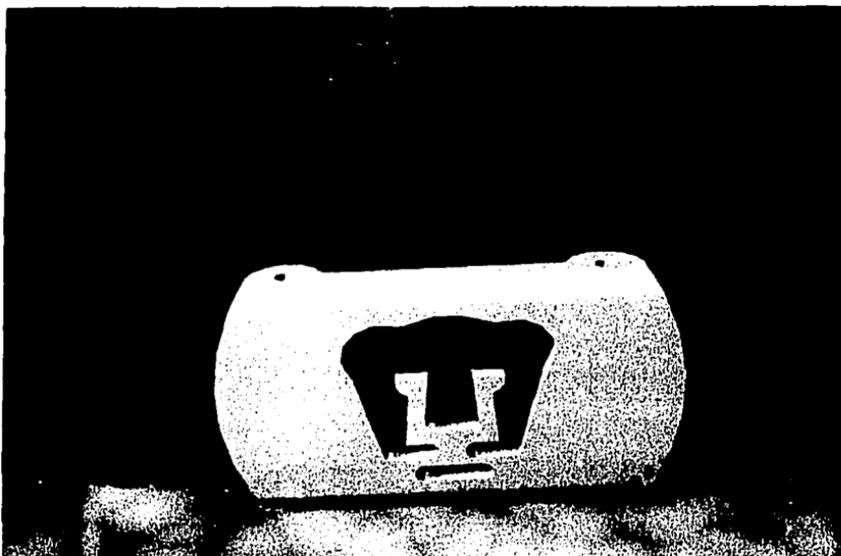


Figura 2.2. Se muestran el cinturón una vez ensamblado con la hebilla.

Cabe aclarar que en este troquel solo se realizará la hebilla en sí, los demás aditamentos, como son el perno que sujeta al cinturón en un extremo y el otro perno con gancho, el cual hace la función de colocar en el orificios del cinturón deseado, por lo tanto también sujeta el otro extremo del cinturón. Para el diseño de la hebilla se tiene que realizar lo que se le llama memoria de calculo.

2.2. Memoria de Calculo

La memoria de calculo, es aquella en la que se encuentran todos y cada uno de los cálculos requeridos y necesarios para obtener un diseño completo del troquel. En esta memoria se encuentra:

- ❖ La longitud de la lamina antes del doblado. Este calculo es de gran importancia, ya que aquí se da a conocer que tipo de lamina comercial que se debe utilizar, además, de que se considera el primer calculo que se debe de realizar, por que en él se encuentran las dimensiones o cotas a las que se va a punzonar, recortar y finalmente doblar
- ❖ La fuerza necesaria para realizar el corte. En este punto se calculará la fuerza con la que se realizará el corte de material con el que se va a trabajar.
- ❖ La longitud máxima del punzón mas delgado. Este es también uno de los cálculos de suma importancia para cualquier diseño de troqueles, ya que mediante él se obtiene cual será la longitud máxima que puede tener el punzón mas delgado, por que sin este calculo, existe la posibilidad de que uno o más punzones tiendan a deformarse y en el ultimo de los casos a romperse.
- ❖ El centro de presión o centroide. En este calculo se determina, donde debe de colocarse el centro de presión, es decir, donde se encontrará la espiga. Éste, así como también el del calculo de la longitud máxima del punzón mas delgado, son de los más importantes para evitar la falla de los punzones.
- ❖ La fuerza necesaria para la obtención del doblado. Este calculo al igual que el calculo de la fuerza para el corte, tienen la misma importancia, ya que de aquí se deberá seleccionar que tipo de prensa se usara y de que capacidad.
- ❖ Las dimensiones de los punzones y de la matriz. Aquí se mostrara las dimensiones recomendadas que deberán tener tanto la matriz como los punzones, para evitar posibles fracturas en la matriz a causa del mal diseño de las mismas.
- ❖ El numero de tornillos y pasadores que se deberán usar. En este apartado se encuentra tanto el numero de tornillos como las dimensiones que deben tener los tornillos y los pasadores.

En fin, como se puede observar, en la memoria de calculo, se encuentra todo lo que se debe tener en cuenta para el diseño de un troquel.

2.3. Longitud del material antes de doblar

Aquí, simplemente se hará el cálculo en base en la ecuación (1-7), la cual nos establece que:

$$L = 2(lv - t - r) + (lh - 2t - 2r) + (\pi R)$$

Datos:

$$t = 2 \text{ mm}$$

$$r = 0.5 \text{ mm}$$

$$lv = 8 \text{ mm}$$

$$lh = 30 \text{ mm}$$

y se sabe que $R = r + 0.4t$

$$R = 0.5 \text{ mm} + (0.4)2 \text{ mm}$$

$$R = 1.3 \text{ mm}$$

sustituyendo en la ecuación 1.7;

$$L = 2(8 - 2 - 0.5) + (30 - 2(2) - 2(0.5)) + (\pi(1.3))$$

$$L = 40.0840; \quad \underline{L \cong 40 \text{ mm}}$$

2.4. Fuerza necesaria para el corte

La ecuación con la que se obtiene la fuerza (P) es:

$$P = (\tau)(Per)(t)$$

Como datos se tienen los siguientes:

$$t = 2 \text{ mm}$$

y de la tabla (1.2) obtenemos

$$\tau = 32 \text{ kg/mm}^2$$

El único dato faltante para obtener la fuerza necesaria para realizar el corte es el perímetro, el cual lo obtenemos por medio de la siguiente ecuación.

$$Per = Per1 + Per2 + Per3 + Per4 + Per5 + Per6$$

donde:

Per1 = Per2 es el perímetro de la figura 2.3

Per3 es el perímetro de la figura 2.4

Per4

es el perímetro de la figura 2.5

Per5 = Per6

es el perímetro de la figura 2.6

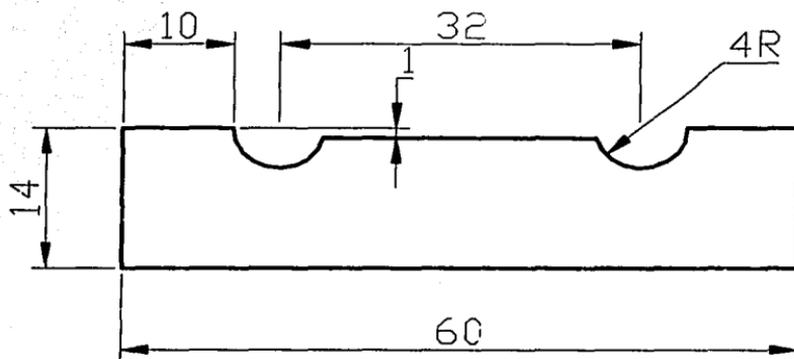


Figura 2.3 Se muestra la primera forma que se punzará.

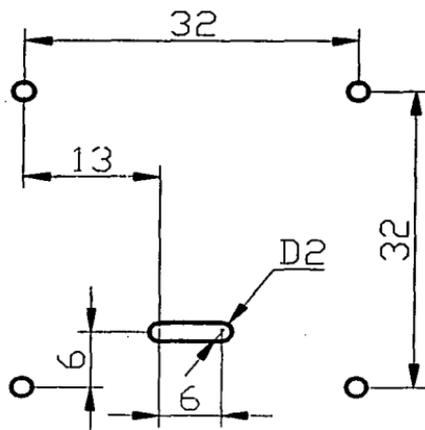


Figura 2.4. Se muestran las formas geométricas que se punzaran.

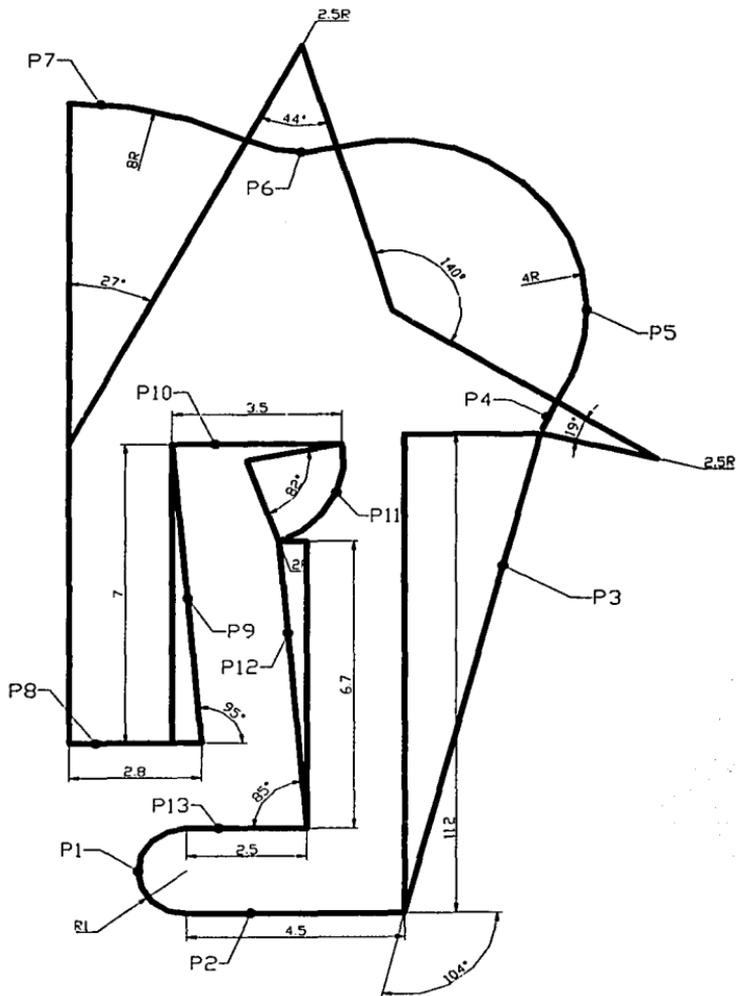


Figura 2.5. En esta figura se obtiene el perímetro numero cuatro.

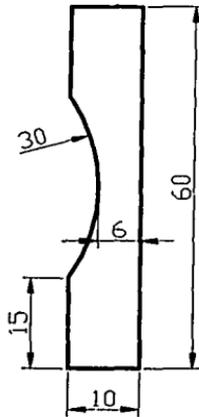
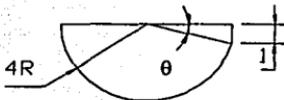


Figura 2.6. En esta figura se obtiene los perímetros numero cinco y seis.

