



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN

*“Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora.*

*Diseño de un troquel progresivo  
para la obtención de un Guardacabo”*

## Trabajo de Seminario

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A :  
SERGIO DOMINGO ZEPEDA ORTEGA

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

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO 2004





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



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
P R E S E N T E

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

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Diseño y manufactura asistidos por computadora.

" Diseño de un troquel progresivo para la obtención  
de un guardacabo".

que presenta el pasante: Sergio Domingo Zepeda Ortega

con número de cuenta: 09226506-5 para obtener el título de :

Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

**A T E N T A M E N T E**  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 2 de Marzo de 1 2004

MODULO

PROFESOR

FIRMA

I

M.I. Felipe Díaz del Castillo Rodríguez

Felipe Díaz del Castillo Rodríguez

II

Inq. Enrique Cortés González

Enrique Cortés González

III

Inq. Eusebio Reyes Carranza

Eusebio Reyes Carranza

## SIN

*"Sin aquella ventana de colores que irisaba la estancia en el ocaso.  
Sin aquellos arrullos maternos y el vaivén de mi cuna mecedora.  
Sin aquellos rincones temerosos.  
Sin aquellas canicas rodadoras.  
Sin aquel arroyuelo que formaba un remanso de plata en el recodo.  
Sin aquellos hermanos peleoneros.  
Sin aquellas tardeadas infantiles correteando ruidosos por la plaza.  
Sin aquellos naranjos que obsequiaban el jugo y el perfume de sus frutos.  
Sin aquellas danzantes mariposas.  
Sin aquellos caminos polvorientos.  
Sin aquellos soldados de juguete que después de matarse revivían.  
Sin aquellas casonas descuidadas.  
Sin aquellos maestros responsables que contaban historias divertidas.  
Sin aquellas campanas de mi pueblo.  
Sin aquel cinturón con que mi padre castigaba mis tontas fechorías.  
Sin los nidos que cuelgan de las ramas.  
Sin la lluvia que moja mis cabellos.  
Sin el dulce temblor del corazón del corazón al hallar en la niña a la mujer.  
Sin el cruel desgajarme de mi hogar.  
Sin la suave rutina de los libros.  
Sin el épico esfuerzo del deporte que endurece los miembros y el carácter.  
Sin las miles de historias cotidianas que han dejado su huella en mi camino.  
Sin los pies agrietados y rasposos.  
Sin el pan que se amasa con dolores.  
Sin las mágicas notas de la música.  
Sin la mano leal de los amigos.  
Sin el beso fatal de los traidores.  
Y sin Dios... yo no soy yo.  
Yo soy ventana y camino, soy mariposa y soy flor.  
Soy el viento que susurra, soy campana y soy canción.  
El contacto con los seres ha dejado en mí su sello.  
Con todos he convivido; de todos algo conservo.  
Soy naranjo, soy cascada, soy una nota doliente.  
Soy surco y golondrina... Soy un corazón que siente."*

Agradezco especialmente:

A Dios que me permitió a caminar por este camino y me dió los medios para poder concluir una etapa más.

A mis Padres todo el cariño y agradecimiento por el amor, la formación y el apoyo brindado durante toda mi vida.

A la Universidad Nacional Autónoma de México nuestra alma mater ya que me siento muy orgulloso de lo que eres y de ser un hijo tuyo.

A todos los maestros de la carrera comprometidos con la enseñanza en especial a mi asesor de tesis M.I Felipe Diaz del Castillo por su amistad, paciencia y asesoría .

A los Ingenieros que completaron mi formación profesional con sus enseñanzas, apoyo y consejos prácticos en especial al Ing. Alfredo Muñoz.

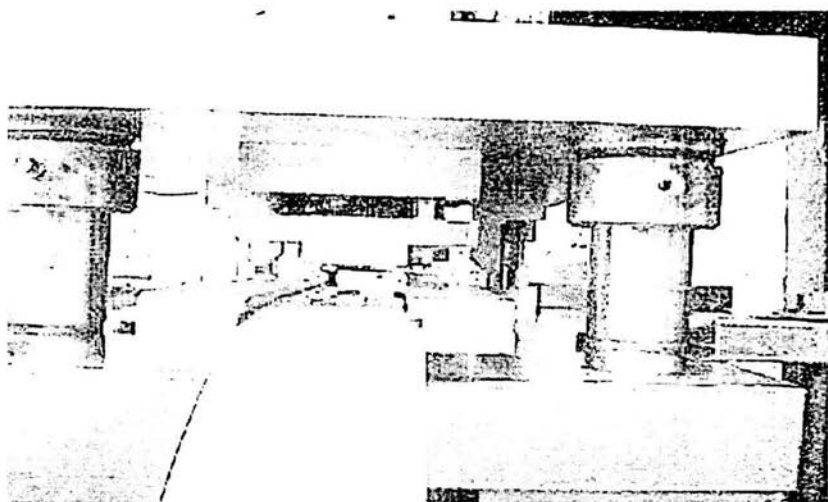
Al Sr. Javier López y Sr. Luciano Fáfán por todos sus consejos prácticos en la fabricación y ajuste de troqueles .

A mis amigos, los cuales he visto caminar a lo largo de todos estos años. Miguel González, Roberto Herrera, Oswaldo García, Marco Silva, Iván Gutiérrez, Efraín Munguía, Ing. Israel Benítez, Nancy Razo, Ped. Marcela Olalla y Prof. Alvaro Ayala del taller de guitarra de la FESC.

A Helen Malagón por haber caminado conmigo en este tiempo tan maravilloso para mí y por toda su ternura y comprensión.

A las personas que me tienen presente en su oración, en especial a mi hermana Gloria Inés Zepeda o.c.c.s.

# DISEÑO DE UN TROQUEL PARA LA OBTENCION DE UN GUARDACABO



SERGIO DOMINGO ZEPEDA ORTEGA  
MÉXICO, 2004

## INDICE

<i>Introducción</i> .....	1
<i>Objetivos</i> .....	3

### **Capítulo 1.**

#### ***Aspectos generales***

1.1 ¿Qué es una prensa?.....	4
1.2 Partes que componen una prensa.....	5
1.3 Clasificación general de las prensas.....	7
1.3.1 Clasificación por tipo de bastidor.....	7
1.3.2 Clasificación por fuente de poder.....	9
1.3.3 Clasificación por tipo de movimiento.....	10
1.4 Partes que conforman un troquel.....	11
1.5 Tipos de operaciones en un troquel.....	13
1.6 Tipos principales de construcción de un troquel.....	17
1.7 Teoría del corte.....	18
1.8 Teoría del doblado.....	22
1.9 Recuperación elástica en el doblado .....	23

### **Capítulo 2.**

#### ***Cálculos y consideraciones generales para el diseño de troqueles.***

2.1 Diseño general del troquel progresivo.....	25
2.2 Desarrollo de la pieza.....	25
2.3 Estudio de las tiras de material.....	26
2.4 Fuerza necesaria para el corte.....	28
2.5 Fuerza necesaria para el doblado.....	29
2.6 Tonelaje de la prensa.....	30
2.7 Centro de presión.....	30
2.8 Consideraciones para el diseño de matrices.....	33

2.9 Consideraciones para el diseño de punzones.....	37
2.10 Diseño de Pilotos guías.....	38
2.11 Diseño del planchador o pisador.....	39
2.12 Diseño de Guías Extractoras.....	40
2.13 Selección de resortes para planchadores.....	41
2.14 Expulsores.....	45
2.15 Aceros más usados para la construcción de troqueles.....	45
2.16 Juego de portatroqueles comerciales.....	46

### **Capítulo 3.**

#### ***Diseño del troquel progresivo.***

3.1 Planteamiento del problema.....	48
3.2 Desarrollo de la pieza.....	49
3.3 Calculo del desperdicio.....	50
3.4 Estudio de cinta.....	51
3.5 Calculo de porcentaje de material a utilizar en la cinta.....	52
3.6 Area mínima del portatroquel.....	53
3.7 Fuerzas necesarias para corte.....	54
3.8 Fuerzas para doblado en V.....	54
3.9 Fuerza de doblado en U.....	55
3.10 Fuerza para el planchado.....	56
3.11 Selección del resorte.....	56
3.12 Tonelaje de la prensa.....	57
3.13 Centro de presión.....	58
3.14 Dimensionamiento de la matriz.....	60
3.15 Dimensionamiento de los punzones y pilotos.....	60
3.16 Dimensionamiento del portapunzones.....	61
3.17 Dimensionamiento del planchador.....	61
3.18 Dimensionamiento de las guías de material.....	61



**Capítulo 4.**  
**Dibujos de Diseño.**

4.1 Consideraciones de los dibujos.....	62
4.2 Dibujos.....	62
<b>Conclusiones.....</b>	<b>88</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>90</b>
<b>Apéndice 1</b>	
<b>Portatroqueles Comerciales.....</b>	<b>92</b>
<b>Apéndice 2</b>	
<b>Resortes para troqueles.....</b>	<b>94</b>
<b>Apéndice 3</b>	
<b>Imágenes del troquel progresivo.....</b>	<b>94</b>

## INTRODUCCION

La producción de piezas a partir de láminas mediante troquelado es el proceso más ampliamente utilizado en la industria metalmeccánica de los procesos de trabajo en frío o en caliente.

La importancia de este proceso es evidente al examinar los artículos metálicos de consumo producidos en masa como automóviles, cubiertas para aparatos electrodomésticos, equipos de oficina e infinidad de piezas para ensamble.

En los trabajos de corte, conformación, forja y estampa, así como para embutir y sinterizar se necesita, para cada fase de trabajo el empleo de notables esfuerzos, estas fuerzas se desarrollan por medio de prensas que trabajan por "vía mecánica o hidráulica" y se transmiten a la corredera de la prensa y con ello sobre la herramienta con la mayor uniformidad posible.

La característica principal del proceso de troquelado es la aplicación de grandes fuerzas un corto intervalo de tiempo, lo cual resulta en el corte o deformación del material de trabajo.

Una operación de troquelado da como resultado la producción de una parte terminada en menos de un segundo. Las fuerzas de troquelar se producen, guían y controlan en una máquina referida como prensa troqueladora.

El trabajo en frío y los procesos de formado requieren como regla menos energía y material que los procesos de remoción en metal para obtener productos terminados, por lo que resulta mucho más rentable ya que se obtienen gran cantidad de piezas y un menor costo de manufactura.

Para que este proceso sea rentable se requiere que se produzcan cantidades suficientes de piezas para justificar el alto costo del herramental, además la presencia de suficiente ductilidad en el material para permitir el flujo plástico necesario para el tipo particular de operación que se considere.

La industria nacional está preocupada por innovar productos que puedan satisfacer las necesidades del cliente, que sean competitivos en costo y calidad un mercado cada vez más globalizado.

El trabajo a desarrollar consistirá en el diseño de un herramental para la fabricación de un guardacabo, analizando el diseño, la factibilidad del diseño, su economía, fácil mantenimiento, durabilidad del herramental, desarrollando los cálculos pertinentes.

En el capítulo I se analizará el principio básico de operación de una prensa, su clasificación, los tipos de construcción de prensas y su disposición, además se hará un análisis de las principales operaciones que se realizan en un troquel así como los tipos de troqueles y sus componentes, parte importante poder analizar las posibilidades que tenemos en el diseño de un troquel y elegir la secuencia de operaciones adecuada, así como poder elegir el tipo de troquel que queremos diseñar.

En el capítulo II se analizan las consideraciones teóricas de diseño, como de los materiales, así como los tratamientos térmicos a emplear. Se revisará la parte teórica del cálculo de centro de presión, tonelaje de la prensa, holguras, tolerancias, fuerzas de corte, dimensionamiento de las placas, punzones, etc., así como el diseño de la tira de material sobre la cual partirá el diseño dimensional de nuestro troquel.

El capítulo III trata sobre la memoria de cálculo de nuestro diseño en específico.

El capítulo IV corresponde a los dibujos de diseño del troquel progresivo.

## OBJETIVOS

1. Dar un panorama general sobre las prensas, los troqueles y sus operaciones.
2. Analizar los factores a considerar para el diseño de un troquel de corte y doblado.
3. Realizar el diseño de un troquel progresivo para la fabricación de un guardacabo.

# CAPITULO 1

## ASPECTOS GENERALES

### 1.1 ¿Qué es una prensa?

Una prensa es una máquina que ejerce un movimiento alternativo en el cual se ejerce una fuerza sobre el material de trabajo por medio de herramientas especiales, figura 1.1.

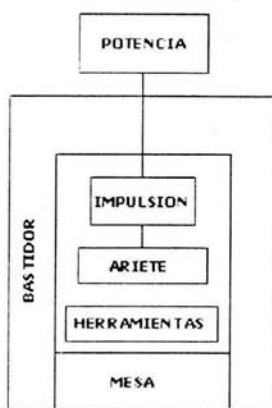


Figura 1.1 Elementos de una prensa.

Con las prensas se pueden utilizar una gran variedad de herramientas de diferentes configuraciones teniendo muy diversas posibilidades.

La mayoría de las prensas son mecánicas dado que dichas impulsiones son simples, durables y rápidas.

Las prensas hidráulicas proporcionan carreras largas y más lentas. Estas pueden ejercer el tonelaje en toda la longitud de la carrera además que el ariete tiene velocidad constante a través de su carrera. Las prensas hidráulicas se usan rara vez para operaciones de corte para las cuales el máximo requisito de carga ocurre en el fondo de la carrera, estas prensas se usan en general para operaciones de embutido profundo.

Se deben conocer los fundamentos de las prensas antes de poder diseñar un herramental para ellas. Entre los datos que debemos conocer están:

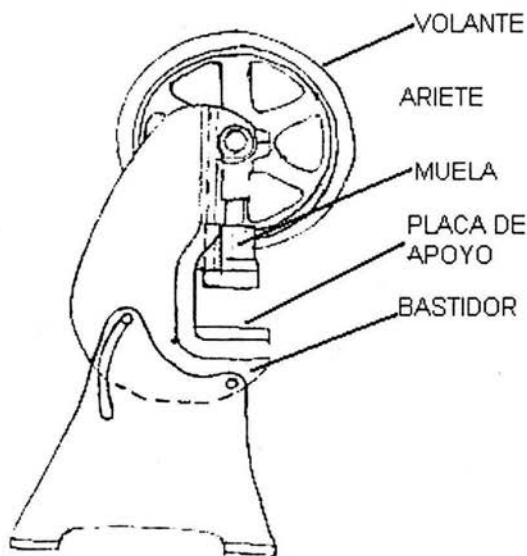
**Tonelaje de la prensa.** Es la fuerza que la prensa es capaz de proporcionar de una manera segura. En este dato esta considerado un factor de seguridad por lo que no se recomienda sobrepasarlo.

**Carrera.** Es la distancia que puede recorrer cuando oscila el ariete. Esta tiene un rango de ajuste.

**Area de la mesa.** Es el área que se tiene disponible para poder montar las herramientas en la prensa.

### **1.2 Partes que componen una prensa.**

Esta máquina esta compuesta esencialmente de un marco bastidor, una mesa de apoyo y el miembro de movimiento alternativo llamado corredera o ariete, el cual ejerce una fuerza de trabajo por medio de herramientas especiales montadas sobre la mencionada corredera y la mesa, figura 1.2.