Para obtener el perímetro de la figura 2.3 se tiene que:

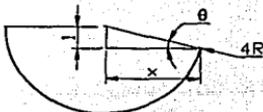
$$Per1 = Per2$$

$$Per1 = 60mm + 2(14mm) + 2(10mm) + 2(x1) + x2$$



$$\theta = \sin^{-1} \frac{1}{4} = 14.4775$$

$$x1 = \frac{\pi(4)(165.52)}{180} = 11.5556$$



$$x = 4 \cos(14.47) = 3.8729$$

$$x2 = 32 - 2(3.8729mm) = 24.254mm$$

$$Per1 = 60mm + 2(14mm) + 2(10mm) + 2(11.55mm) + 24.254mm$$

$$Per1 = Per2 = \underline{155.3652mm}$$

A continuación se hace lo mismo, pero ahora para la figura 2.4;

$$Per3 = 4(\pi(2mm)) + \pi(2mm) + 2(6mm)$$

$$\underline{Per3 = 43.4159mm}$$

también, se obtiene el perímetro de la figura 2.5, teniendo en cuenta que como la figura es simétrica, solo se muestra una parte, por lo tanto al ultimo se multiplica por 2;

$$Per4 = 2(p1 + p1 + \dots + p13)$$

$$p1 = \frac{1}{2} \pi(2mm) = 3.1416mm$$

$$p8 = 2.75mm$$

$$p2 = 4.5mm$$

$$p9 = \frac{7mm}{\cos(5)} = 7.0267mm$$

$$p3 = \frac{11.2mm}{\cos(14)} = 11.5428mm$$

$$p10 = 3.5mm$$

$$p4 = \frac{\pi(2.5mm)(19)}{180} = 0.8290mm$$

$$p11 = \frac{\pi(2mm)(82)}{180} = 2.8623mm$$

$$p5 = \frac{\pi(4mm)(140)}{180} = 9.7738mm$$

$$p12 = \frac{6.72mm}{\cos(5)} = 6.7456mm$$

$$p6 = \frac{\pi(2.5mm)(44)}{180} = 1.9198mm$$

$$p13 = 2.5mm$$

$$p7 = \frac{\pi(8mm)(27)}{180} = 3.7699mm$$

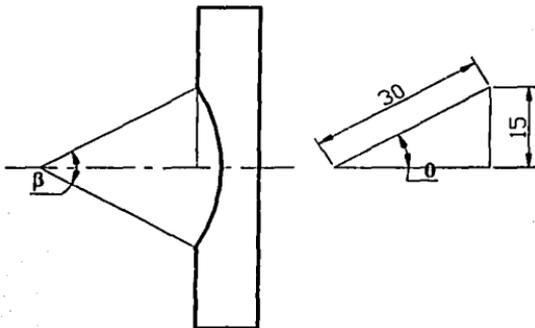
$$Per4 = 2 \left(\begin{array}{l} 3.1416mm + 4.5mm + 11.5428mm + 0.8290mm + 9.7738mm + 1.9198mm + \\ 3.7699mm + 2.75mm + 7.0267mm + 3.5mm + 2.8623mm + 6.7456mm + 2.5mm \end{array} \right)$$

$$\underline{Per4 = 121.723mm}$$

Por ultimo, se obtiene el perimetro de la figura 2.6.

$$Per5 = Per6$$

$$Per5 = 60mm + 2(10mm) + 2(15mm) + x1$$



$$\theta = \text{sen}^{-1}\left(\frac{15}{30}\right) = 30^\circ$$

$$\beta = 2(30) = 60^\circ$$

$$x1 = \frac{\pi(30mm)60}{180} = 31.4159mm$$

$$Per5 = 60mm + 2(10mm) + 2(15mm) + 31.4159mm$$

$$Per5 = Per6 = 141.459mm$$

Entonces, se suman los perimetros obtenidos de las figuras, teniendo;

$$Per = Per1 + Per2 + Per3 + Per4 + Per5 + Per6$$

$$Per = 2(155.3652mm) + 43.4159mm + 121.723mm + 2(141.459mm)$$

$$Per = \underline{758.7873mm}$$

Finalmente se sustituye en la ecuación $P = (\tau)(Per)(t)$, teniendo;

$$P = \left(32 \frac{kg}{mm^2}\right)(758.7873mm)(2mm)$$

$$\underline{P = 48562.38kg}$$

2.5. Fuerza necesaria para el doblado

Para obtener la fuerza que se requiere para realizar el doblado, se utiliza la ecuación 1-8 entonces:

$$P = \frac{\sigma_d b t}{3}$$

Como datos se tiene:

$$b = 40 \text{ mm}$$

Para el valor del esfuerzo de fluencia nos basamos en la tabla 1.6, la cual nos dice que:

$$\sigma_d = 30 \text{ Kg/mm}^2$$

$$t = 2 \text{ mm}$$

Ahora simplemente sustituimos en la formula.

$$P = \frac{(30 \text{ Kg/mm}^2)(40 \text{ mm})(2 \text{ mm})}{3} = 800 \text{ Kg}$$

Para obtener la capacidad de la prensa, se deben sumar las fuerzas que se requieren, tanto en el doblado como en el punzonado y después dividir entre 0.8, esto es:

$$P_f = 48562.38 \text{ Kg} + 800 \text{ Kg} = 49362.38 \text{ Kg}$$

$$Cap = \frac{P_f}{0.8} = \frac{49362.38 \text{ kg}}{0.8}$$

$$Cap = 61702.9754 \text{ Kg}$$

$$\underline{Cap = 62 \text{ Tn}}$$

2.6. Longitud máxima del punzón mas delgado

Ahora, se debe calcular la longitud máxima que puede tener el punzón que es mas delgado, que en este caso el de diámetro es igual a 2 mm;

La ecuación es la siguiente:

$$L_p = \left(\frac{\pi^2 (E)(I)}{P_{cr}} \right)^{1/2}$$

$$P_{cr} = (32 \text{ kg/mm}^2)(\pi(2\text{mm}))(2\text{mm})$$

$$P_{cr} = 402.1238 \text{ kg}$$

$$E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = \frac{\pi(0.2\text{cm})^4}{64} = 7.8539 \times 10^{-5} \text{ cm}^4$$

$$L_p = \left(\frac{\pi^2 (2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2) (7.8539 \times 10^{-5} \text{ cm}^4)}{402.1 \text{ mm}} \right)^{1/2}$$

$$\underline{L_p = 2.0240 \text{ cm}}$$

2.7. Centroide (Centro de presión).

Este cálculo, es tal vez, el más laborioso de todos, ya que cuando se tienen figuras geométricas irregulares, la obtención de las áreas, resulta demasiado tedioso, aun dividiendo en figuras geométricas mas simples. Las ecuaciones con las que se obtiene el centro de presión es con la 1-3 y la 1-4.

Primero, obtenemos las áreas 1 y 2, estas se encuentran en la figura 2.7.

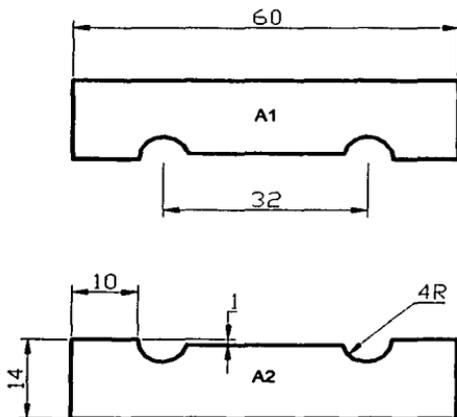


Figura 2.7. De esta figura se obtiene las primeras áreas.

Como podemos observar el área 1 es igual al área 2, por lo tanto:

$$A1 = A2$$

$$A1 = (60mm)(14mm) - \left[2(a1) + 2\left(\frac{(4mm)(1mm)}{2}\right) + (1mm)(24.254mm) \right]$$



$$a1 = \frac{\pi(4mm)^2(165.52)}{360} = 23.11mm^2$$

$$A1 = (60mm)(14mm) - \left[2(23.11mm^2) + 2\left(\frac{(4mm)(1mm)}{2}\right) + (1mm)(24.254mm) \right]$$

$$A1 = A2 = \underline{765.524mm^2}$$

Para obtener las áreas 3, 4, 5, 6 y 7, nos basamos en la figura 2.8.

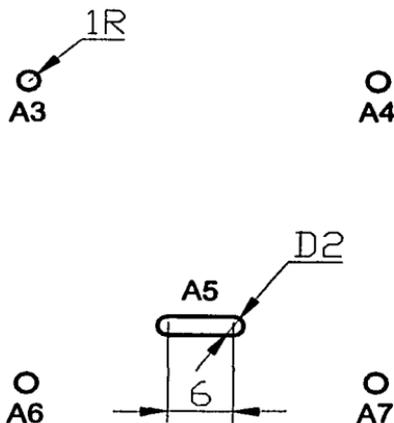


Figura 2.8. De esta figura se obtiene las áreas de los punzones más delgados.

Como el área 3 es igual a la 4, 6 y 7, se utiliza la misma ecuación e igualamos;

$$A1 = A2 = A4 = A5 = \frac{1}{4}\pi(2mm)^2 = \underline{3.1416mm^2}$$

$$A5 = 2\left(\frac{\pi(1mm)^2}{2}\right) + (2mm)(6mm) = \underline{15.1416mm^2}$$

Para el área 8, nos ayudamos en la figura 2.9.

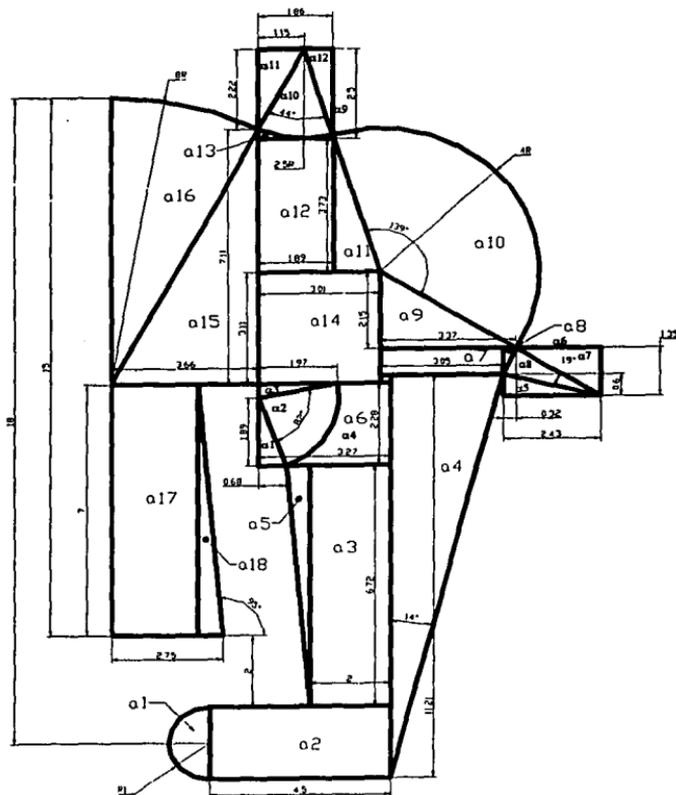


Figura 2.9. De la figura se realiza los cálculos pertinentes para obtener el área 6.