*Figura 1.2. Partes principales de una prensa.*

Las partes principales que componen una prensa son:

- Mesa rectangular.** Parte del bastidor abierta de ordinario el cual soporta la placa de apoyo.
- Placa de apoyo.** Placa de acero plana de 2 a 5 pulgadas de espesor (50 a 125 mm) sobre la cual se montan las herramientas y accesorios de troquelar.
- Ariete o corredera.** Es la que transforma el movimiento rotacional en lineal, se mueve a través de una carrera. Esta carrera (distancia) puede ajustarse. La distancia desde la parte superior de la mesa o apoyo a la parte inferior de la corredera, junto con su carrera y su ajuste se llama: altura de cierre de la prensa.
- Muela.** Es la parte de la prensa donde se conecta la espiga que une el portatroquel con el ariete de la prensa.
- Un explusor o Knockout.** Es un mecanismo que funciona sobre la carrera ascendente de una prensa, el cual expulsa las piezas de la herramienta de la prensa.
- El volante.** Es cual absorbe energía del motor continuamente y libera esta energía almacenada a la pieza intermitentemente haciendo posible el poder usar un motor pequeño.
- Un cojín.** Que es un accesorio para la prensa situado debajo a dentro de una placa de apoyo para producir un movimiento y fuerza ascendente; es accionado por aire, aceite, hule o resortes, o una combinación de los mismos.

### 1.3 Clasificación general de prensas.

Los tipos de prensas disponibles para embutido y corte son variadas. La selección del tipo de prensa depende del tipo de operación a realizar. No todos los tipos de prensa serán descritos. Los tipos básicos de prensas y sus mecanismos serán descritos para darnos un panorama para poder diseñar nuestro herramental.

Las prensas se clasifican por:

- Tipo de bastidor.
- Fuente de poder.
- Método de actuación de ariete o corredera.
- Número de correderas
  - Se clasificar también en mecánicas o hidráulicas o en de simple y doble efecto.

#### 1.3.1 Clasificación por el tipo de bastidor

Deben ser fuertes y rígidos para mantener el alineamiento entre los punzones y la matriz. En la figura 1.3 se muestran los diferentes tipos comunes de bastidores de una prensa. La mayoría de prensas de hasta 200 Toneladas de capacidad tienen bastidores tipo C.

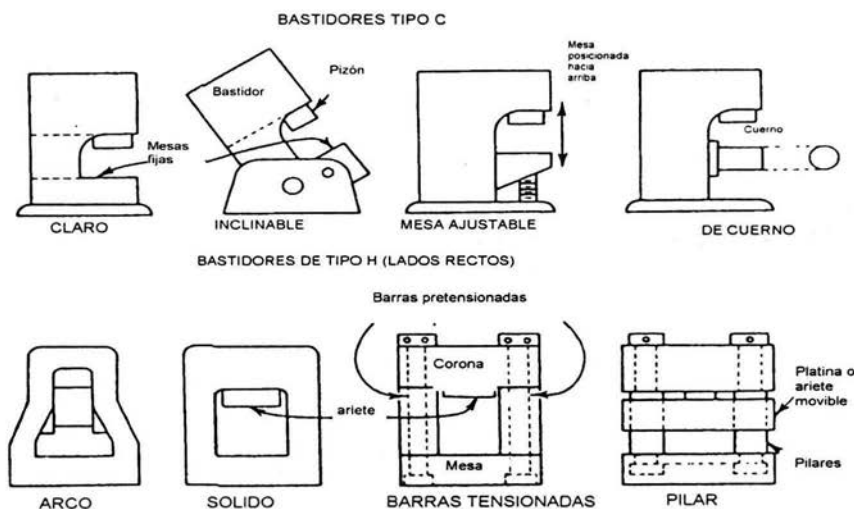


Figura 1.3. Tipos de construcción de bastidores



- ☑ **Prensa con bastidor tipo C.** Tiene en la vista lateral la forma de una letra C, figura 1.4. Esto permite alimentar la prensa con la tira de material por un lado. Algunas prensas de marco hueco tienen abierta la parte de atrás para permitir la alimentación de material por el frente y la expulsión de las piezas terminadas por la parte de atrás.



*Figura 1.4. Prensa inclinable de fondo abierto bastidor en C.*

La prensa OBI (Inclinable de bastidor abierto) es la prensa de uso más común hoy en día. Las capacidades varían desde 1 tonelada hasta 150 toneladas. Su principal uso es para corte, doblado y estampado.

- ☑ **Prensa con bastidor tipo H.** Incorpora una muela o brida la cual viaja a través de dos lados rectos y son generalmente usadas para el trabajo grande y pesado.

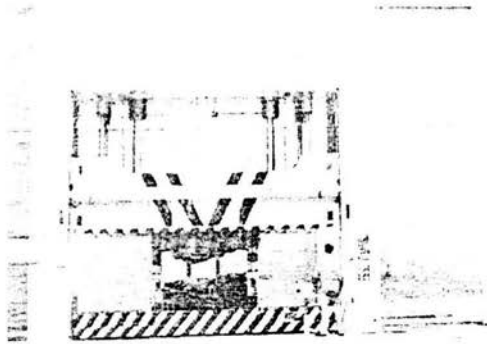


Figura 1.5. Prensa con bastidor recto o en H.

El tamaño de la prensa es limitado porque la brida o muela reduce el área de trabajo. Sin embargo la construcción del bastidor permite mesas de apoyo amplias y golpes más largos. El mecanismo de manejo es generalmente localizado en la parte superior de la mesa. Las prensas de bastidor recto H son clasificadas como de uno, dos, tres o cuatro puntos de suspensión, dependiendo del número de conexiones entre la muela y el árbol del ariete.

### 1.3.2 Clasificación por fuente de poder.

La gran mayoría de las prensas recibe su poder mecánica o hidráulicamente. Algunas pocas prensas son operadas a mano por medio de palancas o tornillos, pero son poco útiles para producción masiva.

- ☑ **Prensas mecánicas.** La energía proviene de un volante giratorio en el cual se almacena la energía la cual se transfiere a un al ariete o corredera para su movimiento lineal. Ver figura 1.4.
- ☑ **Prensas hidráulicas.** El movimiento se produce con aceite a presión en un cilindro con émbolo donde este va unido directamente al soporte de la herramienta superior (corredera de la prensa), por medio de un robusto vástago de émbolo. Ver Figura 1.5. El movimiento de trabajo puede ser vertical u horizontal.

En estas prensas puede graduarse con toda precisión tanto la fuerza del émbolo, como su velocidad para el trabajo de conformación o de corte. Las prensas hidráulicas se emplean para forja, sinterización, corte fino, embutición, y sobre todo para la embutición profunda.

### 1.3.3 Clasificación por tipo de movimiento.

La impulsión de una prensa se entiende como el medio de emplear fuerza al ariete. Las dos clases principales de impulsiones son la mecánica e hidráulica. Dentro de los dispositivos mecánicos que se utilizan en la actualidad son el cigüeñal, el excéntrico, leva, palanca, junta articulada, tornillo, rack y cremallera como se indica en la figura 1.6.

El mecanismo de transmisión más común es el cigüeñal, sin embargo muchas prensas usan el excéntrico para generar el movimiento lineal. La principal ventaja del excéntrico es que ofrece mayor área soporte para la biela, y la principal desventaja es la limitación en la carrera para el golpe. Por consiguiente las prensas que tienen golpes más prolongados utilizan cigüeñal.

Además de los excéntricos y cigüeñales la biela puede ser movida por levas, barras, tornillos o bolas.

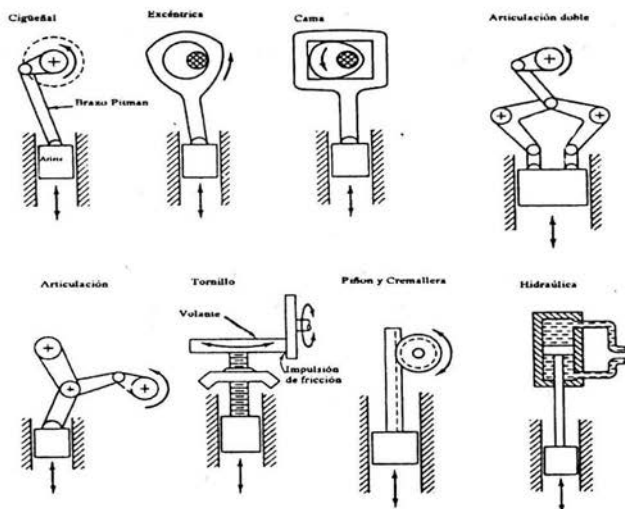


Figura 1.6. Clases principales de impulsiones

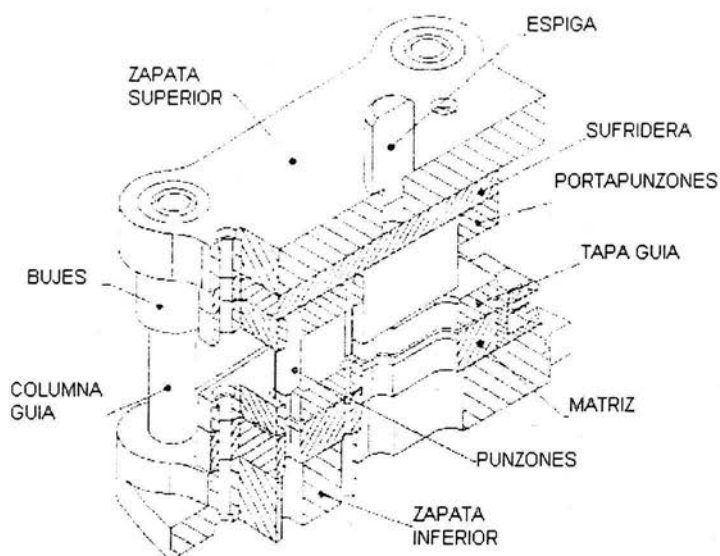
- ☑ **Prensas excéntricas.** En esta prensa, hay un árbol de la excéntrica accionado por un motor a través de un volante de embrague y dispositivo de frenado. Sobre la excéntrica de este árbol se halla un manguito excéntrico que puede girarse. Con ello puede variarse la carrera de la corredera de la prensa.
  
- ☑ **Prensas de cigüeñal.** En el caso de estas prensas el movimiento de la corredera se consigue mediante el accionamiento por cigüeñal. El cigüeñal transmite su movimiento a través de una robusta biela, a la corredera que lo recibe transformado en movimiento rectilíneo. La carrera no es ajustable pero la corredera en general se puede aproximar mediante un husillo y bola. Así puede ajustarse exactamente la parte superior de la herramienta en cuanto a su posición en altura con respecto a su parte inferior.

#### **1.4 Partes que conforman un troquel.**

En la figura 1.7, se aprecian los componentes comunes de un troquel de corte. El troquel o herramienta de corte se representa convencionalmente en su posición cerrada, es decir, después de realizado el corte.

El troquel esta compuesto de las siguientes partes:

- ☑ **Espiga.** Sirve de unión entre la zapata superior del portatroqueles y el ariete de la prensa.
  
- ☑ **Portatroqueles o die-set.** Esta compuesto por la zapata superior, zapata inferior y las columnas guía y sus respectivos casquillos y es en este donde van a ir sujetas todas las piezas del troquel.



*Figura 1.7. Partes principales de un troquel.*

- ☑ **Columnas guía.** Estas son muy importantes ya que sirven como registros para que la zapata superior e inferior siempre estén alineadas
- ☑ **Zapata superior.** Sujeta a la sufridera y al portapunzones, es la placa que va sujeta al ariete de la prensa.
- ☑ **Sufridera.** Sirve para recibir el impacto provocado por el funcionamiento de los punzones y es base de la placa portapunzones.
- ☑ **Placa portapunzones.** Da alojamiento y sostiene a los punzones.
- ☑ **Punzones.** Son las piezas que junto con la matriz dan forma a los cortes o dobleces y poseen la forma total o parcial de la pieza que se desea obtener por corte, debe existir juego entre los punzones y la placa extractora.

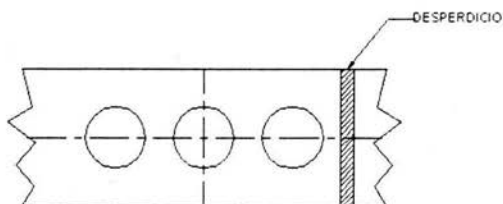
- ☑ **Planchador o placa extractora.** Esta pieza tiene la función de evitar el deformamiento de la pieza en el momento de la entrada de los punzones sobre el material, además de retirar la pieza en el retorno ya que el material se contrae y queda atorado en los punzones.
- ☑ **Resortes.** Sirven para hacer funcionar el planchador y darle la fuerza adecuada, van colocados sobre el portapunzones.
- ☑ **Guías.** Tienen como función principal guiar el material a través del troquel para que este se mantenga bien alineado.
- ☑ **Matriz.** Es una de las partes fundamentales del troquel, soporta grandes esfuerzos debido a los impactos, además que tiene gran relación con los punzones, es en esta donde se producen los cortes y por donde salen las rebabas por medio de los ángulos de salida.
- ☑ **Topes.** Sirven para marcar el paso de la tira del material, para que después de cada golpe de la presa, se haga avanzar el material de una manera precisa y adecuada.
- ☑ **Zapata inferior.** La zapata inferior es la placa del portatroquel donde se monta la matriz y la cual va sujeta a la mesa de la prensa.

### 1.5 Tipo de operaciones en un troquel

Aunque existen diversos tipos de operaciones para el troquelado, algunas de las cuales son muy complejas, pueden ser reducidas en operaciones de corte, doblado, embutido y estampado.

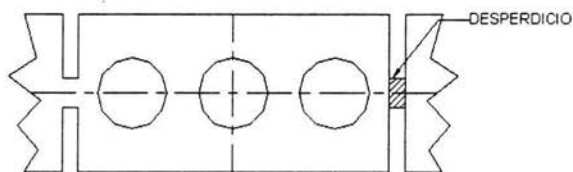
Las principales operaciones de corte son la siguientes:

- Corte.** Significa separar una pieza de una cinta con un corte a lo largo de una sola línea.



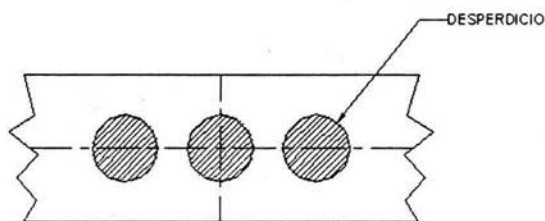
*Figura 1.8 Esquema de la operación de corte.*

- Partición.** Significa que se quita desperdicio entre dos piezas para separarlas.



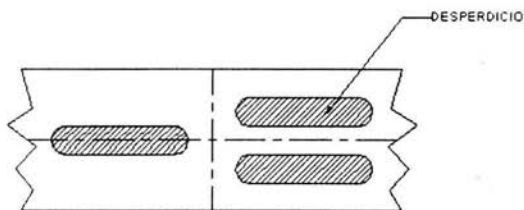
*Figura 1.9 Esquema de una operación de partición.*

- Punzonado.** Se le llama así si el objetivo es cortar un agujero y el material removido se desperdicia.



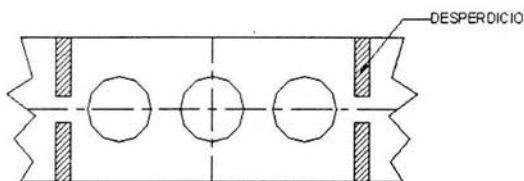
*Figura 1.10 Esquema de una operación de punzonado*

- Ranurado.** Se refiere al corte de agujeros alargados.



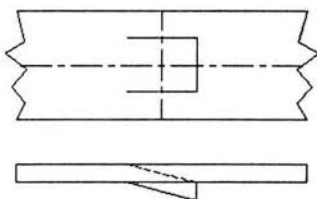
*Figura 1.11 Esquema de una operación de ranurado.*

- Corte de muescas.** Elimina material de un lado de una lámina o cinta.



*Figura 1.12 Ejemplo del corte de muescas*

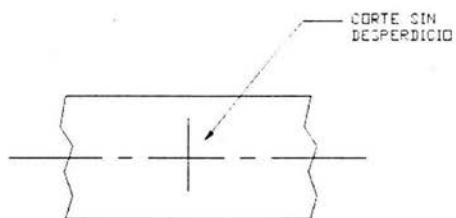
- Lanceado.** Hace un corte parcial a través de una cinta seguida de una operación de doblado, para producir una pestaña.



*Figura 1.13 Esquema de la operación de lanceado.*

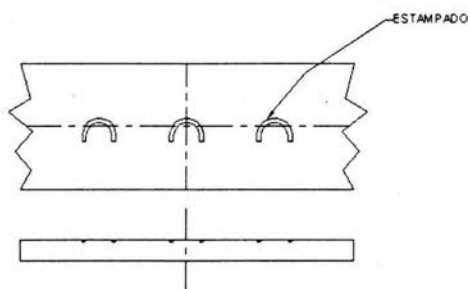


- Cizallado.** Hacer un corte parcial en la cinta sin desprendimiento.



*Figura 1.14 Esquema de la operación de cizallado*

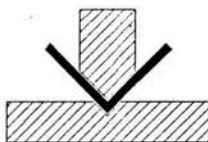
- Estampado.** Es una operación donde se marca sobre el material alguna figura con o sin relieves.



*Figura 1.15 Esquema de la operación de estampado.*

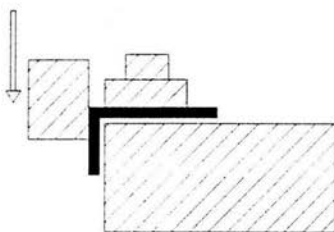
Las principales operaciones de doblado son las siguientes:

- Doblado en V.** Produce un doblado que tiene un ángulo incluido que puede ser agudo, obtuso o de 90°



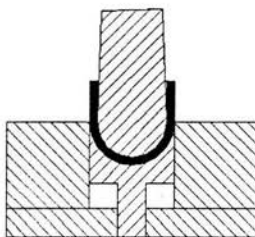
*Figura 1.16 Esquema del doblado en V.*

- ☑ **Doblado en el borde.** Un punzón doblador fuerza al metal contra la matriz de soporte. La pieza sujeta al bloque de la matriz por medio de un pisador actuado por resortes para prevenir su movimiento durante el recorrido descendente del punzón.



*Figura 1.17 Esquema del doblado en el borde.*

- ☑ **Doblado en U.** Se necesita un punzón doblador y un botador con la forma o perfil deseados, figura 1.18.

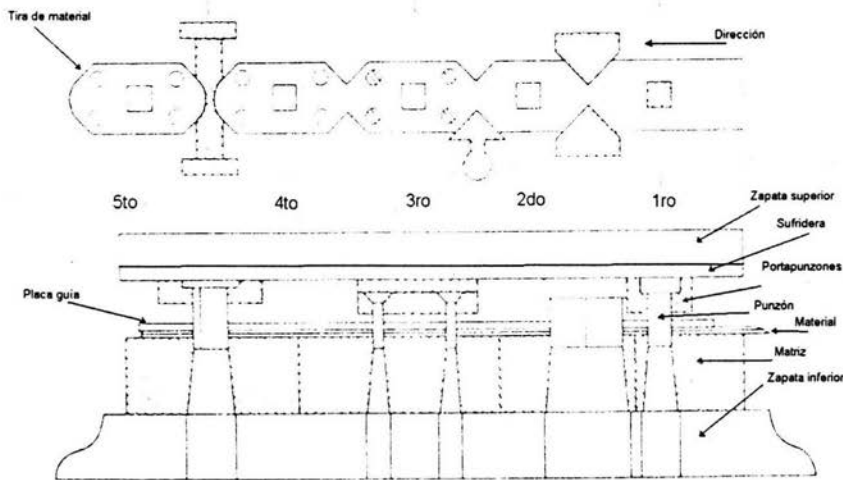


*Figura 1.18 Esquema del doblado en U.*

### 1.6 Tipos principales de construcción de un troquel

- ☑ **Troqueles invertidos.** Se diseñan con la matriz fija a la zapata superior y el portapunzones fijo a la zapata inferior. Durante el retorno de la corredera, el botador expulsa la pieza y la placa separadora obliga a la lámina a liberar el punzón.
- ☑ **Troqueles combinados.** También llamados compuestos incorporan los principios de los troqueles convencionales y de los troqueles invertidos y en una sola operación realizan dos cortes. El punzón de separación se monta en posición invertida, es decir, el punzón de separación se fija a la zapata inferior y la matriz se fija a la zapata superior.

- Troqueles progresivos.** Cuentan con dos o más estaciones o pasos, figura 1.19. En cada paso se realiza una operación sobre la pieza y ésta queda completamente terminada cuando se ejecuta la última operación. Así en un troquel de cuatro pasos se obtiene la primera pieza después del cuarto golpe sucesivo y a partir de ese momento se produce una pieza en cada golpe sucesivo. Las operaciones que pueden incluirse en un troquel progresivo son perforado, separación, conformado y embutido etc.



*Figura 1.19. Partes principales de un troquel progresivo*

### 1.7 Teoría del corte.

La separación del metal mediante un punzón y una matriz se denomina acción cizallante. El cizallamiento se inicia con la penetración del punzón en el metal sometiendo al material a esfuerzos de orden del límite del elástico. Al continuar la penetración del punzón, los esfuerzos inducidos superan al límite elástico y se inicia el desgarramiento del material en el borde o arista cortante.

Simultáneamente el material empieza a desgarrarse en la arista cortante de la matriz. Con el progreso de la penetración del punzón las rupturas se propagan y finalmente se produce la separación del material.

- ☑ **La holgura** es el espacio entre el punzón y la matriz. Cuando el punzón es redondo y la matriz también, la holgura corresponde a la diferencia entre los dos radios. Cuando la holgura es correcta (esta depende del tipo y espesor de material) las dos fracturas coinciden y se obtiene una superficie de separación aceptable.
  
- ☑ **Holgura grande.** Su acción inicial será semejante a la que ocurre con el embutido. La fractura en la zona del punzón se inicia después que algún material se ha conformado bajo presión entre el punzón y la matriz. Por tanto las fracturas no coinciden y se produce una rebaba en las superficies de separación de la pieza y del agujero perforado.
  
- ☑ **Holgura muy pequeña.** La fuerza que el punzón ejerce sobre el material se transmite a la matriz en una dirección casi vertical, esto es, cuando no hay holgura el punzón ejerce sobre la matriz una fuerza como la que se transmitiría si esta no estuviese perforada., por lo tanto se requiere una presión elevada para producir la penetración, la ruptura y la separación definitiva. En este caso la superficie de separación tiene un mal acabado porque las fracturas se inician antes que el punzón haya penetrado suficientemente Las fracturas se inician muy rápidamente y en consecuencia no llegan a coincidir con la forma esperada.

Para que el cizallamiento ocurra se requiere que haya suficiente resistencia a esta acción, por lo tanto, para troquelar materiales duros puede emplearse una holgura mayor que la utilizada para troquelar materiales blandos. La holgura entre el punzón y la matriz puede disminuirse en proporción con la dureza del material a troquelar.

Una regla general para el troquelado es: El tamaño del punzón determina la dimensión del agujero perforado. La dimensión del agujero o abertura de la matriz determina el tamaño de la pieza troquelada

Aun cuando la carga máxima requerida en una operación de corte puede variar considerablemente, dependiendo del filo de las herramientas, la cantidad de la holgura y otros factores, pueden calcularse con valores promedios aceptables ya que la resistencia al corte de los metales comunes se ha obtenido en pruebas que duplican las condiciones en una operación de corte estándar.

Las holguras recomendadas varían entre el 3 y 10% del espesor del material a troquelar.

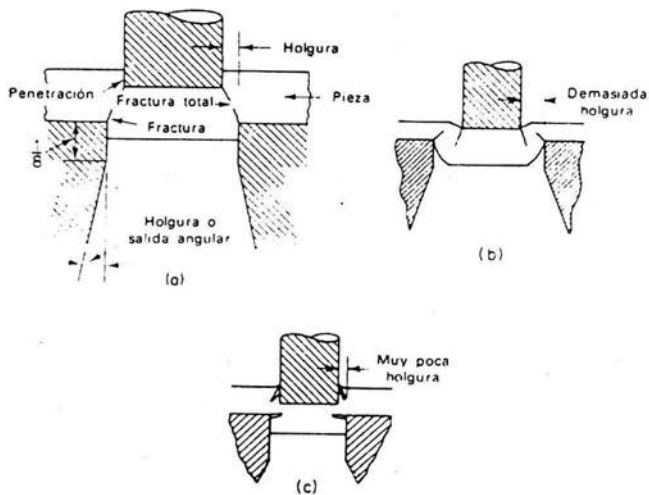


Figura 1.20 Holguras en la acción de corte.

- ☑ **Corte en ángulo.** Con este tipo de corte se logra reducir la carga máxima por medio de una introducción progresiva del punzón en la matriz. Como se observa en la figura 1.21.

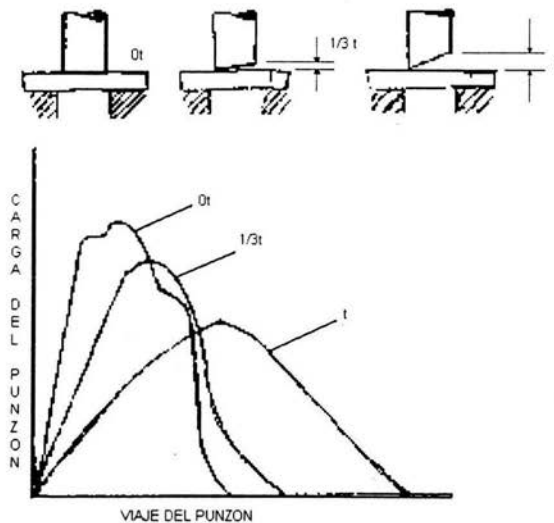


Figura 1.21 Carga en el punzón a diferentes ángulos de corte.

Además de esto, debe considerarse la recuperación elástica del material, ya que el material trabajado tiende a estrangular el punzón. Al separar este material del punzón, la recuperación elástica hace que las dimensiones del agujero sean menores que las del punzón que las produjo. Algo semejante ocurre con la pieza producida. Las dimensiones de la pieza son mayores que las dimensiones de la abertura de la matriz utilizada para producirla.

¿Qué tan pequeño es el agujero perforado con respecto al punzón utilizado para producirlo, o que tan grande es la pieza producida con respecto a las dimensiones de la abertura de la matriz utilizada para producirla?

Generalmente se toma 0.002 plg como una tolerancia para el caso del punzón y la matriz redondos. Cuando el punzón no es redondo la tolerancia puede ser de 0.001 plg. Por tanto, para producir un agujero de 1 pulgada de diámetro, el diámetro del punzón debe ser 1.002 pulgadas. Para producir una pieza de 1 pulgada de diámetro el diámetro del agujero de la matriz debe ser 0.998 plg.

### 1.8 Teoría del doblado.

El mecanismo de desplazamiento de metal es diferente en los procesos de doblado y embutido. Los granos de material se mueven únicamente en el sitio donde ocurre el doblez. Las fibras correspondientes al radio exterior se elongan porque están sometidas a tensión. Las fibras correspondientes al radio interior del doblez están sometidas a compresión. Es claro que en algún sitio en el interior del material, las fibras no están sometidas a la fuerza de tensión o de compresión. Este plano material se denomina **línea neutra de doblado**. Figura 1.22.

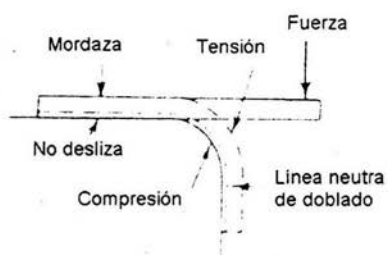


Figura 1.22. Línea neutra de doblado.

Cuando el doblado ocurre alrededor de un eje paralelo a la dirección de los granos como se indica en la figura, el material puede separarse y desarrollar una fractura. Figura 1.23.

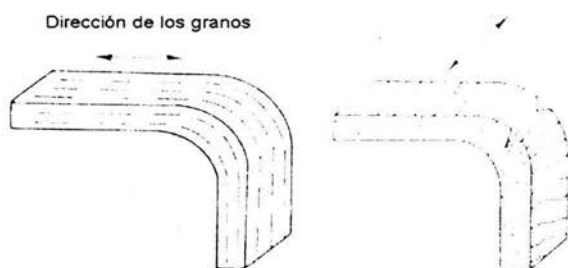


Figura 1.23. Dirección de los granos para doblado.

Generalmente las laminas de acero laminado en frío cuya dureza es intermedia entre la del material recocido y la correspondiente al estado de dureza media pueden doblarse alrededor de ejes paralelos a la dirección de los granos siempre y cuando pueda proveerse un radio de curvatura pequeño en el vértice interior del doblez.

Los aceros cuya dureza sea intermedia entre el estado recocido del material y el estado completamente endurecido no deben doblarse alrededor de ejes que forman un ángulo inferior a 45 grados con la dirección de los granos.

El acero endurecido debe doblarse únicamente alrededor de ejes perpendiculares a la dirección de los granos.

En el embutido el desplazamiento de los granos es radical en la totalidad de la estructura del material. Cada uno de los cristales de material se desplaza en medida que este se desliza sobre el radio de la abertura de la matriz.

Cuando la estructura cristalina es corta, como ocurre con el hierro fundido, los cristales no pueden elongarse o deslizarse fácilmente y por lo tanto el material tiende a separarse. Los planos cristalinos grandes, como lo son los del plomo y cobre permiten el doblado fácil. Materiales como el latón y los aceros pueden embutirse y doblarse sin peligro de ruptura.

Muchos materiales deben tratarse térmicamente entre las operaciones sucesivas de embutido con el propósito de reintegrarles su plasticidad. Puede considerarse que cualquier material puede doblarse o embutirse, aún el hierro fundido, cuando el proceso se subdivide en etapas suficientes y se hacen los tratamientos térmicos requeridos.

### **1.9 Recuperación elástica en el doblado.**

En el doblado y embutido se espera que el material adopte la forma del punzón en los sitios en donde se desarrollen primero los esfuerzos mayores. Uno de los principales problemas es la recuperación elástica, ya que para producir un doblado de 90 grados en un material, es necesario imprimir un doblado mayor para que después de la recuperación elástica el ángulo sea de 90 grados. La magnitud del doblado adicional es difícil de calcular. El ensayo es el mejor método disponible para definir el doblado adicional que debe imprimirse en el material.



Otra forma de compensar el efecto de la recuperación elástica consiste en diseñar el punzón y la matriz de forma que se produzca un pequeño efecto de acuñado para poder facilitar el doblado adicional del material, o que se trabaje a temperaturas elevadas para disminuir el límite elástico del material, etc.

## CAPITULO 2

### CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO.

#### 2.1 Diseño general del troquel progresivo.

La selección de cualquier herramienta de operación múltiple, tal como un troquel progresivo, se justifica por el principio de que el número de operaciones logradas con un manejo del material y de las partes producidas es más económico que la producción por medio de una serie de troqueles de operación sencilla y un número de operaciones de manejo para troquel sencillo.

Un troquel progresivo deberá tener una construcción rígida para soportar los golpes repetidos y lotes de producción continua a que es sujetado. Postes de guía y bujes de precisión o antifricción deberán utilizarse para mantener la exactitud. Las placas extractoras (si fuesen de resorte y movibles), cuando sirvan también como guías de los punzones, deberán encajar en pernos de guía antes de hacer contacto con la tira del material. Deberán proporcionarse elevadores en las cavidades del troquel para alzar o expulsar a las partes formadas, y deberán proporcionarse carriles o pernos conductores para soportar y guiar a la tira cuando esté siendo movida a la siguiente estación. En la última estación deberá proporcionarse un expulsor positivo. Cuando sea práctico, los punzones deberán contener eyectores o pernos rompedores del sello de aceite para ayudar en la disposición de las punzonaduras. Deberá proporcionarse un guiado adecuado para asegurar el posicionamiento apropiado de la tira y su avance a través del troquel.