El área 8 se obtiene de la suma de $a_1 + a_2 + \dots + a_{19}$, recordando que se debe multiplicar por 2, ya que en la figura se muestra solo la mitad.

$$a_1 = \frac{\pi(1\text{mm})^2}{2} = 1.5708\text{mm}^2$$

$$a_2 = (4.5\text{mm})(2\text{mm}) = 9.0\text{mm}^2$$

$$a_3 = (2\text{mm})(6.7\text{mm}) = 13.4\text{mm}^2$$

$$a_4 = \frac{(11.2\text{mm})(2.8\text{mm})}{2} = 15.68\text{mm}^2$$

$$a_5 = \frac{(6.7\text{mm})(6.7\text{mm})\tan(5)}{2} = 1.96\text{mm}^2$$

$$a_6 = a_4 - (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3)$$

$$\alpha_4 = (3.3\text{mm})(2.3\text{mm}) = 7.59\text{mm}^2$$

$$\alpha_1 = \frac{(0.71\text{mm})(1.9\text{mm})}{2} = 0.665\text{mm}^2$$

$$\alpha_2 = \frac{\pi(2\text{mm})^2 \cdot 82}{360} = 2.862\text{mm}^2$$

$$\alpha_3 = \frac{(2\text{mm})(0.4\text{mm})}{2} = 0.4\text{mm}^2$$

$$a_6 = 7.59\text{mm}^2 - (0.665\text{mm}^2 + 2.862\text{mm}^2 + 0.4\text{mm}^2)$$

$$a_6 = 3.66\text{mm}^2$$

$$a_7 = (3.1\text{mm})(0.7\text{mm}) = 2.17\text{mm}^2$$

$$a_8 = a_6 - (\alpha_5 + \alpha_7 + \alpha_8)$$

$$\alpha_6 = (1.35\text{mm})(2.43\text{mm}) = 3.28\text{mm}^2$$

$$\alpha_5 = \frac{(0.6\text{mm})(2.43\text{mm})}{2} = 0.72\text{mm}^2$$

$$\alpha_7 = \frac{(1.35\text{mm})(2.1\text{mm})}{2} = 1.424\text{mm}^2$$

$$\alpha_8 = \frac{\pi(2.5\text{mm})^2 \cdot 19}{360} = 1.036\text{mm}^2$$

$$a_8 = 3.28\text{mm}^2 - (0.72\text{mm}^2 + 1.424\text{mm}^2 + 1.036\text{mm}^2)$$

$$a8 = 0.1mm^2$$

$$a9 = \frac{(3.4mm)(2.2mm)}{2} = 3.74mm^2$$

$$a10 = \frac{\pi(4mm)^2 140}{360} = 19.55mm^2$$

$$a11 = \frac{(3.7mm)(1.1mm)}{2} = 2.035mm^2$$

$$a12 = (1.9mm)(3.7mm) = 7.03mm^2$$

$$a13 = a9 - (a10 + a11 + a12)$$

$$a9 = (1.9mm)(2.5mm) = 4.75mm^2$$

$$a10 = \frac{\pi(2.5mm)^2 44}{360} = 2.39mm^2$$

$$a11 = \frac{(1.1mm)(2.2mm)}{2} = 1.21mm^2$$

$$a12 = \frac{(0.8mm)(2.5mm)}{2} = 1mm^2$$

$$a13 = 4.75mm^2 - (2.39mm^2 + 1.21mm^2 + 1mm^2)$$

$$a13 = 0.15mm^2$$

$$a14 = (3mm)(3.1mm) = 9.3mm^2$$

$$a15 = \frac{(7.1mm)(3.7mm)}{2} = 13.13mm^2$$

$$a16 = \frac{\pi(8mm)^2 27}{360} = 15.08mm^2$$

$$a17 = (7mm)(2.1mm) = 14.7mm^2$$

$$a18 = \frac{(7mm)(7mm)\tan(5)}{2} = 2.14mm^2$$

$$a19 = (0.3mm)(0.2mm) = 0.06mm^2$$

$$A8 = 2 \left(1.57mm^2 + 9mm^2 + 13.4mm^2 + 15.68mm^2 + 1.96mm^2 + 3.66mm^2 + 2.17mm^2 + \right. \\ \left. + 0.1mm^2 + 3.74mm^2 + 19.55mm^2 + 2.035mm^2 + 7.03mm^2 + 0.15mm^2 + \right. \\ \left. + 9.3mm^2 + 13.13mm^2 + 15.08mm^2 + 14.7mm^2 + 2.14mm^2 + 0.06mm^2 \right)$$

$$A8 = 268.91 \text{ mm}^2$$

El área 9 y el área 11 se obtienen de la figura 2.10., y como se sabe el área 9 es igual al área 11, por lo tanto:

$$A9 = A11$$

$$A9 = 2(10 \text{ mm})(15 \text{ mm}) + \left[(36 \text{ mm})(30 \text{ mm}) - \left\{ \left(\frac{\pi(30 \text{ mm})^2(60)}{360} \right) + 2 \left(\frac{(15 \text{ mm})(15 \text{ mm}) \tan(60)}{2} \right) \right\} \right]$$

$$A9 = A11 = 519.0498 \text{ mm}^2$$

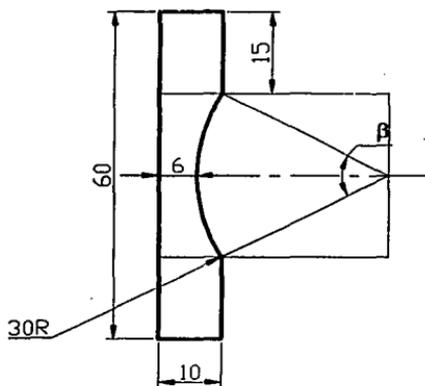


Figura 2.10. De esta figura se obtiene el área 9 y 11.

Por ultimo, se obtiene obtener el área 10, que se muestra en la figura 2.11.

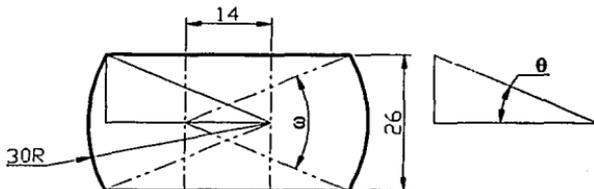


Figura 2.11. De esta figura se obtiene el área 10.

Para ésta figura se usará la siguiente formula:

$$\theta = \text{sen}^{-1} \frac{13}{30} = 25.679$$

$$\omega = 2\theta = 2(25.679) = 51.358$$

$$A_{10} = 2 \left[\left(\frac{\pi(30\text{mm})^2(51.358)}{360} \right) + 2 \left(\frac{(13\text{mm})(13\text{mm})\tan(69.321)}{2} \right) \right] + (14\text{mm})(26\text{mm})$$

$$A_{10} = 1145.7\text{mm}^2$$

Una vez obtenidas todas las áreas se deben calcular las distancias, tanto para x , como para y , primero lo hacemos para obtener la \bar{x} , para ello nos ayudaremos de la figura 2.12.

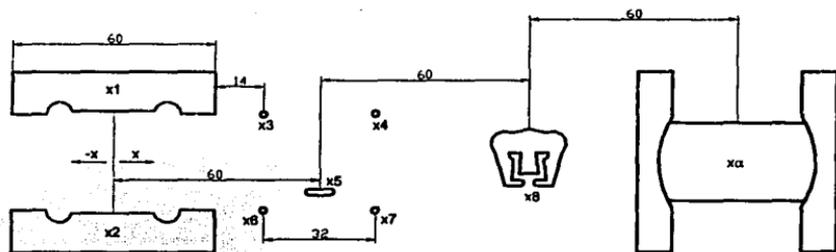


Figura 2.12. De esta figura se obtiene el centroide para x .

$$\bar{x} = \frac{x_1 A_1 + x_2 A_2 + \dots + x_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

$$x_1 = x_2 = 0\text{mm}$$

$$x_3 = x_6 = 44\text{mm}$$

$$x_5 = 60\text{mm}$$

$$x_4 = x_7 = 76\text{mm}$$

$$x_8 = 120\text{mm}$$

$$x_\alpha = 180\text{mm}$$

$$A_\alpha = A_9 + A_{10} + A_{11}$$

$$A_\alpha = 519.0498\text{mm}^2 + 1145.7\text{mm}^2 + 519.0498\text{mm}^2$$

$$A_\alpha = 2183.7996\text{mm}^2$$

Ahora, lo que tenemos que hacer es simplemente sustituir en la ecuación:

$$\bar{x}_r = \frac{\left(0(765.524\text{mm}^2) + 0(765.524\text{mm}^2) + 44\text{mm}(3.1416\text{mm}^2) + 76\text{mm}(3.1416\text{mm}^2) + 60\text{mm}(15.1416\text{mm}^2) + 44\text{mm}(3.1416\text{mm}^2) + 76\text{mm}(3.1416\text{mm}^2) + 120\text{mm}(268.91\text{mm}^2) + 180\text{mm}(2183.7996\text{mm}^2) \right)}{2(765.524\text{mm}^2) + 4(3.1416\text{mm}^2) + 15.1416\text{mm}^2 + 268.91\text{mm}^2 + 2183.7996\text{mm}^2}$$

$$\bar{x}_r = \frac{427015.608\text{mm}^3}{4011.4556\text{mm}^2}$$

$$\bar{x}_r = 106.4487\text{mm}$$

Al igual que se hizo con \bar{x} , ahora lo haremos con y , para poder hacerlo es necesario basarnos en la figura 2.13.

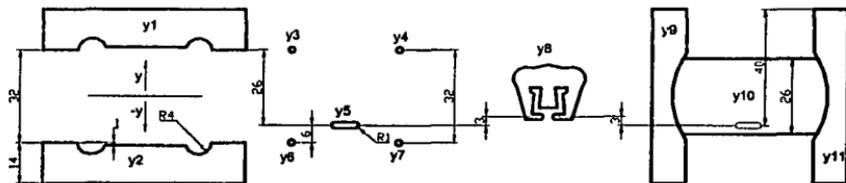


Figura 2.13. De esta figura se obtiene el centroide para y .

Empezamos a sacar la distancia y y observamos que $\bar{y}_1 = 39\text{mm}$.

$$\bar{y}_2 = -39\text{mm}$$

$$\bar{y}_3 = \bar{y}_4 = 16\text{mm}$$

$$\bar{y}_5 = -10\text{mm}$$

$$\bar{y}_6 = \bar{y}_7 = -16\text{mm}$$

$$\bar{y}_8 = ?$$

Para obtener la distancia de \bar{y}_8 , se debe observar la figura 2.14.

$$y_5 = 18\text{mm} - \left(6.7\text{mm} - \frac{1}{3}(6.7\text{mm})\right) = 13.53\text{mm}$$

Para calcular y_6 , se usará una porción de la figura 2.14., la cual se muestra en la figura 2.15.

$$y_6 = 8\text{mm} + \left(\frac{\phi_4 \alpha_4 - (\phi_1 \alpha_1 + \phi_2 \alpha_2 + \phi_3 \alpha_3)}{\alpha_6} \right)$$

$$\phi_4 = \frac{1}{2}(2.3\text{mm}) = 1.15\text{mm}$$

$$\phi_1 = (2.3\text{mm} - 1.9\text{mm}) + \frac{1}{3}(1.9\text{mm}) = 1.033\text{mm}$$

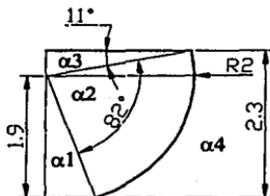


Figura 2.15. Sección de la figura 2.14., con la cual se obtiene y_6 .

$$\phi_2 = x \text{sen } \theta$$

$$x = \frac{2(2\text{mm})\text{sen}(41^\circ)}{3\left(\frac{41^\circ \pi}{180^\circ}\right)} = \frac{2(2\text{mm})\text{sen}(41^\circ)}{3(0.7155)} = 1.2224\text{mm}$$

$$\theta = 41 - 11 = 30^\circ$$

$$\phi_2 = (1.2224\text{mm})\text{sen}(30^\circ) = 0.6112\text{mm}$$

$$\phi_3 = \frac{1}{3}(2.3\text{mm} - 1.9\text{mm}) = 0.133\text{mm}$$

$$y_6 = 8\text{mm} + \left(\frac{1.15\text{mm}(7.59\text{mm}^2) - \left(1.033\text{mm}(0.665\text{mm}^2) + 0.6112\text{mm}(2.962\text{mm}^2) + 0.133\text{mm}(0.4\text{mm}^2) \right)}{3.66\text{mm}^2} \right)$$

$$y_6 = 9.7099\text{mm}$$

$$y_7 = 8\text{mm} - \left(0.2\text{mm} - \frac{1}{2}(0.7\text{mm})\right) = 7.45\text{mm}$$

Para el calculo de y_8 , se usará la figura 2.16., que al igual que la figura 2.15. es una parte de la figura original, 2.14.

$$y_8 = 8mm - 0.2mm - \left(\frac{3(0.7mm)}{4} \right) = 7.275mm$$



Figura 2.16. Sección de la figura 2.14., con la cual se obtiene y_8 .

$$y_9 = 8mm - 3.1mm + \left(\frac{1}{3}(2.2mm) \right) = 5.633mm$$

Para el calculo de y_{10} , se deben realizar los cálculos siguientes, basándonos, como se ha venido haciendo, en la figura original (2.14.) y aislando la sección que le corresponde, mostrándose en la figura 2.17.

$$y_{10} = 8mm - 3.1mm + x$$

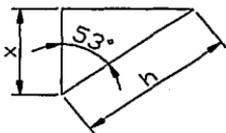
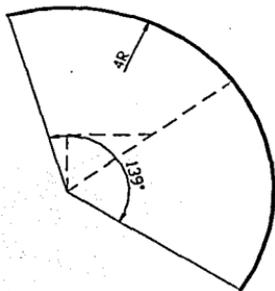


Figura 2.17. Sección de la figura 2.14., con la cual se obtiene y_{10} .

$$h = \frac{120(4mm)\text{sen}(69.5)}{\pi(69.5)} = 2.059mm$$

$$x = (2.059mm)\cos(53) = 1.239mm$$

$$y_{10} = 8mm - (3.1mm + 1.239mm) = 3.661mm$$

$$y11 = 8mm - (3.1mm + (\frac{1}{3}(3.7mm))) = 3.66mm$$

$$y12 = 8mm - (3.1mm + (\frac{1}{2}(3.7mm))) = 3.05mm$$

Para y13, nos basamos en la figura 2.18.

$$y13 = 8mm - (3.1mm + 3.7mm + z)$$

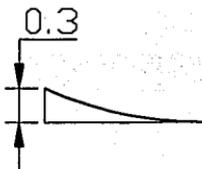


Figura 2.18. Sección de la figura 2.14., con la cual se obtiene y13.

$$z = \frac{3(0.3mm)}{10} = 0.09mm$$

$$y13 = 8mm - (3.1mm + 3.7mm + 0.09mm) = 1.11mm$$

$$y14 = 8mm - (\frac{1}{2}(3.1mm)) = 6.45mm$$

$$y15 = 8mm - (\frac{1}{3}(7.1mm)) = 5.633mm$$

Como se han realizado los demás cálculos de centroide, ahora se debe observar la figura 2.19. que se usara para obtener la distancia y16.

$$y16 = 8mm - w$$

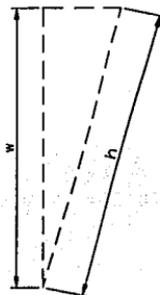
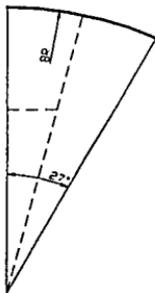


Figura 2.19. Sección de la figura 2.14., con la cual se obtiene y16.

$$h = \frac{120(8mm)\text{sen}(13.5)}{\pi(13.5)} = 5.284mm$$

$$w = (5.284mm)\cos(13.5) = 5.138mm$$

$$y_{16} = 8mm - 5.138mm = 2.861mm$$

$$y_{17} = 8mm + \left(\frac{1}{2}(7mm)\right) = 11.5mm$$

$$y_{18} = 8mm + \left(\frac{1}{3}(7mm)\right) = 10.33mm$$

$$y_{19} = 8mm - \left(\frac{1}{2}(0.2mm)\right) = 7.9mm$$

Por ultimo, los valores obtenidos se sustituyen.

$$\bar{y}'_8 = \frac{a_1y_1 + a_2y_2 + \dots + a_{19}y_{19}}{a_1 + a_2 + \dots + a_{19}} = \frac{\sum_{n=1}^{19} a_n y_n}{A_8}$$

$$\begin{aligned} \sum_{n=1}^{19} a_n y_n &= 1.57mm^2(18mm) + 9mm^2(18mm) + 13.4mm^2(13.65mm) + 15.68mm^2(10.53mm) + \\ &+ 1.96mm^2(13.53mm) + 3.66mm^2(9.7099mm) + 2.17mm^2(7.45mm) + 0.1mm^2(7.275mm) + \\ &+ 3.74mm^2(5.623mm) + 19.5mm^2(3.68mm) + 2.035mm^2(3.66mm) + 7.03mm^2(3.05mm) + \\ &+ 0.15mm^2(1.11mm) + 9.3mm^2(6.45mm) + 13.13mm^2(5.633mm) + 15.08mm^2(2.86mm) + \\ &+ 14.7mm^2(11.5mm) + 2.14mm^2(10.33mm) + 0.06mm^2(7.9mm) = 1107.7828mm^3 \end{aligned}$$

$$\bar{y}'_8 = \frac{1107.7828mm^3}{268.91mm^2} = 4.119mm$$

$$\bar{y}_8 = 16mm + 5mm + 4.119mm = 6.881mm$$

Una vez calculado el centroide para el "Puma", simplemente se continúan calculando los centroides restantes.

$$\bar{y}_9 = 0mm$$

$$\bar{y}_{10} = 0mm$$

$$\bar{y}_{11} = 0mm$$

Ahora se sustituyen para obtener el centroide total de nuestro troquel.

$$\bar{y}_r = \frac{39mm(765.524mm^2) + (-39mm)(765.524mm^2) + 16mm(3.1416mm^2) + 16mm(3.1416mm^2) + (-10mm)(15.1416mm^2) + (-16mm)(3.1416mm^2) + (-16mm)(3.1416mm^2) + 6.881mm(268.91mm^2) + 0mm(519.0498mm^2) + 0mm(1145.7mm^2) + 0mm(519.0498mm^2)}{2(765.524mm^2) + 4(3.1416mm^2) + 15.1416mm^2 + 268.91mm^2 + 2(519.0498mm^2) + 1145.7mm^2}$$

$$\bar{y}_r = 0.4235mm$$

2.8. Claro u holgura.

Mediante este calculo, se darán a conocer las dimensiones de la matriz, así como la de los punzones, para ello se hará uso de la ecuación 1-5, la cual establece que:

$$c = \frac{t}{k}$$

Los datos que tenemos son:

$$t = 2mm$$

y k se obtiene de la tabla 1.4, donde su valor es de 17.

$$c = \frac{2mm}{17} = 0.1176mm$$

Por lo tanto la dimensión del punzón siguiente (figura 2.20) será:

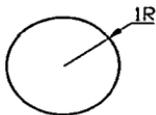


Figura 2.20. Dimensión del punzón.

Así que la dimensión para el barreno en la matriz será de 1.1176mm de radio, como se muestra en la figura 2.21, ya que:

$$R = 1mm + 0.1176mm = 1.1176mm$$

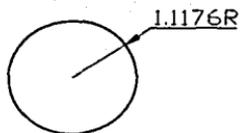


Figura 2.21. Dimensión de la matriz.

Lo mismo realizamos para la siguiente figura (2.22).

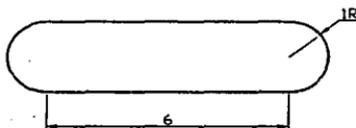


Figura 2.22. Dimensión del punzón.

Una vez sumándole el claro calculado, la figura 2.22 adquiere las dimensiones mostradas en la figura 2.23.

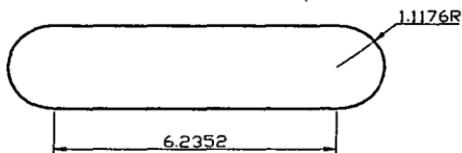


Figura 2.23. Dimensión de la abertura de la matriz.

Las dimensiones del siguiente punzón serán, (figura 2.24):

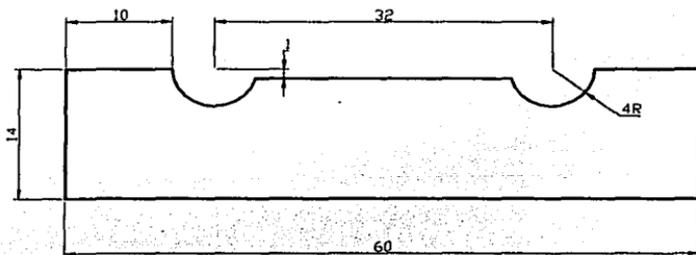


Figura 2.24. Dimensión del punzón.

Y las dimensiones en la matriz de la figura 2.24, una vez sumado la holgura, serán (figura 2.25).

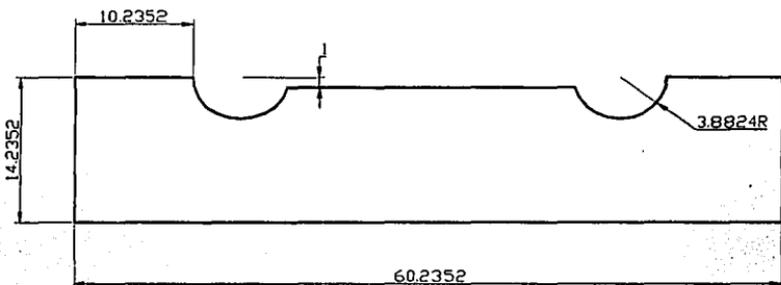


Figura 2.25. Dimensión de la abertura de la matriz.

Para el siguiente punzón las dimensiones serán (figura 2.26).

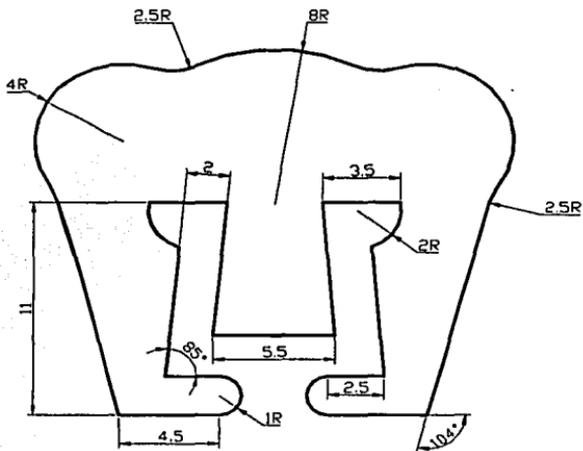


Figura 2.26. Dimensión del punzón.

Para la matriz serán (figura 2.27).

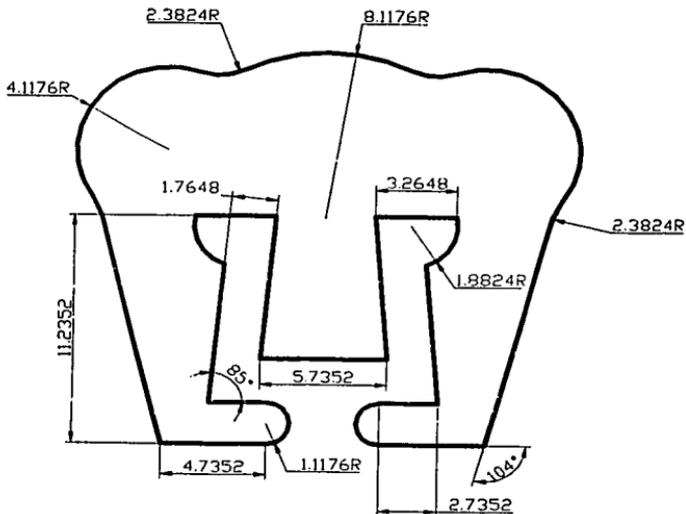


Figura 2.27. Dimensión de la abertura de la matriz.