#### 2.2 Desarrollo de la pieza.

El desarrollo de la pieza es la longitud que tiene ésta antes de ser doblada. En este caso lo vamos a calcular por medio de la formula siguiente:

$$D = \Sigma S + \Sigma A \dots\dots\dots (2-1)$$

Donde:

D = Desarrollo de la pieza

S = Longitud en las partes rectas

A = Desarrollo en los dobleces.

El desarrollo va a ser igual a la suma de las partes rectas, y la suma del desarrollo en los dobleces.

$$A = ((RI + 0.4 e) * (0.01745 * GD)) \dots\dots\dots(2-2)$$

Donde:

S = PARTES RECTAS

GD = GRADOS DE DOBLEZ

RI = RADIO INTERIOR

R = RADIAN = (0.01745)

e = ESPESOR MATERIAL

### 2.3 Estudio de las tiras de material.

Al diseñar piezas para ser cortadas partiendo de tiras de material, es de mayor importancia la utilización económica del material. La meta debe ser una utilización del 75% al menos. En la figura. 2.1 se muestra una sencilla disposición de la tira de material.

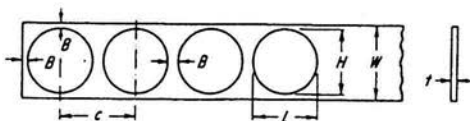


Figura. 2.1. Disposición sencilla de una tira de material para cortar en troquel.

Donde:

t = grueso del material;

B = espacio entre la pieza y el borde de la tira.

C = es el paso de la matriz, esto es, la distancia de un punto de la pieza al correspondiente de la siguiente.

L = longitud de la pieza.

H = ancho de la pieza.

W = es el ancho de la tira.

- ☑ **Sobremedida de las tiras para corte en troquel.** La preparación de tiras de material que tengan sobremedida insuficiente entre la pieza a cortar y el borde de la tira y entre partes a cortar, resultará en tiras débiles, sujetas a rotura y causando por eso avances defectuosos. Tales dificultades causarán un mantenimiento innecesario del troquel debido a los cortes parciales que hacen que se flexionen los punzones, resultando en el mellado de los bordes.

Para calcular las dimensiones (ver figura 2.2) de todas las tiras para troquelar en materiales de 1/32 plg (0.79 mm) de grueso o más se utilizan las fórmulas siguientes:

t = grueso especificado del material

$B = 1 \frac{1}{4} t$  cuando C es menos de  $2 \frac{1}{2}$  plg. ....(2-3)

$B = 1 \frac{1}{2} t$  cuando C es  $2 \frac{1}{2}$  plg. o más ....(2-4)

$C = L + B$ , o paso del troquel.

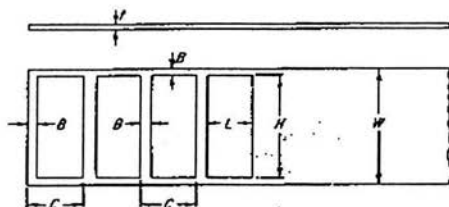


Figura. 2.2 Sobremedidas en el material.

Si el material a cortar es de 0.025 plg de grueso o menos, no se deberán emplear las fórmulas anteriores. En su lugar, la dimensión B debe calcularse como se muestra en la Tabla 2.1. (Todas las medidas en pulgadas).

Tabla 2.1. Sobremedidas para tiras de material de 0.025 pulgadas o menos.

Ancho de la tira W (plg)	Dimensión B (plg)
0-3	0.050
3-6	0.093
6-12	0.125
Más de 12	0.156

**Porcentaje de material a usar.**

Si el área de la parte se divide por el área de la tira de desperdicio utilizada, el resultado será el porcentaje de material utilizado.

$$\% \text{ Desp.} = \text{Area de la parte} / \text{Area del desperdicio.} \quad \dots\dots\dots(2-5)$$

**2.4 Fuerza necesaria para el corte.**

La presión P requerida para cortar el material de trabajo es:

$$\tau = P/A \quad \dots\dots\dots(2-6)$$

$$A = (\text{Per})(t) \quad \dots\dots\dots(2-7) \quad \text{sustituyendo (2-7) en (2-6) y despejando a P}$$

$$P = (\tau)(\text{Per})(t) \quad \dots\dots\dots(2-8)$$

Donde:

P = Fuerza necesaria para el punzonado.

$\tau$  = Resistencia al corte del material.

T = Espesor del material

A= Area de corte.

Tabla 2.2 Resistencia al corte de materiales más comunes.

Material	$\tau$ (kg/mm <sup>2</sup> )	$\tau$ (kg/mm <sup>2</sup> )
	Recocido	Rolado en frío
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
Acero 0.1%C	25	32
Acero 0.2%C	32	40
Acero 0.3%C	36	48
Acero 0.4%C	45	56
Acero 0.6%C	56	72
Acero 0.8%C	72	90
Acero 1.0%C	80	105
Acero al Silicio	45	56
Acero Inoxidable	52	56

### 2.5 Fuerza necesaria para el doblaz.

La fuerza requerida para el doblado en U para una sección rectangular es:

$$F = 0.33 SWt^2 / L \dots\dots\dots(2-9)$$

La fuerza requerida para el doblado en U para una sección cualquiera esta dada por:

$$F = 4SI / LT \dots\dots\dots(2-10)$$

Donde:

F = fuerza dobladora (kg.)

L = longitud de la parte o desarrollo. (mm)

S = última resistencia a la fluencia. (kg. / mm<sup>2</sup>)

W = ancho de la matriz. (mm)

T= espesor del material. (mm)

I = Momento de inercia de la sección.

## 2.6 Tonelaje de la prensa.

El tonelaje requerido para corte y doblaje será:

$$F_{tot} = (\Sigma F \text{ corte} + \Sigma F \text{ doblado} + \Sigma F \text{ resortes} ) \times FS \dots\dots\dots(2-11)$$

Donde:

F<sub>tot</sub> = Fuerza total requerida para troquel de doblaje y corte.

ΣF<sub>corte</sub> = Sumatoria de las fuerzas de corte.

ΣF<sub>doblado</sub> = Sumatoria de fuerzas de doblado.

ΣF<sub>resortes</sub> = Sumatoria de fuerzas en resortes.

FS = Factor de seguridad.

## 2.7 Centro de presión.

Si el contorno del metal es de forma irregular, la suma de los esfuerzos de corte sobre un lado del centro del ariete puede exceder en mucho las fuerzas del otro lado. Esto resulta en un momento de flexión en el ariete de la prensa, y una flexión y desalineamiento indeseables. En consecuencia, es necesario encontrar un punto cerca del cual la suma de las fuerzas cortantes sea simétrica.

Este punto se conoce como centro de presión, y es el centro de gravedad de la línea que es el perímetro del material. No es el centro de gravedad del área.

La herramienta de la prensa debe diseñarse para que el centro de presión esté sobre el eje del ariete de la prensa cuando la herramienta esté montada en la misma.

El centro de presión puede determinarse con precisión por el uso del procedimiento siguiente:

1. Se divide el área original en formas geométricas simples, de tal manera que se pueda conocer de manera casi inmediata la ubicación de cada una de ellas.
2. Se establece un par de ejes, apartir de los cuales se hacen todas las mediciones.
3. Con las ecuaciones dadas hallar el centro de gravedad de estos elementos.
4. Hallar la distancia  $x$ , del centro de gravedad del primer elemento desde el eje Y-Y,  $x_2$  del segundo, etc.
5. Hallar la distancia  $y$ , del centro de gravedad del primer elemento desde el eje X-X,  $y_2$  del segundo, etc.
6. Calcular la distancia X del centro de presión C desde el eje Y-Y por la fórmula:

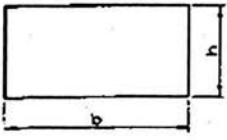
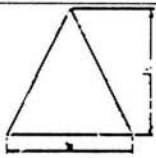
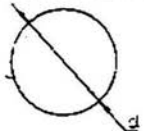
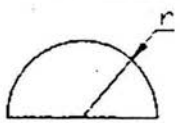
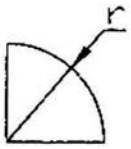
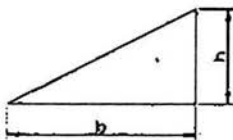
$$X = (A_1X_1 + A_2X_2 + A_3X_3 + \dots + A_nX_n) / (\Sigma A_{1-n}) \dots \dots (2-12)$$

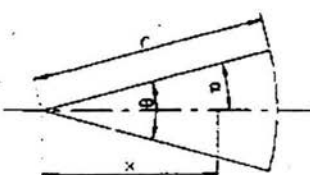
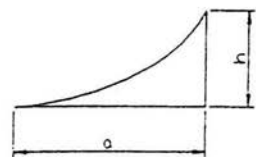
7. Calcular la distancia Y del centro de presión desde el eje X-X por la fórmula:

$$y = (A_1Y_1 + A_2Y_2 + A_3Y_3 + \dots + A_nY_n) / (\Sigma Y_{1-n}) \dots \dots (2-13)$$



Tabla 2.3 Figuras geométricas para calcular el centro de presión.

Forma	Área	Centroide	Momento de inercia
	$A = b * h$	$x = \frac{b}{2}$	$I = \frac{1}{12} bh^3$
	$A = \frac{b * h}{2}$	$x = 0$ $y = \frac{1}{3} h$	$I = \frac{1}{36} bh^3$
	$A = \frac{1}{4} \pi d^2$ $A = \pi r^2$	$x = 0$ $y = 0$	$I = \frac{\pi d^2}{64}$
	$A = \frac{\pi r^2}{2}$	$x = 0$ $y = \frac{4r}{3\pi}$	$I = 0.11r^4$
	$A = \frac{\pi r^2}{4}$	$x = \frac{4r}{3\pi}$ $y = \frac{4r}{3\pi}$	$I = 0.055r^4$
	$A = \frac{b * h}{2}$	$\bar{x} = \frac{1}{3} b$ $\bar{y} = \frac{1}{3} h$	$I = \frac{1}{36} bh^3$

	$A = \frac{\pi \cdot \theta}{360}$	$x = \frac{2r \operatorname{sen} \alpha}{3\beta}$ $\beta = \frac{\pi \alpha}{180}$ $y = 0$	$I = r^4 \begin{pmatrix} \alpha + \operatorname{sen} \alpha \cos \alpha \\ -\frac{16}{9\alpha} \operatorname{sen}^2 \alpha \end{pmatrix}$
	$A = \frac{a \cdot h}{3}$	$x = \frac{3a}{4}$ $y = \frac{3h}{10}$	$I = \frac{8a^3 b}{175}$

## 2.8 Consideraciones para el diseño de matrices.

Las dimensiones generales de la matriz se determinarán por el espesor de pared mínima requerida para resistencia, y por el espacio necesario para montar los tornillos y los pernos pasadores.

Los requerimientos de espesor de la pared para resistencia dependerán del espesor del material por cortar. Las esquinas agudas en el contorno pueden conducir a roturas en el tratamiento térmico y se requiere, por lo tanto, un espesor de pared más grande en esos puntos.

Deberán colocarse dos pasadores únicamente en cada matriz o elemento que requiera un posicionamiento permanente y preciso. Deberán estar separados tanto como sea posible para efecto máximo de localización, de ordinario casi diagonalmente en esquinas opuestas.

Se emplearán dos o más tornillos, dependiendo del tamaño del elemento montado. Es preferible colocar los tornillos y los pasadores a una y media veces sus diámetros desde los bordes exteriores del contorno de corte.

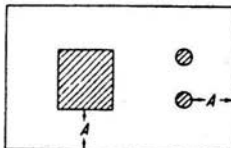
El grosor o espesor de las matrices, es regido por la resistencia necesaria para resistir las fuerzas de corte, y dependerá del tipo y espesor del material a cortar.

**☑ Las 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 (Regla del dedo):

1. Se requiere un espesor de por lo menos 19 mm (3/4 plg) para perímetros de corte de hasta 76 mm (3 plg).
2. Se debe usar un espesor de 25.4 mm (1 plg) para perímetros de corte entre 76 y 250 mm (3 y 10 plg).
3. Es necesario que se utilice un espesor de 32 mm (1 1/4 plg) para perímetros mayores a los 250 mm (10 plg).



*Figura 2.3 Diagrama de la distancia crítica A en una matriz de corte.*

Debe determinarse la distancia crítica A (ver figura 2.3) entre el borde cortante y el exterior de la matriz. En matrices pequeñas, A es igual a 1.5 y hasta 2 veces el grosor de la matriz; en matrices más grandes es de 2 a 3 veces el grosor de la matriz. Nos podemos auxiliar también con los datos de la tabla 2.4

*Tabla 2.4. Factores para bordes cortantes que exceden de 2 plg (50.8 mm)*

<b>Perímetro de corte, plg</b>	<b>Factor de expansión</b>
2 a 3	1.25
3 a 6	1.5
6 a 12	1.75
12 a 20	2.0

Finalmente, el grosor de la matriz debe ser comprobado contra la regla empírica de que el área transversal  $A \times T$  debe guardar una cierta relación mínima a la presión de impacto para una matriz colocada sobre una base plana.

*TABLA 2.5. Area Critica minima critica vs presión de impacto.*

<b>Presión de impacto, toneladas</b>	<b>Área entre el borde y la Abertura de la matriz, Pulgadas cuadradas</b>
20	0.5
50	1.0
75	1.5
100	2.0

En la Tabla 2.5, la presión de impacto es igual al grosor del material por el perímetro del corte por la última resistencia al corte. Si la altura de la matriz, según se calcula por los pasos anteriores, no diese área suficiente para la distancia crítica A (Figura 2.3), deberá aumentarse el grosor de la matriz en forma adecuada.

- ☑ **Holguras.** Es el espacio entre el punzón y la matriz. Para el diseño de la matriz de corte se deben considerar las holguras.

La tabla 2.6 muestra las holguras que pueden utilizarse entre la arista del punzón y la arista correspondiente a la matriz. Las holguras recomendadas varían entre el 3 y 10% del espesor del material a troquelar.

*Tabla 2.6 Holguras recomendadas para diferentes materiales.*

Material	% Holgura del espesor por lado
Aluminio	3.0
Latón	4.0
Cobre	3.0
Acero blando	3.0
Acero dureza media	4.0
Acero duro	5.0
Acero inoxidable	6.0

- ☑ **Angulo de salida de la matriz.** Este ángulo sirve para dar salida al material que es recortado por los punzones. Este ángulo por lo general es de 1° a 2°.
- ☑ **Vida de la matriz.** Es el espacio que hay entre la superficie de la matriz y el ángulo de salida de ésta. Se considera para el afilado posterior de la matriz por medio de rectificad. La vida de la matriz debe ser de 3 a 5 veces el espesor del material a cortar.

## 2.9 Consideraciones para el diseño de punzones.

Para reducir las fuerzas de corte y suavizar el corte del impacto de cargas pesadas se emplean generalmente dos métodos:

**Escalonar** las longitudes del punzón, así la carga puede ser reducida así en un 50% aproximadamente. Los punzones más cortos deberán tener una altura de inclinación de aproximadamente el espesor del material para mejores resultados.

**Rectificar** la cara del punzón o de la matriz a un ángulo de corte más pequeño con la horizontal. Esto tiene el efecto de reducir el área de corte en cualquier tiempo y puede reducir las cargas de corte en un 50%. El ángulo escogido deberá proporcionar un cambio en la longitud del punzón de 1 ½ veces el grosor del material para cortar.

Es preferible emplear un ángulo doble para mantener la simetría y prevenir la formación de fuerzas laterales. El ángulo deberá aplicarse al punzón o a la matriz, para que la distorsión se produzca en el desperdicio de material. Así en una operación de troquelado el ángulo de corte aplicará a la matriz en cambio que en una operación de punzonado el ángulo de corte se entregará al punzón.

En el punzonado, la dirección de los ángulos de corte debe de ser tal que el corte proceda desde las extremidades exteriores del contorno hacia el centro. Esto evita el alargamiento del material antes de dejar el corte.

### Dimensionado del punzón

La determinación de las dimensiones del punzón se han basado, de ordinario, sobre la experiencia práctica.

Si se considera un punzón como una columna larga, la posibilidad de falla se da por pandeo. La carga crítica por pandeo se puede calcular mediante la ecuación de Euler de la forma siguiente:

$$P_{cr} = \pi^2 EI / Lp^2 \quad \dots\dots\dots(2-14)$$

Y despejando tenemos:

$$L_p = (\pi^2 EI / P_{cr})^{1/2} \dots\dots\dots(2-15)$$

donde:

$L_p$  = Longitud máxima que puede tener un punzón

$E$  = Módulo de elasticidad del material.

$I$  = Menor momento de inercia de la sección.

$P_{cr}$  = Carga del punzón.

### 2.10 Diseño de Pilotos guías.

Debido a que la rotura de la guía puede resultar en la producción de partes imprecisas y el atascamiento o rotura de los elementos del troquel, las guías deben hacerse de un buen acero para herramientas, tratado térmicamente para máxima tenacidad y a una dureza de 57 a 60 Rockwell C.

#### Pilotos Guías que entran en agujeros del desperdicio

Un diseño con cabeza como en la figura 2.4-(A), es satisfactorio para guiar en agujeros desde 3/16 plg a 3/8 plg (4.8 a 9.5 mm) en diámetro.

Un diseño de vaina, como en la figura 2.4-(B), es conveniente para guías hasta de 3/16 plg (4.8 mm) de diámetro o menos.

Para material que exceda el calibre No. 16, deben emplearse guías accionadas por resorte. En la Fig. 2.4-(C), se muestra un diseño de buje con resalte.

Una guía delgada de barra para brocas mostrada en la figura 2.4-(D) se encierra en un buje de vaina que es abocardado para ajustar a la cabeza recalçada de la guía.

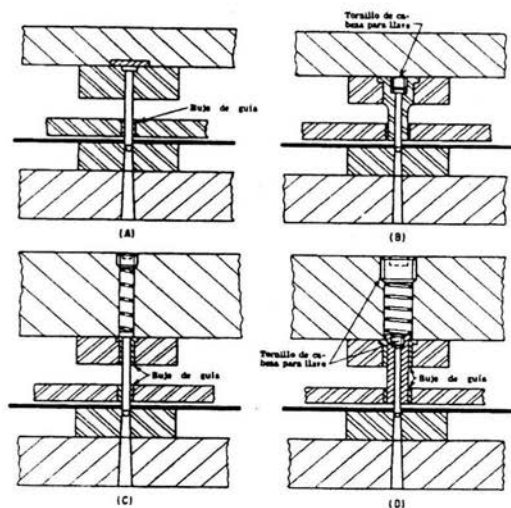


Figura 2.4. Tipos de sujeción para pilotos guías.

Deberán proveerse agujeros cónicos, con holgura para las punzonaduras, a través de la matriz y portamatriz, puesto que las guías indirectas punzonan de ordinario a la tira durante un mal avance.

### 2.11 Diseño del planchador o pisador..

La función principal del planchador es la de sujetar el material para que en el momento del corte no haya deformaciones en la lámina por el efecto del punzado.

Generalmente esta placa va a ser de menor espesor que la placa portapunzones y debe soportar la fuerza de planchado que será aproximadamente el 20% de las fuerzas de corte. Deberá pisar el área donde se encuentran las piezas. Los barrenos por donde pasarán los punzones de corte deberán tener un ajuste deslizante.

### 2.12 Diseño Guías Extractoras.

Los extractores son de dos tipos, fijos o accionados por resorte. La función principal de cada tipo es la de separar la pieza de un punzón o matriz cortante o no cortante.



Un extractor que fuerza a una pieza fuera del troquel puede ser llamado también expulsor, extractor interior, o eyector. Además de su función primordial, un extractor puede también sujetar o embridar, posicionar, o guiar a la lámina, tira, o pieza.

El extractor es de ordinario del mismo ancho y longitud que el bloque matriz. En los troqueles sencillos, el extractor puede sujetarse con los mismos tornillos y pasadores que sujetan al bloque matriz, y los alojamientos para las cabezas de los tornillos se abocardarán en el extractor. En herramientas más complejas y con bloques matrices seccionales, los tornillos para la matriz serán invertidos de ordinario y la sujeción del extractor será independiente.

El grueso del extractor debe ser suficiente para soportar las fuerzas requeridas para separar el material del punzón, más cualquier otro que se requiera para la canal de la tira de material. Excepto para herramientas muy pesadas o grandes áreas de corte, el grueso requerido para el abocardado de los alojamientos para las cabezas de los tornillos, de 3/8 a 5/8 plg (9.5 a 15.8 mm), será suficiente.

La altura de la canal para la tira de material deberá ser al menos 1 1/2 veces el grueso del material. Esta altura deberá ser aumentada si el material debe ser levantado sobre un tope de perno fijo. El ancho de la canal deberá ser el ancho de la tira de orte, como sigue:

*Tabla 2.7. Holguras para guías extractoras.*

Grueso del material		Añadir al ancho de la tira	
plg	mm	plg	mm
Hasta 0.040	Hasta 1.01	5/64	1.98
0.040 a 0.080	1.01 a 2.03	3/32	2.38
0.081 <sup>a</sup> 0.120	2.06 a 3.05	7/64	2.78
Más de 0.120	Más de 3.05	1/8	3.17

Los bordes de entrada de la canal deberán ser biselados.

Donde se utilicen extractores accionados por resorte, la fuerza requerida para la separación del material es 3 500 por el perímetro de corte por el grueso del material. Puede ser tanto como 20% de la fuerza de corte, lo cual determinará el número y tipo de resortes requeridos. Deberán utilizarse los valores más altos.

### 2.13 Selección de Resortes para Planchadores

Los resortes para troqueles se diseñan para resistir fallas por fatiga bajo severas condiciones de servicio. Se obtienen en grados mediano, mediano-pesado, pesado y extrapesado con un grupo de flexión permisible del 30 al 50% de su longitud libre. El número de resortes para los cuales se disponga de espacio y la fuerza total requerida determinará el grado que sea necesario. El recorrido requerido más la flexión por precarga será la flexión total, y determinará la longitud total del resorte requerida para quedar dentro del porcentaje de límite de flexión. Según se reafila al punzón, la flexión aumentará y se la deberá tomar en cuenta para el cálculo.

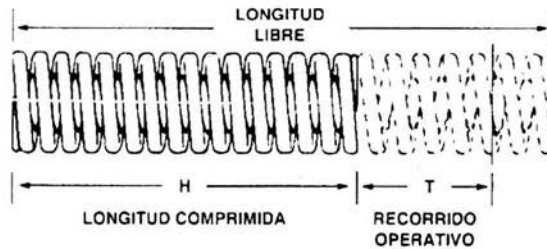


*Figura 2.5. Resortes para troqueles por color según la carga.*

La selección del método para aplicar los resortes a las placas extractoras depende de la presión requerida, limitaciones de espacio, forma del troquel y naturaleza del trabajo, y requerimientos de producción.

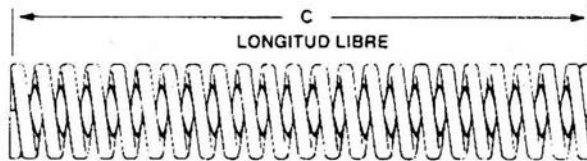
**☑ Pasos para la selección de resortes**

1. Estimar el nivel de producción requerido del Troquel - ciclo corto, producción continua, etc.
2. Determinar la longitud comprimida del resorte "H" y el recorrido operativo "T", del diseño del troquel del Resorte.



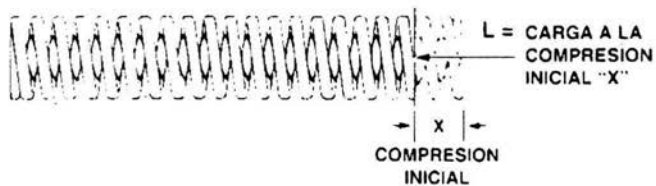
*Figura 2.7. Diagrama de compresión.*

3. Determinar la longitud libre "C" como sigue: Decidir la clasificación de carga debería ser seleccionada el resorte - Carga Mediana, Mediana Pesada, Pesada, o Extra Pesada. Luego elegir la cifra mas cercana a la longitud comprimida "H" requerida por el diseño de las tablas apropiadas leer el correspondiente "C" (longitud libre).



*Figura 2.8. Longitud libre del resorte*

4. Estimar la carga inicial total "L" del resorte requerida para todos los resortes cuando los mismos se comprimen "X" pulgadas o milímetros.



*Figura 2.9. Compresión inicial en el resorte.*

5. Seleccione el resorte como sigue:

- La longitud libre "C" debe cumplir con la longitud determinada en el Paso 3.
- Divida "R" en el Paso 6 por la cantidad de resortes a usarse (si se conoce) para obtener la relación por resorte. Luego refiérase a las paginas siguientes para el numero de catalogo de los resortes que tienen la relación deseada. Si no se conoce la cantidad de resortes, divida "R" del paso 6 por la relación del resorte que usted elija para la cantidad correcta de resortes.

Tabla 2.8. Tabla de resortes Dandy de Carga pesada para orificio de 1 Plg.

Diámetro del Orificio Pulgadas	Diámetro de la Varilla Pulgadas	Longitud Libre Pulgadas	NÚMERO DE CATALOGO	Libras Requeridas para Deflexionar 1/10 (Pulg)	Tabla De Carga - Deflexión							
					Deflexión Total Recomendada para Larga Duración (20% de C)		Deflexión Total Recomendada para Duración promedio (25% C)		Deflexión Máxima de Operación (30% de C)		Recorrido Total a Sólido	
					Carga lbs.	Deflexión pulg.	Carga lbs.	Deflexión pulg.	Carga lbs.	Deflexión pulg.	Carga lbs.	Deflexión pulg.
1	1 1/2	1 1/4	9-1605-26	163	407	0.25	509	0.31	611	0.38	648	0.4
		1 1/2	9-1606-26	127	380	0.3	475	0.38	570	0.45	602	0.47
		1 3/4	9-1607-26	109	380	0.35	475	0.44	570	0.53	646	0.6
		2	9-1608-26	89.4	358	0.4	447	0.5	536	0.6	581	0.65
		2 1/2	9-1610-26	69.1	346	0.5	432	0.63	518	0.75	571	0.83
		3	9-1612-26	57	342	0.6	428	0.75	513	0.9	584	1.02
		3 1/2	9-1614-26	48	336	0.7	420	0.88	504	1.05	575	1.2
		4	9-1616-26	41.8	335	0.8	418	1	502	1.2	584	1.4
		4 1/2	9-1618-26	37.1	334	0.9	417	1.13	501	1.35	591	1.59
		5	9-1620-26	33.1	331	1	413	1.25	496	1.5	585	1.77
		5 1/2	9-1622-26	30	330	1.1	413	1.38	495	1.65	590	1.97
		6	9-1624-26	27.5	330	1.2	412	1.5	495	1.8	595	2.16
7	9-1628-26	23.5	329	1.4	412	1.75	494	2.1	602	2.56		
8	9-1632-26	20.5	327	1.6	409	2	491	2.4	599	2.93		
12	9-1648-26	13.8	332	2.4	415	3	498	3.6	638	4.62		

DIAGRAMA DE FORMULA COMBINADA PARA LAS ETAPAS 1 A 6

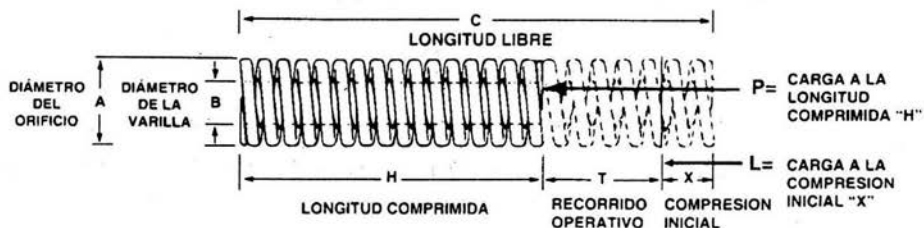


Figura 2.9. Diagrama de formula combinada.

## 2.14 Expulsores

Debido a que la pieza cortada será retenida, por fricción, en el bloque de la matriz, debe proporcionarse algún medio de ejecución en la parte superior de la carrera del ariete. Un conjunto expulsor consiste de una placa, un perno de empuje y un anillo retenedor o un perno de empuje y un resorte.

## 2.15 Aceros más usados para la construcción de troqueles.

Dentro de los aceros para herramienta tenemos los siguientes:

- Acero O1.** Acero para troqueles de corte complicado y cortes hasta 3mm de espesor. Templable en aceite o baño de sales de 790° C a 815°C. Resistente a la abrasión, tenaz y maquinable. Dureza 58-60 Rc.
- Acero A2.** Acero para troqueles para trabajo en frío de diseño complicado. Templable al aire o baño de sales de 925°C a 980°C. Resistencia media a la abrasión, tenaz. Dureza 60-62 Rc.
- Acero D2.** Alta resistencia a la abrasión, mínima distorsión durante el tratamiento térmico, poco maquinable, gran tenacidad. Para cortes de hasta 5mm de espesor. Templable en aire , aceite o sales de 980° C a 1035° C. Dureza 60-62 Rc.
- Acero S7.** Apto para trabajos en frío (troqueles para chapa gruesa). Muy tenaz, maquinable. Templable en aceite, estable durante el tratamiento térmico (900° C a 955° C) . Dureza 56 Rc
- Acero H13.** Acero al cromo, molibdeno, vanadio, muy apto para continuos choques térmicos. Estable durante el tratamiento térmico (sales o aire) de 995° C a 1040° C. Tenaz y maquinable. Dureza 48-50 Rc.
- Acero M2.** Acero para herramientas de corte con alta tenacidad. Resistente al ablandamiento a diferentes temperaturas. Templable en aire, aceite o sales de 1190° C a 1230° C. Dureza 54-56 Rc.

Aceros que no son para herramienta.

- Aceros 4140 y 4340.** Aceros aleados al Cromo (Cr) y Molibdeno (Mb), templeables en aceite. Dureza 54-56 Rc.
- Aceros 9840.** Acero al Cromo, Níquel, Molibdeno con gran tenacidad y dureza controlada para la construcción de maquinaria.
- Aceros 1045.** Acero con 45% de carbono para la construcción de maquinaria. Templable en aceite o agua de 845° C a 900° C.
- Acero 1018.** Estirado en frío para usos generales. Sin tratamiento térmico.
- Acero 303.** Acero inoxidable martensítico, resistente a la corrosión, maquinable y templable de 950oC a 1100° C.

## **2.16 Juegos de portatroqueles comerciales**

Los juegos de portatroqueles comerciales de dos postes se obtienen en muchos estilos y tamaños. Los juegos de portatroqueles de uso muy común son las series redondas de tipo diagonal.

Además de proporcionar bases de montaje agrandadas para los elementos punzón y matriz, el portatroqueles está equipado con gruesos postes de guía los cuales mantienen el alineamiento de los dos miembros. La mayor parte de las prensas que no estén en la condición de nuevas tendrán bastantes holguras en las guías del ariete. Tales holguras, si se las libera de las fuerzas horizontales debidas al desalineamiento de la prensa, pueden ser reducidas por los postes de guía del juego portatroquel.

El portatroquel deberá ser al menos ¼ plg más grande todo alrededor del bloque de la matriz. Si la abertura de la placa de apoyo de la prensa fuese excesivamente grande, puede necesitarse un portatroqueles de sobremedida para cubrir la abertura.

Entre el borde trasero del bloque de la matriz (o cualquier parte que requiera reafilado) y los postes de guía debe haber una holgura mínima de 5/8 plg (15.8 mm) para dejar pasar la defensa de la rueda abrasiva.