Por ultimo se obtiene las dimensiones del punzón siguiente (figura 2.28), las cuales son:

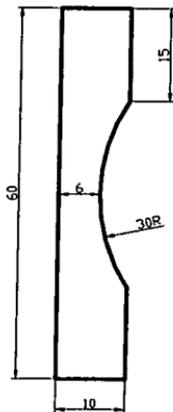


Figura 2.28. Dimensión del punzón.

Al igual que con las otras figuras se obtiene la dimensión que tendrá la matriz, para esta figura, la cual se muestra en la figura 2.29.

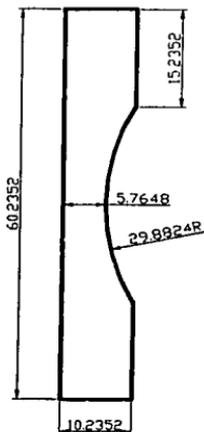


Figura 2.29. Dimensión de la abertura de la matriz.

CAPITULO III

DIBUJOS

3.1. Dibujo de conjunto del troquel.

En el dibujo de conjunto se muestran los diferentes componentes que se asocian para dar la forma total del troquel, incluyendo las piezas que se han de fabricar, así como también las que se deben de comprar, en este dibujo, se muestra la vista frontal, superior y la vista lateral derecha, como en la mayoría de los dibujos mecánicos, pero anexando una vista mas, que es la vista inferior.

En el dibujo de conjunto también se agrega el cuadro de referencia, que como se sabe, se da a conocer la escala en la que esta el dibujo, las unidades de medida de esté (mm, pulg), la fecha de realización, el nombre de quien dibujó, de quien revisó, en que sistema de dibujo se realizó (Americano, Europeo), el nombre del dibujo de conjunto y el número del mismo; Además de lo mencionado, se incluye una lista en la que se da información del número de piezas que se requieren para dicho dibujo, el nombre y numero de la pieza, el material con que se ha de realizar dicha pieza y por ultimo las observaciones pertinentes que se deban de hacer.

3.2. Realización de dibujos para fabricación.

En base al dibujo de conjunto del troquel (Dibujo 3.1), el dibujo 3.a. y 3.b. se realizaron con la finalidad de mostrar al troquel una vez ensamblado, para ello se utilizo la vista isométrica, además de un corte. Esto para que se tenga un panorama general de cómo se verá al final, es decir, una vez fabricado y ensamblado el troquel. Así se procedió a realizar los dibujos detallados de cada una de las piezas, para la fabricación del mismo, dichos dibujos se muestran y comentan a continuación:

Dibujo 3.2. ESPIGA. La espiga es el elemento de unión entre el carro de la prensa y la zapata superior. Para este troquel se eligió esta espiga, ya que con la entalladura se logra una sujeción más firme en la prensa.

Dibujo 3.3. ZAPATA SUPERIOR. En este elemento se coloca la espiga, para esto se debe tener en cuenta el centro de presión, ya que es ahí donde se deberá colocar la espiga, esto para que no sufran los punzones algún tipo de flexión durante el proceso. En la zapata superior se sujeta la sufridera y la placa porta punzones por medio de tornillos Allen, así mismo, también se pueden sujetar algunos punzones.

Dibujo 3.4. SUFRIEDRA. Esta parte del troquel es la que evita que los punzones tengan un movimiento axial durante el proceso, además de que sirve como base para los punzones.

Dibujo 3.5. PLACA PORTA PUNZONES. En esta placa, como su nombre lo dice, tiene la función de sujetar a los punzones, en este troquel algunos punzones se sujetan por medio de tornillos y otros al tener en la parte superior una forma cónica se sujetan sin la necesidad de estos.

Dibujo 3.6. PUNZÓN 1. Este punzón es el que realiza el primer corte, este punzón, al igual que los demás punzones, será de un acero D2, ya que este es el ideal para este tipo de trabajo por su buena resistencia al desgaste y su dureza (60-62 Rc).

Dibujo 3.7. PUNZÓN 2. Este punzón tiene la función de realizar el punzonado de los agujeros en donde se colocaran posteriormente los pernos.

Dibujo 3.8. PUNZÓN 3. Con el punzón numero 3, se realizara la "boca" del puma, nótese que la longitud total de los punzones 2, 3 y 4 a sido escalonada con respecto al punzón 1.

Dibujo 3.9. PUNZÓN 4. Para este punzón se opto por realizarle dos saques en los extremos, esto con la finalidad de poder sujetar esté a la placa porta punzones.

Dibujo 3.10. PUNZÓN 5. Este es el ultimo punzón que realizara el trabajo de punzonado, este será sujetado tanto por dos tornillos, como por un biselado en un extremo.

Dibujo 3.11. PUNZÓN 6. Para poder realizar el doblado se utiliza este punzón, este tendrá un elemento localizador en la parte inferior, esto con la finalidad de realizar un doblado en la posición correcta.

Dibujo 3.12. ELEMENTO LOCALIZADOR. Como su nombre lo dice, tiene la función de localizar y al mismo tiempo centrar a la pieza, en este caso para poder doblarla, este elemento llevara un tornillo para evitar que se salga por la fuerza del resorte.

Dibujo 3.13. PLACA EXTRACTORA. Para este elemento se opto por realizarse una abertura al final de la placa, esto para que la pieza terminada tuviera una salida libre y sencilla.

Dibujo 3.14. MATRIZ. Con esta parte se realizan los cortes que llevara la pieza, así mismo, se doblara y dará alojamiento al botador, además de sujetar a la placa extractora.

Dibujo 3.15. PORTA MATRIZ. Para poder dar salida a los partes que se han punzonado se realizaron los diferentes desniveles que tiene esta pieza, y también se dará altura al elemento botador para que no suba mas de lo debido.

Dibujo 3.16. ZAPATA INFERIOR. Esta parte se utiliza, tanto para sujetar a la matriz y a la porta matriz, como para sujetar el troquel a la mesa de la prensa.

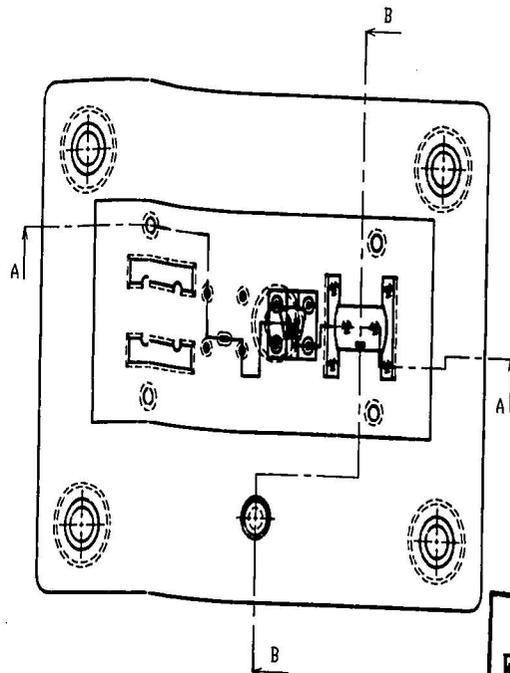
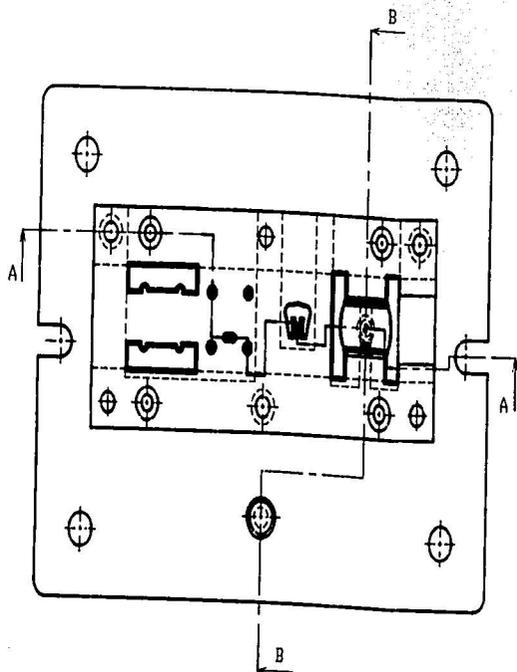
Dibujo 3.17. CASQUILLO. En el centro de este elemento se encuentra la columna guía; el casquillo es un elemento que se sitúa en la zapata superior.

Dibujo 3.18. COLUMNA GUÍA. Sirve para alinear a la parte superior e inferior del troquel.

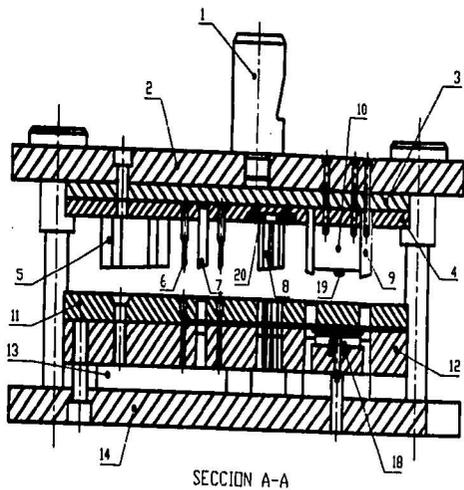
Dibujo 3.19. DISTANCIADOR. Es un elemento de seguridad, que evita el contacto indeseable de algunas partes del troquel.

Dibujo 3.20. BOTADOR. Su objetivo es la expulsión de la pieza ya doblada, a sí como también evitar que la pieza tenga una deformación previa.

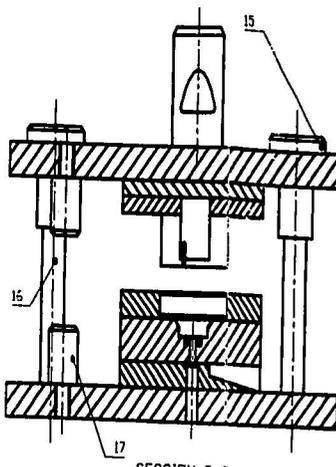
Dibujo 3.21. PLACA DE SUJECCIÓN. Esta placa se diseño con el objetivo de sujetar al punzón numero 4, ya que resulta riesgoso sujetarlo con tornillos, esto por la cercanía con la espiga.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