Los bujes son obtenibles en varias longitudes, de materiales diferentes, y lisos o del tipo de cojinetes de bolas.

El portapunzón está equipado de ordinario con un mango redondo integral (espiga) que se sujeta por medio de una brida al ariete de la prensa. El mango se coloca en el centro del área de espacio del troquel, como se cataloga por el fabricante del portatroquel. El portatroquel debe ser trazado de manera que el centro de presión de la pieza sea, aproximadamente, central con este mango. El diámetro del mango se determina por la prensa en la cual se vaya a emplear la herramienta, y debe ser especificado sobre el dibujo de la misma.

La altura de cierre determinada establecerá la longitud de los postes de guía, los cuales deberán ser al menos 1/2 plg más cortos para permitir la reducción de la altura de cierre debida al reafilado.

**Selección del portatroquel**

El número de catálogo de un portatroquel esta formado por la combinación de las dimensiones nominales de largo y ancho, así como los espesores de las placas.

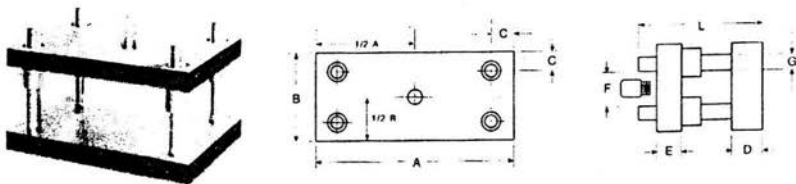


Figura 2.10. Dimensiones nominales de un portatroquel.



## CAPITULO 3 MEMORIA DE CALCULO.

### 3.1 Planteamiento del problema.

Se desea obtener mediante operaciones sucesivas de corte y doblado una pieza denominada guardacabo. Ver figura 3.1

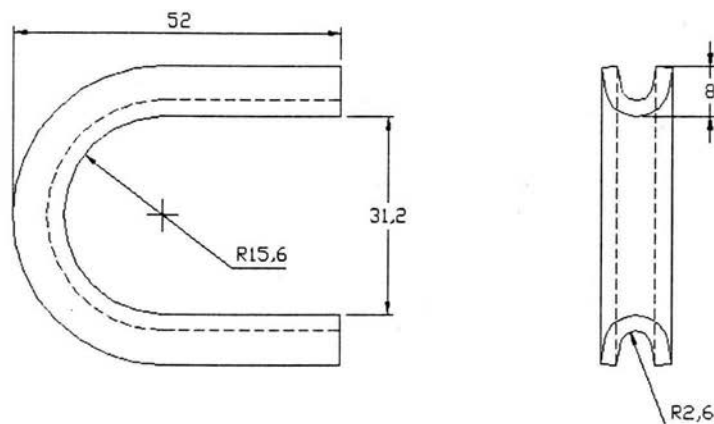


Figura 3.1 Guardacabo.

Dichas piezas deben realizarse en un troquel debido bajo costo y rapidez de fabricación.

Este troquel estará sujeto a una producción de 200,000 piezas al mes, esto representa un ritmo de producción de 10,000 piezas diarias

Este troquel trabajará en cinco pasos u operaciones sucesivas los cuales dimensionaremos con la tira de material en el estudio de cinta.

El material a utilizar será lamina de aluminio 1100 H-16 calibre 16 (1.62 +/- 0.1 mm) en rollo.

### 3.2 Desarrollo de la pieza.

Esta pieza tiene dos dobleces, por lo tanto dos desarrollos. El primero pertenece al primer doblez y lo llamaremos en V y el segundo pertenece al doblez final y lo llamaremos en U.

El primer desarrollo se puede apreciar en la figura 3.2 (en V)

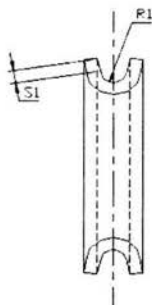


Figura 3.2 Datos que se toman para el calculo del desarrollo en V

Hasta donde se encuentra el eje de simetría la pieza tiene una parte recta y un doblez, esta suma multiplicada por dos nos da el desarrollo de la pieza. Los datos se toman de la figura 3.1

Aplicando las ecuaciones 2.1 y 2.2 se calcula el desarrollo de la pieza, obteniendo los resultados mostrados en la tabla 3.1

$$D = S + A$$

$$A = (R_i + 0.4e) \times (0.01745 \times GD)$$

Tabla 3.1 Tabla de resultados del desarrollo del primer doblez (en V).

RADIO	ESPELOR	ANGULO	DIMENSIONES	DESARROLLO
			S1	3.8000
2.6	1.62	85	A1	4.8176
			PARCIAL	8.62
			<b>TOTAL</b>	<b>17.24</b>

El valor obtenido será el **paso** del troquel progresivo.

Para el desarrollo del segundo doblés (en U) se tienen los datos mostrados en la figura 3.3 y se obtiene la tabla 3.2

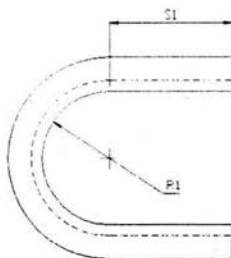


Figura 3.3 Datos para calcular el desarrollo en U.

Tabla 3.2 Tabla de resultados del desarrollo del segundo doblés (en U).

RADIO	ESPESOR	ANGULO	DIMENDIONES	DESARROLLO
			S1	28.4000
15.6	1.62	90	A1	25.5175
			PARCIAL	53.92
			<b>TOTAL</b>	<b>107.7</b>

El valor obtenido será la longitud de la pieza en el estudio de tira.

### 3.3 Cálculo del desperdicio.

De la fórmula 2-3 se tiene:

Como el paso del troquel es menor a una pulgada entonces  $B = 1.25 t$ .

$T = 1.62 \text{ mm}$ .

$$\text{por lo tanto } B = (1.25) \times (1.62) \text{ mm} = 2.025 \text{ mm}$$

El mínimo material que podemos desperdiciar por lado por corte será de dos milímetros.

Dejaremos 1/4" por lado para poder hacer el pilotaje  $107.7 \text{ mm} + 6.35 \text{ mm} + 6.35 \text{ mm} = 120.4 \text{ mm}$ , más 2mm para el corte para el paso lo cual nos da: **122.4 mm.**

Por lo tanto, el ancho de la cinta que se necesita será de 122.4mm.

### **3.4 Estudio de cinta.**

Esta pieza se proyectó en seis pasos, figura 3.4.

1. Corte de paso. El cual sirve para poder dar el avance por medio de un tope a la tira del material.
2. Punzonado para guía. Lo utilizamos para poder registrar la tira de material con las guías de manera que nuestro material se mantenga centrado antes y después del doblez.
3. Corte de espacio entre piezas. Dejando una pequeña área para unir todas a piezas hasta el final en que se separarán las piezas por corte.
4. Cizallado. Corte sin rebaba que sirve separar una pieza de otra, de modo que solo quedan unidas por un pequeño pedazo el cual será cortado al final.
5. Doblado en V.
6. Doble en U y corte para desprendimiento de pieza.

Se proyecta en AUTOCAD todo esto auxiliándonos del dibujo del producto, aquí los datos importantes son el desarrollo en U (107.7mm), desarrollo en V (paso 17.20), pilotaje por lado y desprendimiento final (6.35mm) y 2mm para corte de paso. Así obtenemos el estudio de cinta del guardacabo.

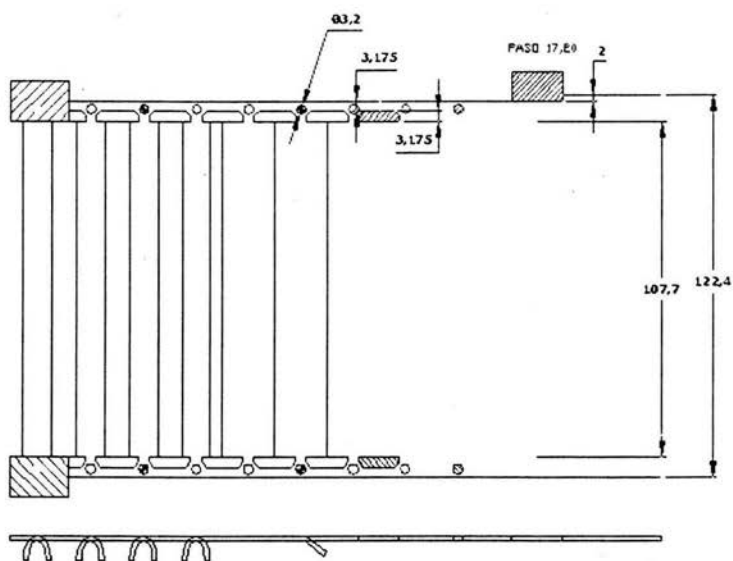


Figura 3.4. Estudio de cinta para guardacabo.

### 3.5 Calculo de porcentaje de material a utilizar en la cinta.

$$\% \text{ desp} = (\text{Acorte} / \text{Atot}) * 100$$

$$\% \text{ utilizable} = 100 - \% \text{ desp}$$

Para una pieza apartir del estudio de cinta que se muestra en la figura 3.4 se tiene:

$$\text{Paso} = 14.7 \text{ mm}$$

$$\text{Ltot} = 122.4 \text{ mm}$$

Por lo tanto el área será:

$$\text{Atot} = \text{Paso} \times \text{Ltot} = (17.2 \text{ mm}) \times (122.4 \text{ mm}) = 1738.08 \text{ mm}^2$$

Acorte = Area de pilotaje + Area corte entre piezas

$$\text{Apilot} = 2\pi r^2 = (2) \times (3.1416) \times (3.18)^2 = 63.53 \text{ mm}^2$$

$$\text{Acortepzas} = (2) \times (3.18) \times (13.7) - (1.58)^2 = (87.13) - (2.49) = 84.64 \text{ mm}^2$$

$$\text{Acorte} = (63.53 \text{ mm} + 84.64 \text{ mm}) = 148.17 \text{ mm}$$

$$\% \text{ desp} = (148.17 / 1738.08) \times 100 = 8.52\%$$

$$\% \text{ utiliz} = 100 - 8.52 = 91.48\%$$

Muy buen porcentaje, ya que el porcentaje de utilización mínimo es de 75%.

### 3.6 Area mínima del portatroquel.

Según el dibujo de conjunto de la matriz se conocen los datos siguientes:

Ancho = 239 mm

Largo = 184 mm

Ancho de la matriz =  $239 \times 1.25 = 298.75 \text{ mm}$

Largo de la matriz =  $184 \times 1.25 = 230 \text{ mm}$

Utilizando la Tabla 2.9 con los valores antes calculados buscamos unos que se le aproximen en A y B, ver figura 2.10. Así obtenemos la distancia a los postes C y el ancho de los postes G

A las dimensiones de la matriz hay que sumarle la distancia C de los postes y su diámetro. Nos ubicamos en la tabla para este valor de A entonces tenemos C = 41mm y para los postes G=31.7 mm

Entonces las nuevas dimensiones serán:

Ancho de la zapata =  $298.75 \text{ mm} + 41 \text{ mm} + 31.7 \text{ mm} = 371.45 \text{ mm}$

Largo de la zapata =  $230 \text{ mm} + 41 \text{ mm} + 31.7 \text{ mm} = 302.7 \text{ mm}$

Por lo tanto el área del portatroquel seleccionado será de:

**16" x 12" = 406 mm x 305 mm.**

Y el largo de los postes será de 4 ½".

### 3.7 Fuerzas necesarias para corte.

Las fuerzas necesarias para los cortes se calculan de la ecuación (2-6) y del estudio de cinta obtenemos los perímetros con la ayuda de Autocad, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 3.3

*Tabla 3.3 Resultados de las fuerzas necesarias para los cortes*

Perimetro (mm)	Espesor (mm)	Resis. Corte kg/mm <sup>2</sup>	Fuerza de corte kg
38.6	1.6	16	988.16
9.97	1.6	16	255.35
9.97	1.6	16	255.23
32.4	1.6	16	829.44
32.4	1.6	16	829.44
109.7	1.6	16	2808.32
43.6	1.6	16	1116.16
43.6	1.6	16	1116.16
		<b>Total</b>	<b>8198.26</b>

### 3.8 Fuerza de doblado en V

Del la tabla 2.2 se obtiene el valor de la resistencia a la fluencia y se calcula la fuerza por medio de la fórmula (2-7), los resultados obtenidos se muestran en la tabla 3.4.

Tabla 3.4 Resultados del calculo de la fuerza de doblado en V.

Factor	Longitud	Ancho	Resistencia a la fluencia a la fluencia	Espesor	Fuerza
	L(mm)	W(mm)	S(Kg/mm <sup>2</sup> )	T(mm)	F(Kg)
0.66	17.4	107.8	14.1	1.6	147.6

### 3.9 Fuerza de doblado en U.

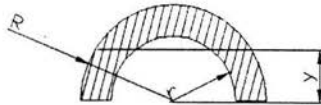


Figura 3.5 Datos para el momento de inercia de la sección en U.

El momento de inercia para la sección mostrada en la figura está dado por:

$$I = 0.1098 (R^4 - r^4) - (0.283R^2r^2(R - r) / R + r)$$

Donde de nuestro dibujo de producto figura 3.1 tenemos.

$$R = r + e = 2.6\text{mm} + 1.6\text{mm} = 4.2\text{mm}; \text{ y } r = 2.6\text{mm}.$$

Por lo tanto:

$$I = 0.1098(4.2^4 - 2.6^4) - ((0.283 \times 4.2^2 \times 2.6^2)(4.2 - 2.6) / (4.2 + 2.6))$$

$$I = 0.1098(311.16 - 45.69) - (33.74 \times (1.6) / (6.8))$$

$$I = (0.1098 \times 265.47) - (7.93)$$

$$I = 21.21 \text{ mm}^4.$$



La fuerza de doblado para una sección como ésta se calcula por medio de la fórmula siguiente:

$$F = 4SI / LT$$

Donde:

S=Resistencia a la fluencia ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ )

I=Momento de Inercia de la sección.

L= Longitud a doblar.

T = Espesor del material

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 3.5

Tabla 3.5 Resultado del calculo de la fuerza de doblado en U.

Factor	Longitud	Momento de Inercia	Resistencia a la fluencia a la fluencia	Espesor	Fuerza
	L(mm)	I(mm <sup>4</sup> )	S(Kg/mm <sup>2</sup> )	T(mm)	F(Kg)
4	107.8	21.21	14.1	1.6	6.94

### 3.10 Fuerza de planchado.

La fuerza necesaria para corte y doblez será:

$$F_{cd} = F_{corte} + F_{du} + D_{bv} = 8198.26 \text{ kg} + 73.8 \text{ kg} + 6.94 = 8279 \text{ kg}$$

Fuerza de planchado requerida =  $0.2 \times$  Fuerza total de corte  $\times$  F.S

$$F_{planch} = (0.2)(8279\text{kg})(1.20) = 1990 \text{ kg. } \gg 2000 \text{ kgs}$$

### 3.11 Selección del resorte.

Los resortes se seleccionan a partir de la información siguiente:

Nivel de producción = producción continua.

Deflexión máxima 20%

Resortes Danly Carga pesada mediana

Altura de cierre del troquel =  $176.3 \text{ mm} - 86.95 \text{ mm} = 89.7 \text{ mm}$ .

En total habrán seis resortes por lo cual cada uno soportará  $(2000/6) \text{ kgs} = 333 \text{ kgs}$  aprox. = 151.3 lbs.

Del dibujo de conjunto abierto y cerrado de AutoCad acotamos y tenemos:

Longitud comprimida = 49mm

Recorrido operativo =  $(0.20)(49\text{mm})=9.8$

Compresión inicial = 6.35mm

Longitud libre = 3.5"

Diámetro orificio = 1"

Diámetro de la varilla = 1/2"

En las tablas del apéndice 2, primero se localiza el color por el nivel de producción, luego se busca el valor de la carga para el valor de la longitud libre y el nivel de deflexión.

Entonces para una longitud libre 3-1/2" la carga para una deflexión del 20% máxima duración. = **189 lbs**

Por lo que se queda arriba del valor ya que requeríamos 151 lbs.

### **3.12 Tonelaje de la prensa.**

El tonelaje de la prensa se obtiene de la manera siguiente:

$$F_{tot} = (\Sigma F_{corte} + \Sigma F_{doblado} + \Sigma F_{planchado}) \times F.S$$

De los cálculos ya realizados se sabe:

$$F_{corte} = 8198 \text{ Kg.}$$

$$F_{dobl} = F_{dv} + F_{bu} = 147.6 + 6.9 = 181.5 \text{ Kg.}$$

$$F_{planch} = 1990 \text{ Kg.}$$

$$F.S = 1.25$$

Así la fuerza total será:

$$F_{tot} = (8198 \text{ kg} + 181.5 \text{ kg} + 1990 \text{ kg}) \times 1.25 = 12961 \text{ kg} \gg 13 \text{ Ton.}$$

Por lo tanto se requiere una prensa mínimo de 15 Ton.

### **3.13 Centro de presión.**

Se elabora un esquema donde solo se encuentren los bordes cortantes, los punzones dobladores y los resortes de planchado y los dividimos en figuras simples, luego con la ayuda de Autocad se calculan sus áreas. Se acotan las distancias a partir de los ejes x-y a los centroides de las áreas auxiliándonos de la tabla 2.3. Ver figura 3.6

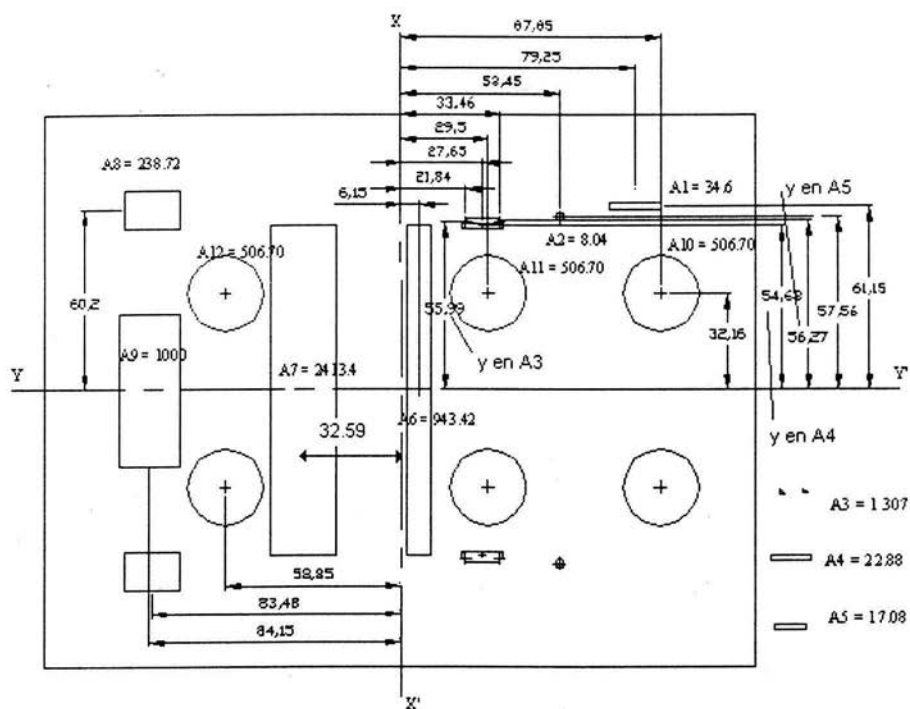


Figura 3.6. Distancias desde los ejes a los centroides.

Para las áreas que son simétricas, las distancias son las mismas pero negativas. Ahora utilizamos la fórmula siguiente y calculamos el centroide en Excell.

Centroide en X =  $\Sigma XA / \Sigma A$ ; Centroide en Y =  $\Sigma YA / \Sigma A$  ...

Obteniéndose la tabla 3.6

Tabla 3.6 Datos y resultado del calculo de centro de presión.

A	A(Area)	L (Longitud) en X	L (Longitud) Y	XA	YA
		al centroide	al centroide		
A1	34.6	79.25	61.15	2742.05	2115.79
A2	8.04	58.45	56.57	469.938	454.8228
A2'	8.04	-58.45	56.57	-469.938	454.8228
A3	1.3	33.46	55.99	43.498	72.787
A3'	1.3	33.46	-55.99	43.498	-72.787
A3-2	1.3	21.84	55.99	28.392	72.787
A3-2'	1.3	21.84	-55.99	28.392	-72.787
A4	22.88	27.65	56.27	632.632	1287.4576
A4'	22.88	27.65	-56.27	632.632	-1287.4576
A5	17.08	27.65	57.56	472.262	983.1248
A5'	17.08	27.65	-57.56	472.262	-983.1248
A7	2413.4	-32.59	0	-78652.706	0
A8	238.72	-84.15	60.2	-20088.288	14370.944
A8'	238.72	-84.15	-60.2	-20088.288	-14370.944
A9	1000	-84.15	0	-84150	0
A10	506.7	87.85	32.16	44513.595	16295.472
A10'	506.7	87.85	-32.16	44513.595	-16295.472
A11	506.7	29.5	32.16	14947.65	16295.472
A11'	506.7	29.5	-32.16	14947.65	-16295.472
A12	506.7	-58.85	32.16	-29819.295	16295.472
A12'	506.7	-58.85	-32.16	-29819.295	-16295.472

Sum Areas	Sum x	Sum y	Sumatoria X	Sumatoria Y
7066.84	132.41	174.29	-138599.764	3025.4356

Centroide X	Centroide Y
-19.6	0.4

Esas son las nuevas coordenadas en milímetros a las que hay que mover el centro de nuestra matriz para montarlo sobre el portatroquel

### 3.14 Dimensionamiento de la Matriz.

El **área** se determinará por el espacio necesario para montar nuestra cinta con sus corte y el espacio necesario para montar tornillos y pernos pasadores.

El **espesor de la matriz** se rige por la resistencia para soportar las fuerzas de corte y de acuerdo con la regla del dedo.

La sumatoria de perímetros de corte es: 320.4mm

Por lo tanto es necesario que se utilice un espesor de **32mm** (1-1/4") para perímetros de corte mayores a los 250 mm.

La **distancia crítica** entre el borde de la matriz y el borde exterior de la matriz según el perímetro de corte de 3" a 6" debe ser el 25% del grueso de la matriz.

Distancia crítica =  $0.25 (32\text{mm}) = 8\text{mm}$

La **holgura** para este caso fue de el 3% del espesor del material por lado que es igual a 0.05 mm para los cortes.

**Vida de la matriz**, que en este caso será de 3t, para que podamos afilar varias veces la herramienta, alargando la vida de esta. En este caso fue de  $(1.6\text{mm}) \times (3) = 4.8\text{mm}$ .

El **ángulo de salida** de la rebaba que en este caso será de 2 grados.

La matriz y el portapunzones se seccionaron en varias piezas relativamente fáciles de fabricar ya que a la matriz y al portapunzones no se fabricaran auxiliándose de la electroerosion por hilo.

### **3.15 Dimensionamiento de los punzones y pilotos.**

Los pilotos se dimensionan según el estudio de cinta. El largo de los punzones se dimensionan según el dibujo en corte donde se encuentran las placas (matriz, planchador, portapunzones y resortes) siendo la suma de estos donde podemos establecer el largo de los punzones en este caso será de:

Matriz = 1/-1/4"; Portapunzones = 1"; Planchador 1/2"; long comprimida de resortes = 3/4" por lo que tenemos el largo de 3.5". El punzón de corte para piloteo y los pilotos se refuerza con una camisa para poderlos posicionar en el portapunzones y el la punta se les da un acabado redondo a los pilotos para que posicionen corretamente el material.

### **3.16 Dimensionamiento del portapunzones.**

El grosor del portapunzones será de 1" (25.4mm) y la placa sufridera de 1/4" (6.35mm)

### **3.17 Dimensionamiento del planchador.**

La fuerza se planchado será del 20% de la fuerza de corte. En este caso el planchador será de 12.7mm (1/2" ) de espesor.

### **3.18 Dimensionamiento de las guías de material.**

La guía de material quedó diseñada de manera que pueda ser guía de material y elevador a la vez ya que después del primer doblado es necesario levantar la pieza para que esta pueda seguir avanzando. La fuerza que deberán tener los seis resortes será aproximadamente la mitad de la fuerza de planchado en este caso 1000 kgs. Por lo que cada resorte deberá tener una fuerza de 170 kgs aproximadamente.

## CAPITULO 4. DIBUJOS DE DISEÑO.

### **4.1 Consideraciones de los dibujos.**

En este capítulo se mostrará el diseño proyectado por computadora. Ya que es donde se analizan los detalles dimensionales y geométricos y se van haciendo las proyecciones pertinentes para desarrollar el dibujo de conjunto así como el despiece de toda la herramienta. Es en este donde se muestra toda la información para su fabricación y ensamble

El dibujo #0 "Estudio de cinta" muestra las características del proceso en cada uno de sus pasos, se analizan las dimensiones, cortes, profundidades y dobleces de la cinta.

El dibujo #1 "Dibujo de Conjunto" muestra el troquel ensamblado en posición cerrada, junto con la lista de partes y materiales..

En los dibujos #2 al #7 corresponden a la matriz seccionada y los dibujos #8 al #12 corresponden a la matriz seccionada.

El dibujo #13 corresponde al planchador y los dibujos #14 al #22 corresponde a los punzones. Cabe destacar que en el dibujo #20, 21 y 22 corresponden al punzón de doblado en U. Este punzón está seccionado en dos partes para que sea fácil su fabricación y mantenimiento. El dibujo #23 corresponde al tope limitador y el #24 a las barras auxiliares, estas fueron necesarias debido al largo del doblado en U.

### **4.2 Dibujos.**

A continuación se muestra el dibujo de conjunto del troquel progresivo, así como el dibujo de detalle de todos sus componentes.



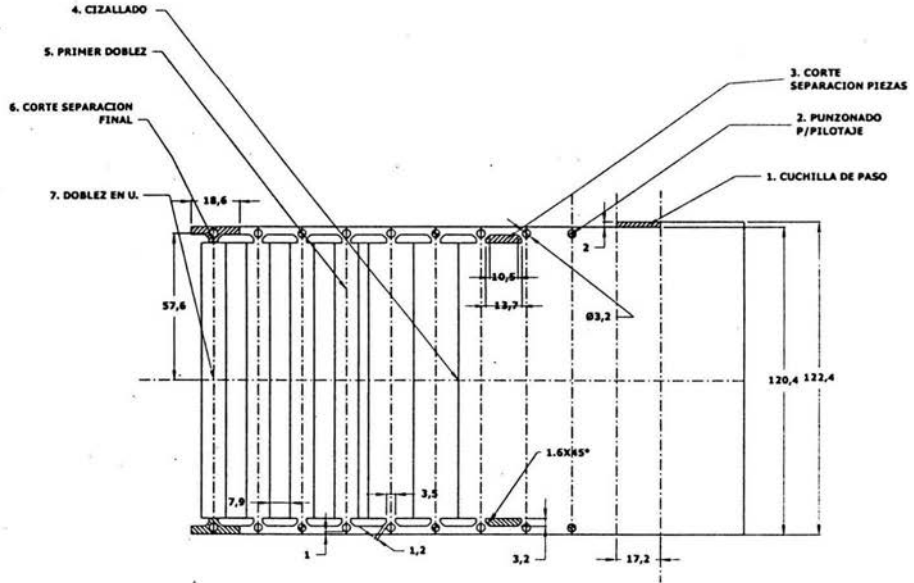
ESQ: 2.1  
ACOT: M/M

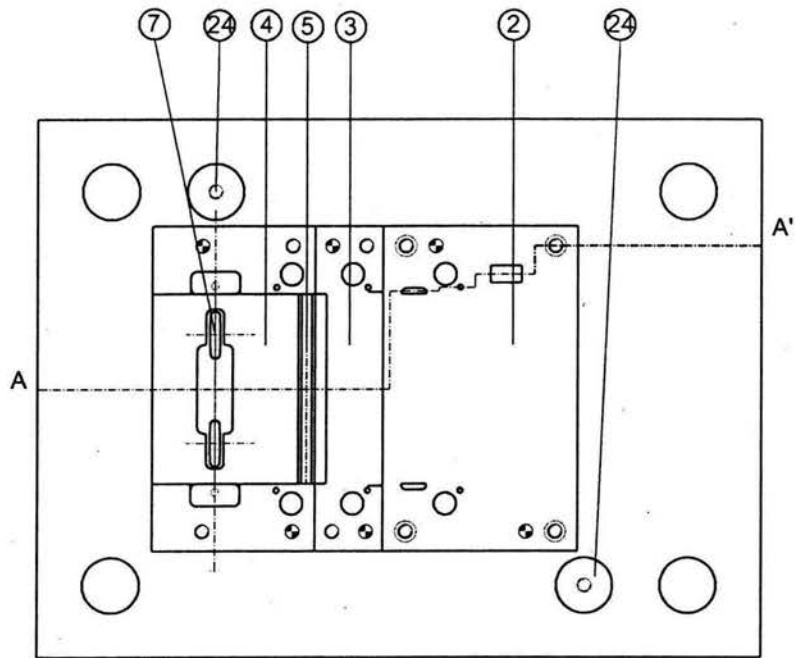


UNIVERSIDAD  
FES-Cuautitlán UNAM  
ALUMNO: SERGIO ZEPEDA O  
REVISOR: M I FELIPE DIAZ

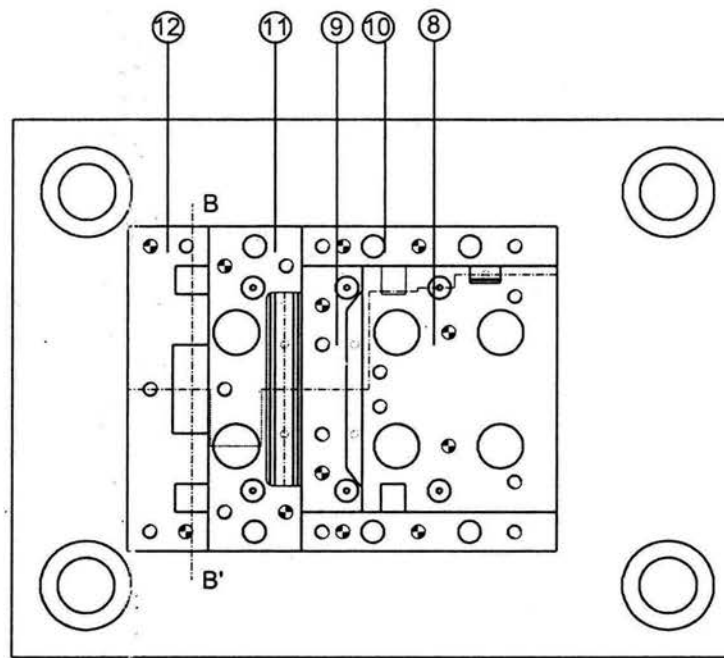
TÍTULO: ESTUDIO DE CINTA GUARACABO  
FECHA: 4/MAR/2004  
MATERIAL: N/A

PÁGINA: 0

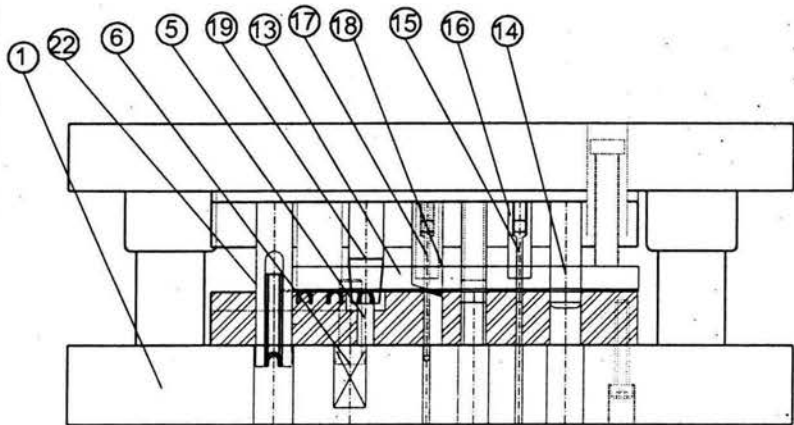




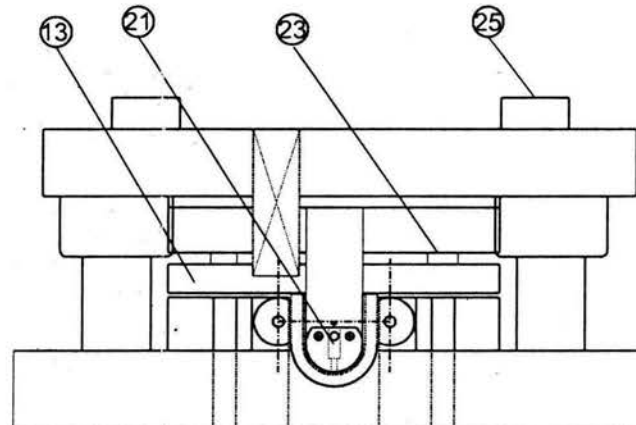
ZAPATA INFERIOR



ZAPATA SUPERIOR



VISTA EN CORTE A - A'