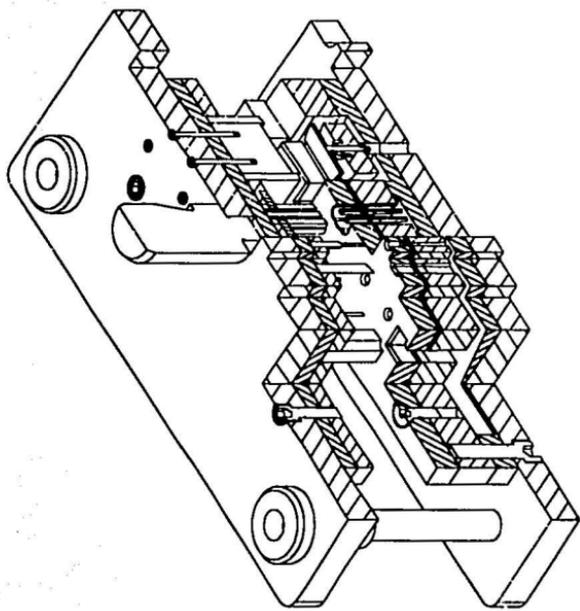


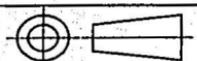
SECCION A-A

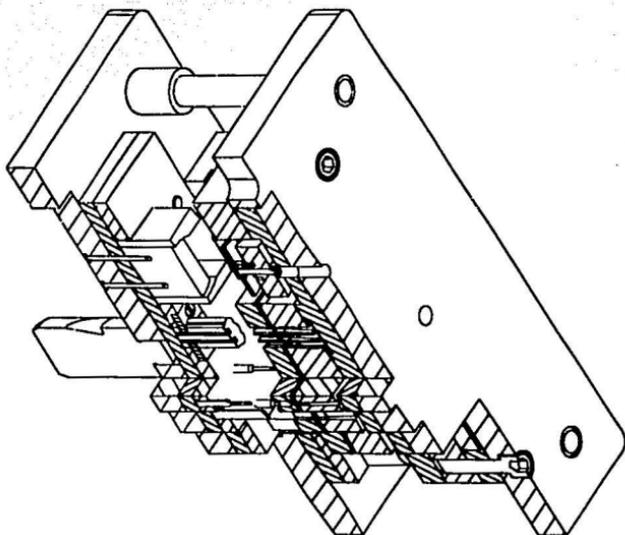


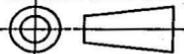
SECCION B-B

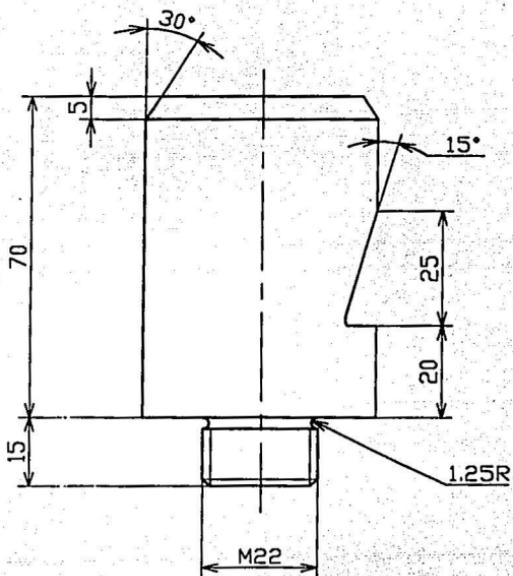
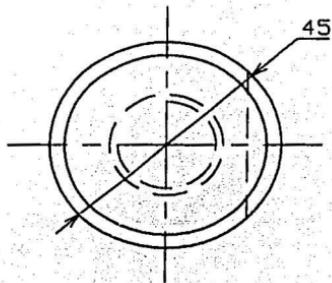
20	2	PLACA DE SUJECION	ACERO 1035	
19	1	ELEMENTO LOCALIZADOR	ACERO 1035	
18	1	RODADER	ACERO 4140	
17	2	DISTANCIADOR	ACERO 4140	
16	4	COLUMNA GUJA	ACERO 4140	
15	4	CASQUILLO	ACERO 4140	
14	1	ZAPATA INFERIOR	ACERO 4140	
13	1	PORTA MATRIZ	ACERO 1035	
12	1	MATRIZ	ACERO D2	
11	1	PLACA EXTRACTORA	ACERO 4140	
10	1	PUNZON 6	ACERO D2	
9	2	PUNZON 5	ACERO D2	
8	1	PUNZON 4	ACERO D2	
7	1	PUNZON 3	ACERO D2	
6	4	PUNZON 2	ACERO D2	
5	2	PUNZON 1	ACERO D2	
4	1	PLACA PORTA PUNZONES	ACERO 4340	
3	1	SUPRIDERA	ACERO S7	
2	1	ZAPATA SUPERIOR	ACERO 4140	
1	1	ESPIGA	ACERO A1S1 D1	
No.	Cont.	Designación	Material	Observ.
ESC: 1:3		FES-CUAUTITLAN	03/04/02	DIB: A
ACOT: mm		TROQUEL		REV: F
				No: 3

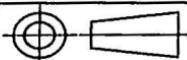


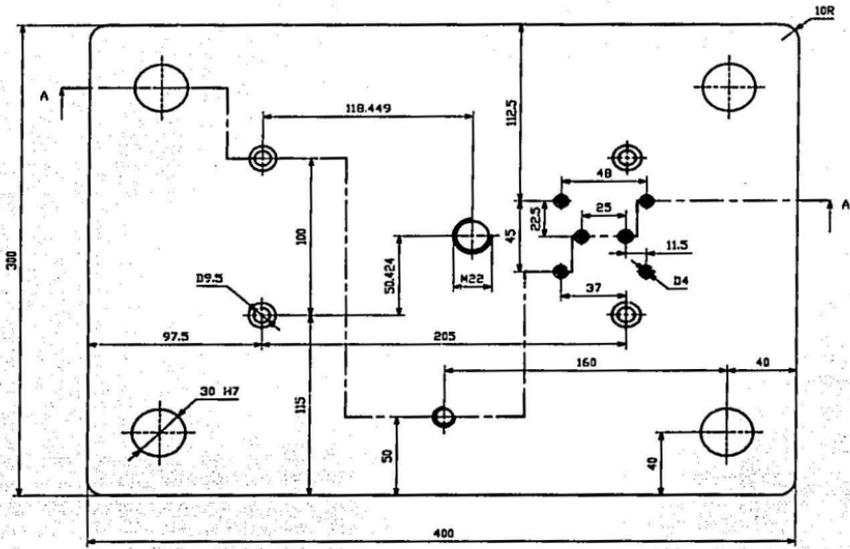
ESC.º 31	FES-CUAUTITLAN	03/04/02	DIB.º ARD
ACOT.º mm	TROQUEL		REV.º FDCR
			No.º 3.a



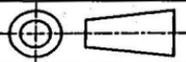
ESC.º 311	FES-CUAUTITLAN	03/04/02	DIB.º ARD
ACDT.º mm	TROQUEL		REV.º FDCR
			No.º 3.b

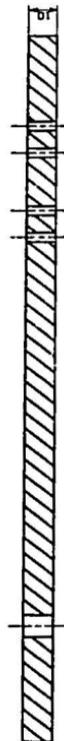
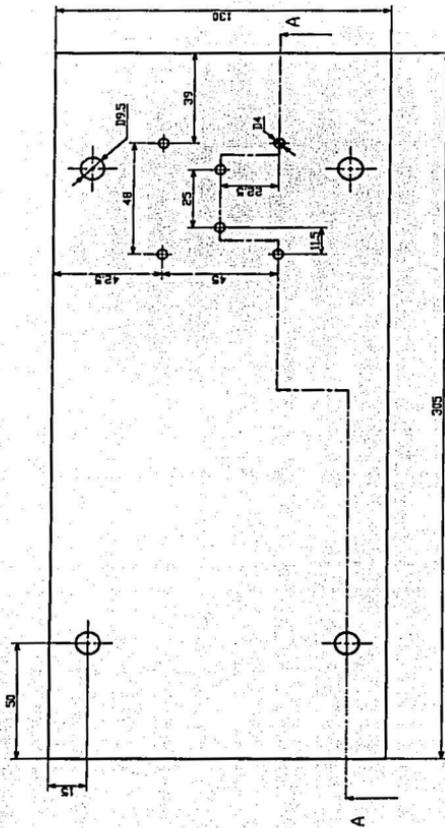


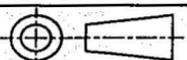
ESC.º 1:1	FES-CUAUTITLAN	03/04/02	DIB.º ARD
ACOT.º mm	ESPIGA		REV.º FDCR
	ACERO AISI 01		No.º 3.2

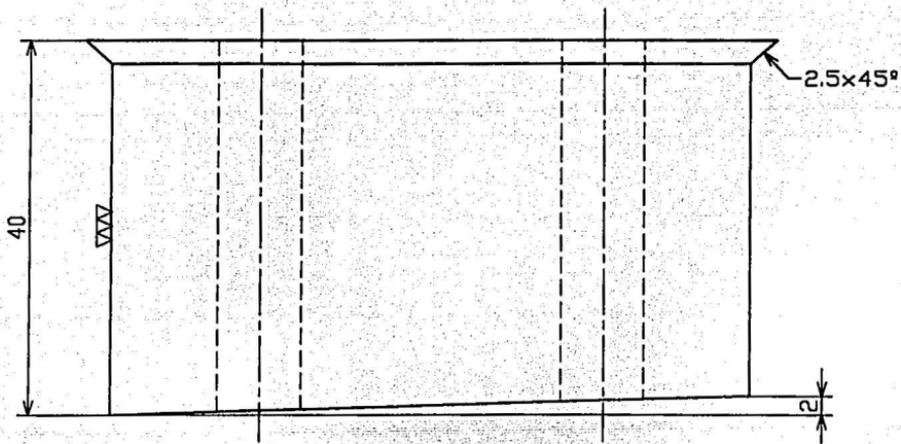
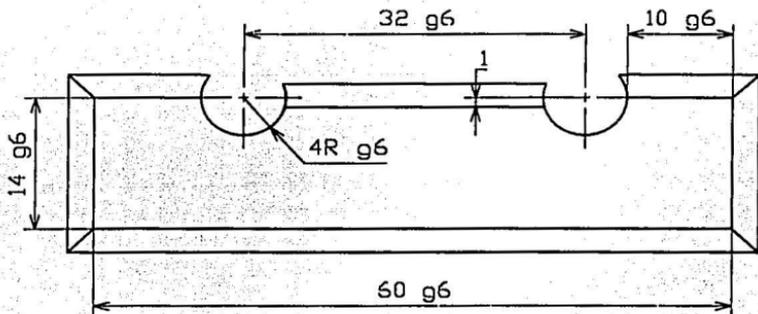


SECCION A-A

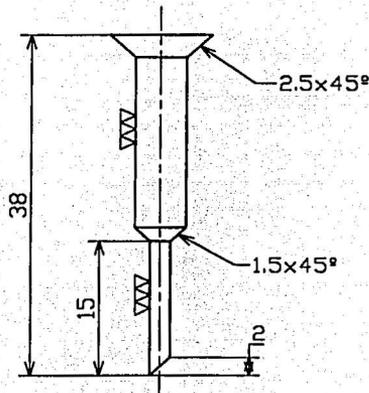
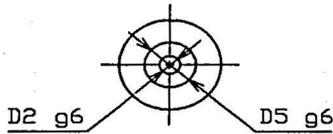
ESC.: 1:3	FES-CUAUTITLAN	03/04/02	DIB.: ARD
ACOT.: mm	ZAPATA SUPERIOR		REV.: FDCR
	ACERO 4140		No.: 3.3



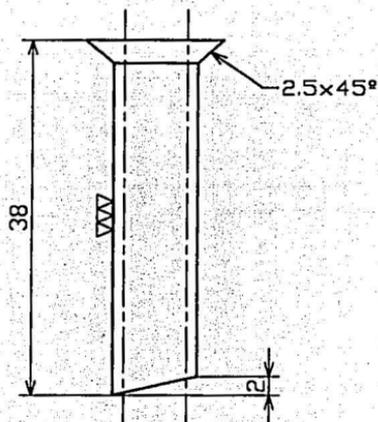
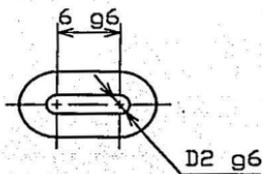
ESC.: 1:2	FES-CUAUTITLAN	03/04/02	DIB.: ARD
ACDT.: mm	SUFRIDERA		REV.: FDCR
	ACERO S7		No.: 3.4

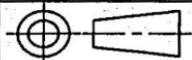


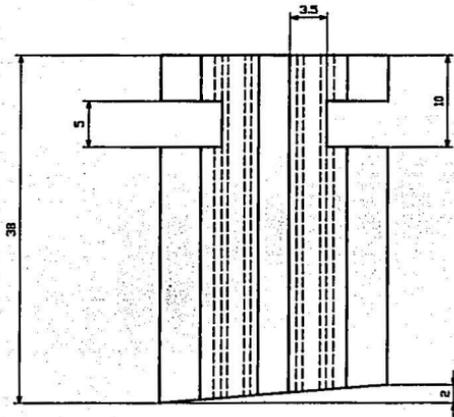
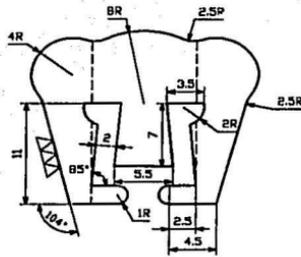
ESC.: 2:1	FES-CUAUTITLAN	03/04/02	DIB.: ARD
ACOT.: mm	PUNZON 1		REV.: FDCR
 	ACERO D2  ()		No.: 3.6



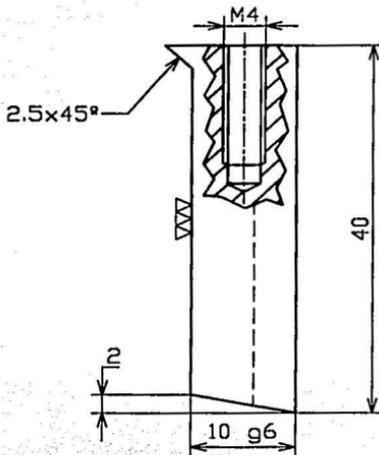
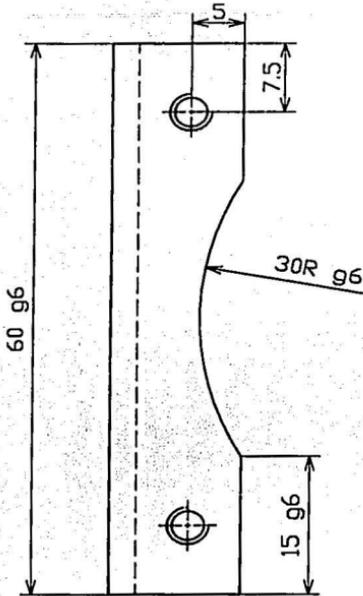
ESC.º 2:1	FES-CUAUTILAN	03/04/02	DIB.º ARD
ACOT.º mm	PUNZON 2		REV.º FDCR
	ACERO D2 $\nabla \nabla (\nabla \nabla)$		No.º 3.7

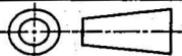


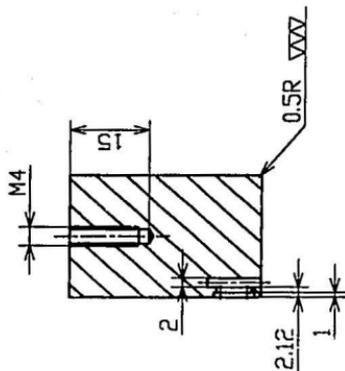
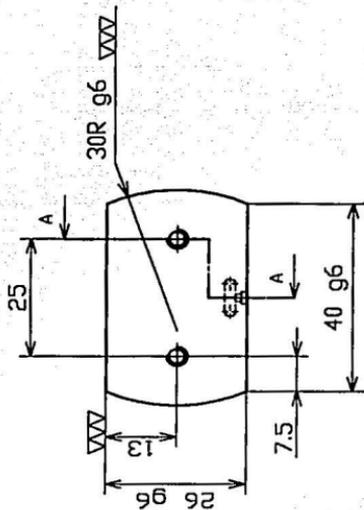
ESC.º 2:1	FES-CUAUTITLAN	03/04/02	DIB.º ARD
ACOT.º mm	PUNZON 3		REV.º FDCR
	ACERO D2 ∇ ($\nabla\nabla$)		No.º 3.8



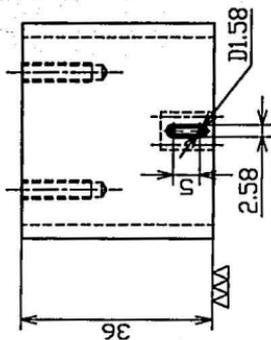
ESC. 2:1	FES-CUAUTITLAN	03/04/02	DIB. ARD
ACOT. mm	PUNZON 4		REV. FDCR
	ACERO D2 ∇ ($\nabla \nabla$)		No. 3.9



ESC: 2:1	FES-CUAUTILAN	03/04/02	DIB: ARD
ACOT: mm	PUNZON 5		REV: FDCR
	ACERO D2 $\nabla < \nabla \nabla >$		No: 3.10



SECCION A-A



ESC.: 1:1

FES-CUAUTITLAN

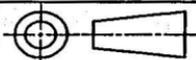
03/04/02

DIB.: ARD

ACOT.: mm

PUNZON 6

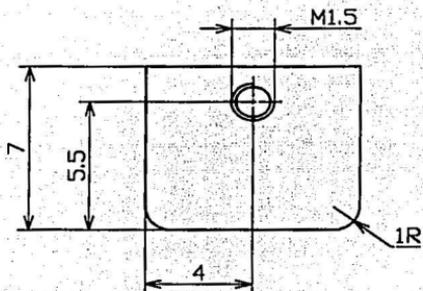
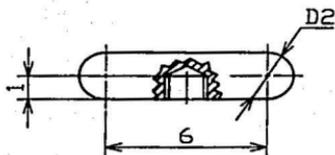
REV.: FDCR

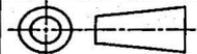


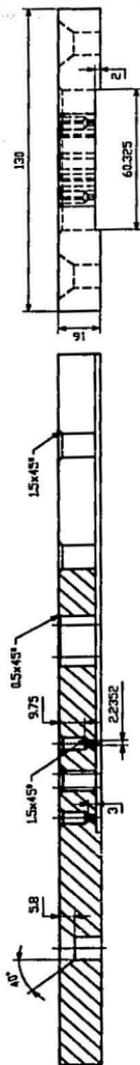
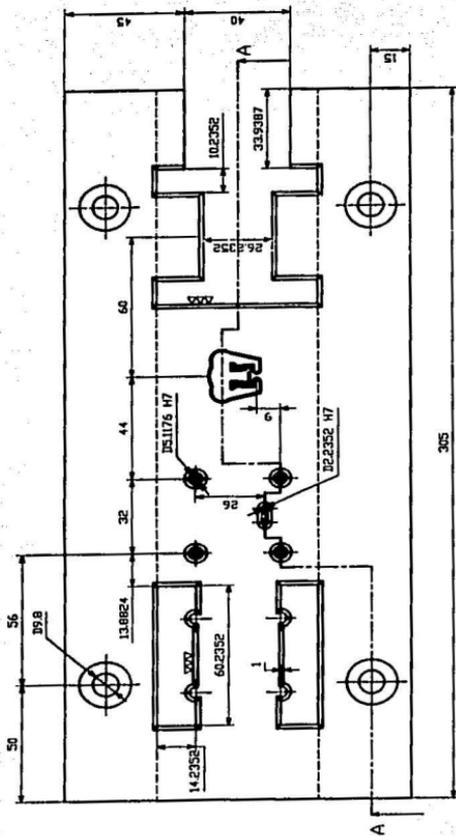
ACERO D2 ∇ (∇)

No.:

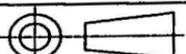
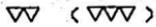
3.11

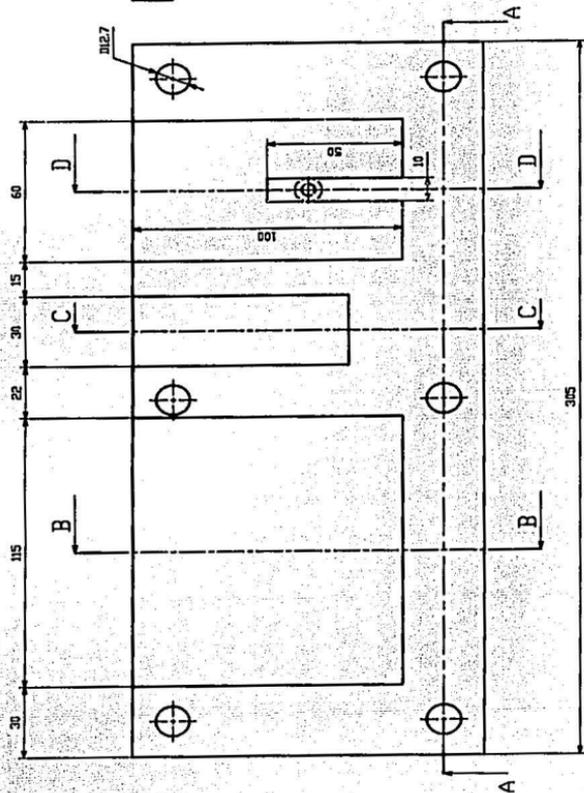


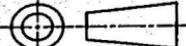
ESC.º 5:1	FES-CUAUTITLAN	03/04/02	DIB.º ARD
ACOT.º mm	ELEMENTO LOCALIZADOR		REV.º FDCR
	ACERO 1035	∇	No.º 3.12

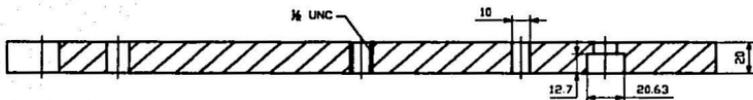
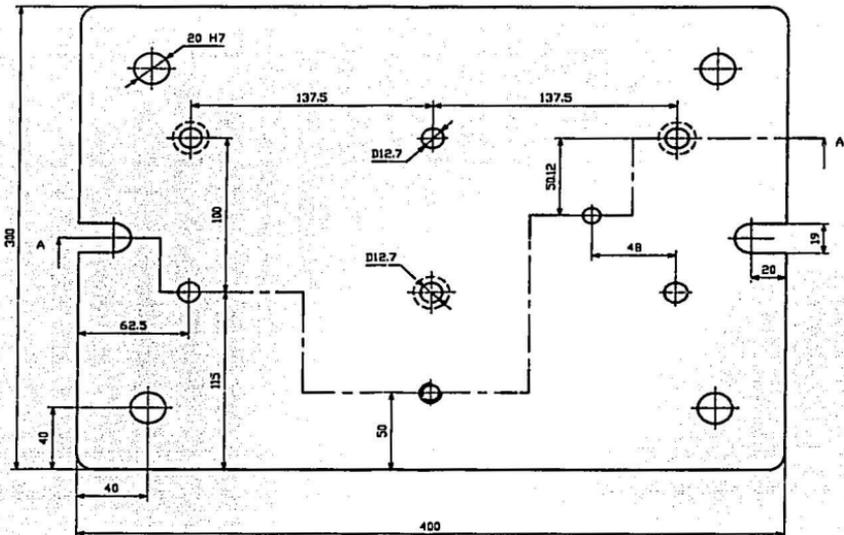


SECCION A-A

ESC.: 1/2	FES-CUAUTILAN	03/04/02	DIB.: ARD
ACOT.: mm	PLACA EXTRACTORA		REV.: FDCR
	ACERD 4140		No.: 313

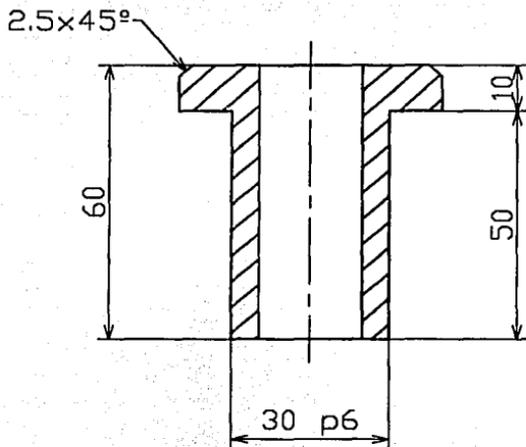
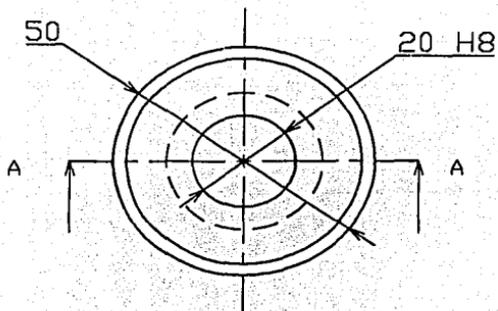


ESC. 1:2	FES-CUAUTITLAN	03/04/02	DIB. ARD
ACOT. mm	PORTA MATRIZ		REV. FDCR
	ACERO 1035	∇	No. 3.15

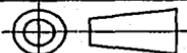


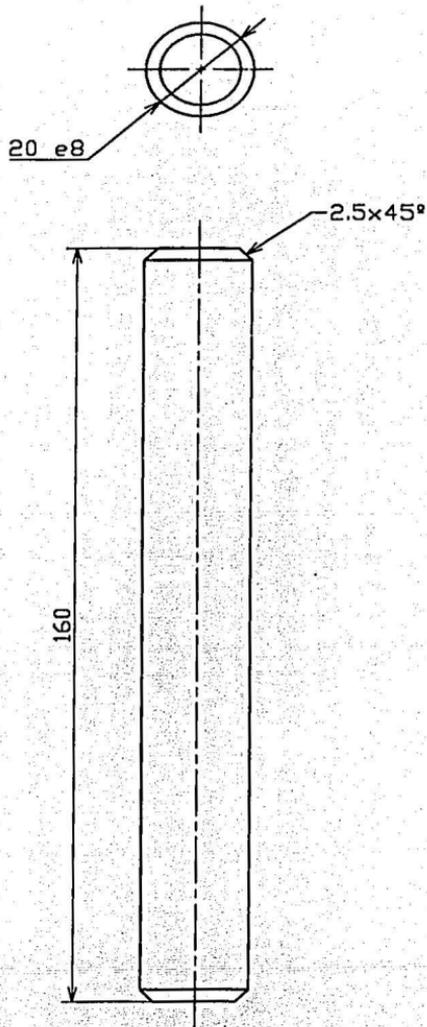
SECCION A-A

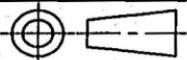
ESC. 1:3	FES-CUAUTITLAN	03/04/02	DIB. ARD
ACOT. mm	ZAPATA INFERIOR		REV. FDCR
	ACERO 4140		No. 3.16

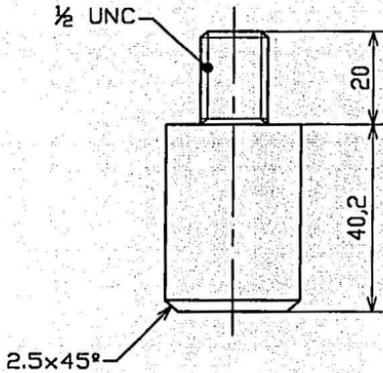
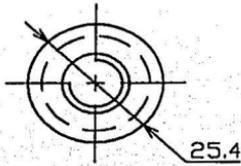


SECCION A-A

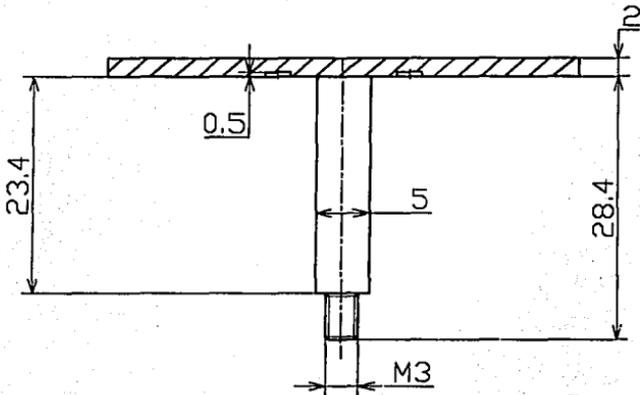
ESC.: 1:1	FES-CUAUTITLAN	03/04/02	DIB.: ARD
ACOT.: mm	CASQUILLO		REV.: FDCR
	ACERD 4140		No.: 3.17



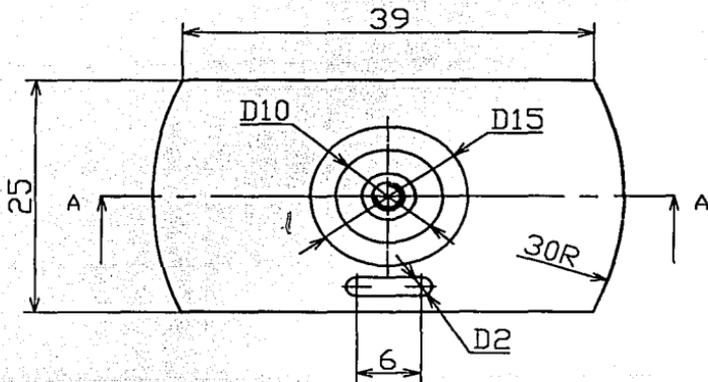
ESC.: 1:1	FES-CUAUTITLAN	03/04/02	DIB.: ARD
ACOT.: mm	COLUMNA GUIA		REV.: FDCR
	ACERO 4140		No.: 3.18

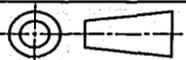


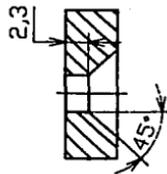
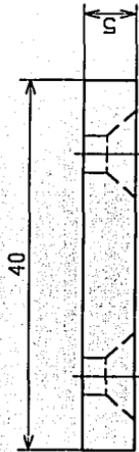
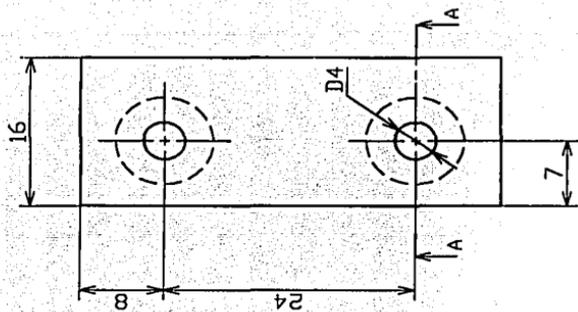
ESC.º 1:1	FES-CUAUTITLAN	03/04/02	DIB.º ARD
ACOT.º mm	DISTANCIADOR		REV.º FDCR
	ACERO 4140		No.º 3.19



SECCION A-A



ESC.: 2:1	FES-CUAUTITLAN	03/04/02	DIB.: ARD
ACDT.: mm	BOTADOR		REV.: FDCR
	ACERO 4140		No.: 3.20



SECCION A-A

ESC. ¹ 2:1	FES-CUAUTILAN	03/04/02	DIB. ¹ ARD
ACOT. ¹ mm	PLACA DE SUJECCION		REV. ¹ FDCR
	ACERD 1035		No. ¹ 3.21

CONCLUSIONES

Después del trabajo realizado se pueden establecer las conclusiones siguientes:

- Las piezas que se producen en grandes series, y que además del punzonado presentan dobleces, se elaboran mediante los troqueles combinados, estos troqueles suelen tener cierto grado de complejidad, ya que poseen mecanismos tales como extractores, pisadores, centradores automáticos, resortes, etc.
- La complejidad y en algunas ocasiones la forma de un troquel, depende en gran medida de la pieza que se fabricará, ya que está, es la que nos dice que elementos debemos de utilizar, ya sea que solo se requiera uno o mas de los mecanismos antes descritos en el punto anterior.
- La desventaja más notable de un troquel es que, solo se utilizan para producir una pieza de geometría única, es decir, que si se requiere cambiar la geometría de la pieza, se debe de cambiar casi por completo el troquel, quedando solo algunas partes que se pueden utilizar para el nuevo troquel, como podría ser la espiga, las zapatas superior e inferior, la sufridera y tal vez la placa porta matriz, esto teniendo en cuenta que no se modificaran las dimensiones generales de la pieza.

Por lo tanto, para el diseño de un troquel se debe seleccionar la pieza teniendo en cuenta, que si se cambiara está, se cambia el troquel, con los gastos que esto implica.

Así, en la presente tesis se desarrolló un troquel combinado, el cual posee los mecanismos ya antes mencionados, realizándose la memoria de calculo, que es la que nos indica cuales son los parámetros que se deben tener en cuenta para diseñar un troquel, así mismo, se elaboraron los dibujos de cada una de las piezas que se han de fabricar para la obtención del troquel. Con el desarrollo de esta tesis brindo a los lectores una recopilación de algunas tablas de materiales comúnmente utilizados en los troqueles, así como también, formulas y dibujos para que posean una herramienta teórica para el diseño de troqueles.

BIBLIOGRAFÍA

- **Ache B. Avistar**
Hot vs Warm Forging-a Comparison
1980
Ed. Precision Metal
USA

- **Alting Leo**
Procesos para Ingenieros de Manufactura
1990
Ed. Alfa-Omega
1ª Edición
México

- **Amstead B. H., Phillip F. Ostwald y Myron L. Begeman**
Procesos de Manufactura
1981
Ed. Continental
México

- **Black C. Stewart, Chilese Vic, Lissaman A.J. y Martin S.J.**
Principio de Ingeniería de Manufactura
Ed. Continental
1999
México

- DeGarmo E. Paul, Black J.T. y Kohger A. Ronald
Material and Processes in Manufacturing
Ed. Prentice Hall
1997
London

- Doyle E. Lawrence, Keyser A. Carl, Leach L. James, Schrarer F. George y
Singer B. Morse
Materiales y Procesos de Manufactura para Ingenieros
1985
Ed. Prentice Hall
3ª Edición
México

- López Navarro
Troquelado y Estampado
1976
Ed. Gustavo Gili
México

- Mirón Begeman
Procesos de Fabricación
1976
Ed. CECSA
México

- **Pollack W. Herman**
Maquinas, Herramientas y Manejo de Materiales
1982
Ed. Prentice Hall
2ª Edición
España

- **Robert's Arthur**
Manufacturing Processes
1976
Ed. Mc Graw Hill
USA

- **Rossi Mario**
Estampado en Frió de la Chapa
1979
Ed. Dossat
9ª Edición
España

- **Schärer Säuberli Ulrich, Rico Mora José Antonio, Cruz Sánchez Joaquín,**
Soiares Gerardo Leonides y Moreno Ponce Raúl
Ingeniería de Manufactura
1991
Ed. Continental
1ª Edición
México

- **Shigley E. Joseph y Mischke R. Charles**
Elementos de Maquinaria, Deformación y esfuerzo
Ed. McGraw-Hill
Tomo 2
México