VISTA EN CORTE B - B'

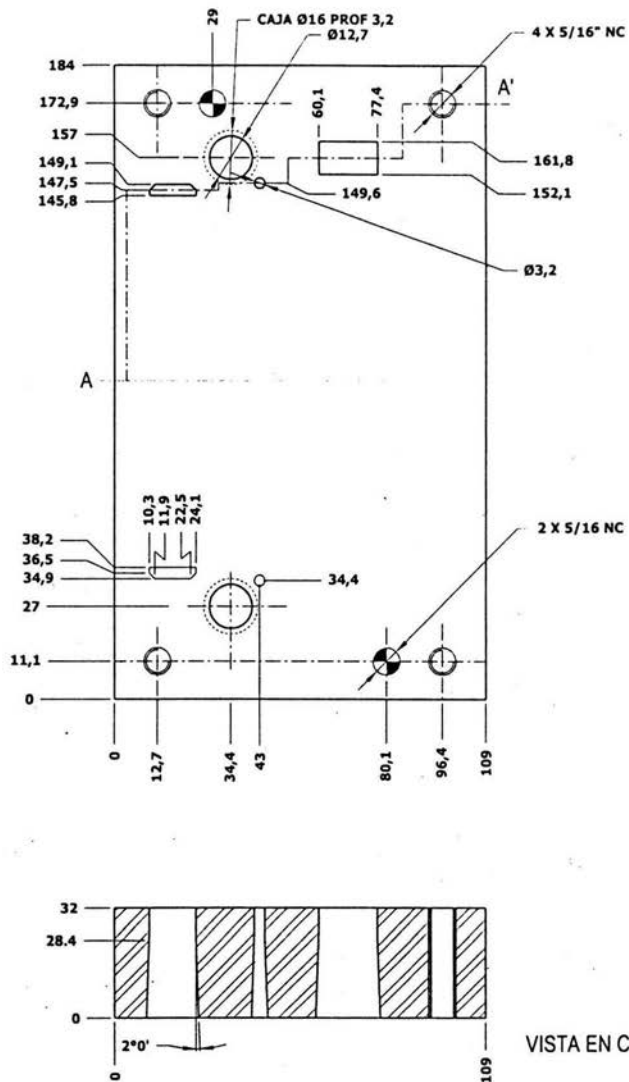
25	2	PLACA LIBRADORA	COLD ROLLED	25
24	1	TOPE LIMITADOR	COLD ROLLED	24
23	2	PUNZÓN DE CORTE	AC D-1	23
22	1	PUNZÓN DE DOBLADO EN U	AC S-1	22
21	3.1	BOTADORES PARA DOBLADORES	AC9840-T	21
20	1	PORTAPUNZÓN DE DOBLADO	AC 9840-T	20
19	1	PUNZÓN DE DOBLADO EN V	AC S-1	19
18	1	PUNZÓN DE CIZALADO	AC D-1	18
17	4	PLATO	AC D-1	17
16	6	CAMISAS PILOTAJE	AC 9840-T	16
15	2	PUNZÓN DE CORTE PILOTAJE	AC D-1	15
14	1	PUNZÓN DE CORTE 1	AC D-1	14
13	1	PLANCHADOR	AC 9840-T	13
12	1	PORTAPUNZONES 5	AC 9840-T	12
11	1	PORTAPUNZONES 4	AC 9840-T	11
10	1	PORTAPUNZONES 3	AC 9840-T	10
9	1	PORTAPUNZONES 2	AC 9840-T	9
8	1	PORTAPUNZONES 1	AC 9840-T	8
7	2	RODAJA DOBLADOR	ACERO S-1	7
6	6	GUIA ELEVADOR	AC 9840-T	6
5	1	INSERTO MATRIZ 1	ACERO S-1	5
4	1	MATRIZ 3	ACERO D-2	4
3	1	MATRIZ 2	ACERO D-2	3
2	1	MATRIZ 1	ACERO D-2	2
1	1	PORTATROQUEL 406x305 mm	ACERO 1080	...
No	Cant	Nombre	MATERIAL	Dib No

ESC	SIN	
ACOT	SIN	

**FES-Cuautitlán UNAM**  
 ELABORO: SERGIO ZEPEDA O  
 REVISO: MI FELIPE DIAZ

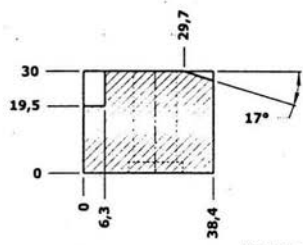
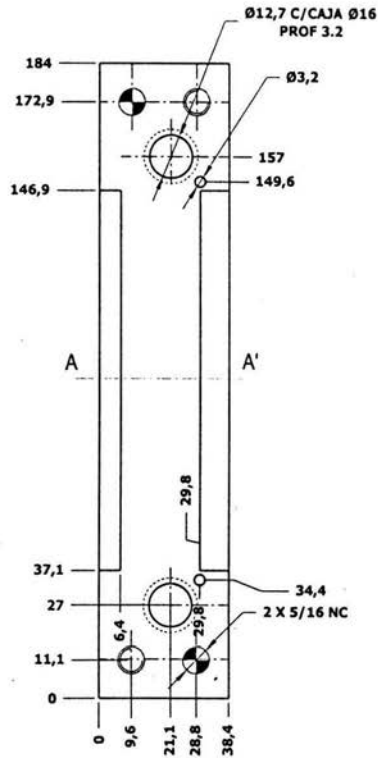
TÍTULO: DIBUJO DE CONJUNTO TROQUEL GUARDACABO  
 FECHA: 4/ABR/2004  
 MATERIAL: VER LISTA

HOJA: 1



NOTAS  
 TOLERANCIAS GENERALES :0.01  
 TEMPLAR A 60-62 Rc

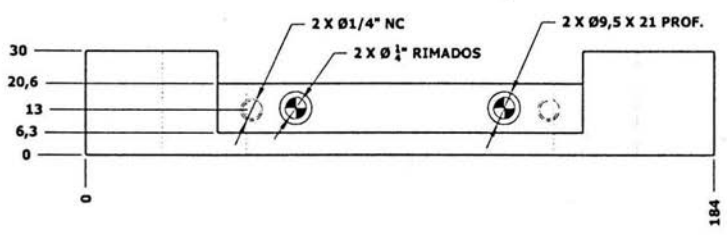
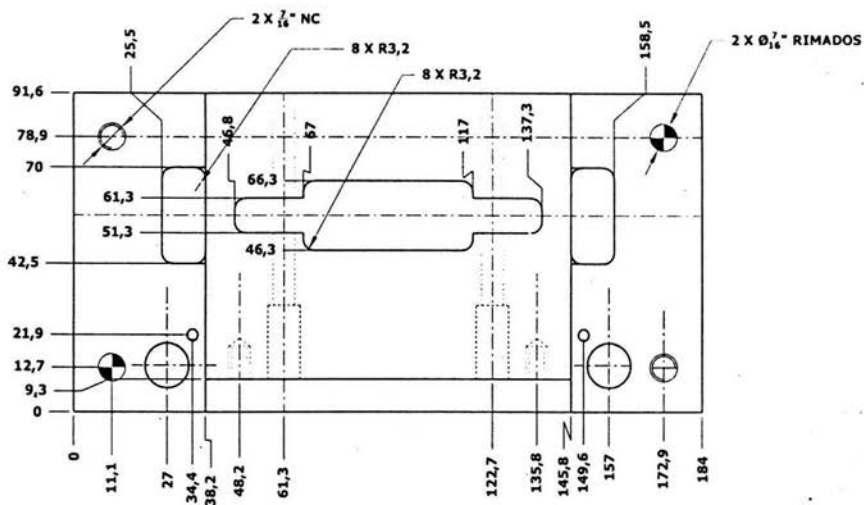
ESC. SIN		TÍTULO FES-Cuautitlán UNAM		TÍTULO MATRIZ 1	HOJA 2
ACOT. m m		ELABORO SERGIO ZEPEDA O	REVISO M I FELIPE DIAZ	FECHA 4/ABR/2004	MATERIAL ACERO D-2



VISTA EN CORTE A - A'

NOTAS  
TOLERANCIAS GENERALES :001  
TEMPERAR A. 60-62 Rc

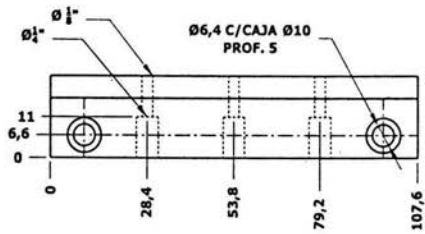
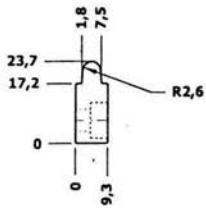
ESC: SIN		<b>FES-Cuautitlán UNAM</b>		TITULO: MATRIZ 2	HOJA
ACOT: m.m.				ELABORO: SERGIO ZEPEDA O.	REVISO: MI. FELIPE DIAZ.
					<b>3</b>



VISTA EN CORTE A - A'

NOTAS:  
 TOLERANCIAS GENERALES ±0.01  
 TEMPLAR A 60-62 Rc

ESC: SIN		FES-Cuautitlán UNAM		TITULO: MATRIZ 3	HOJA
ACOT: m m		ELABORO: SERGIO ZEPEDA O	REVISO: MI FELIPE DIAZ	FECHA: 4/ABR/2003	MATERIAL ACERO D-2
					4



VISTA EN CORTE A - A'

NOTAS  
TOLERANCIAS GENERALES ±0,01  
TEMPLAR A 60-62 Rc

ESC: SIN



FES-Cuautitlán UNAM

TÍTULO: INSERTO MATRIZ 1

HOJA  
5

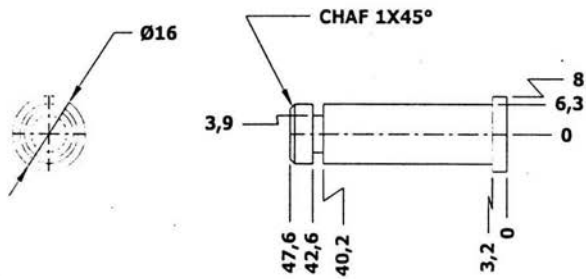
ACOT: m m

ELABORO: SERGIO ZEPEDA O

REVISÓ: M.I. FELIPE DIAZ

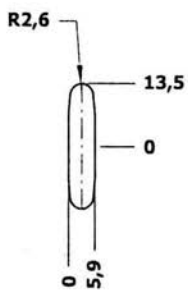
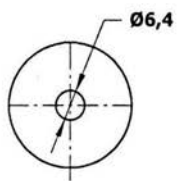
FECHA: 4/ABR/2003

MATERIAL: ACERO S-1



NOTAS:  
TOLERANCIAS GENERALES:  $\pm 0,01$

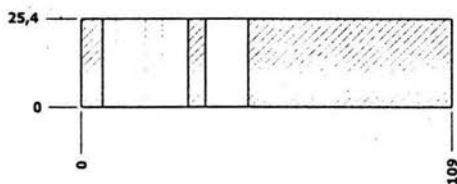
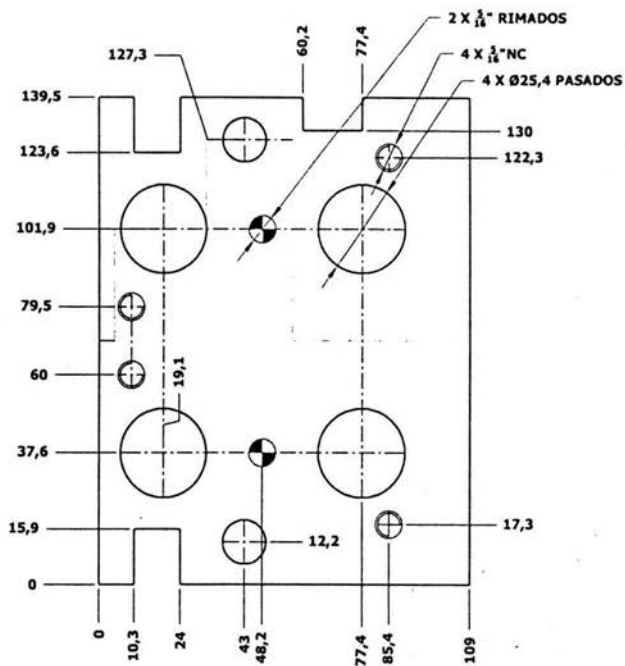
ESC: 1:1		FES-Cuautitlán UNAM		TÍTULO: GUIA ELEVADOR	HOJA
ACOT: m. m.		ELABORO: SERGIO ZEPEDA O.	REVISO: M.I. FELIPE DIAZ	FECHA: 4/ABR/2004	MATERIAL: ACERO 9840-T
					6



NOTAS:  
 TOLERANCIAS GENERALES  $\pm 0,01$   
 TEMPLAR A 56-58Rc

ESC: 1:1		<b>FES-Cuautitlán UNAM</b>		TÍTULO: RODAJA DOBLADOR	HOJA 7
ACOT: m m		ELABORADO: SERGIO ZEPEDA O.	REVISÓ: M.I. FELIPE DIAZ	FECHA: 4/ABR/2004	MATERIAL: ACERO S-1

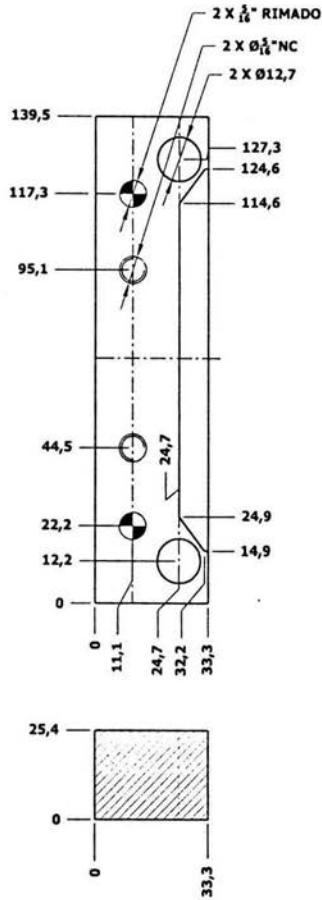




VISTA EN CORTE A - A'

NOTAS:  
TOLERANCIAS GENERALES :±0.01

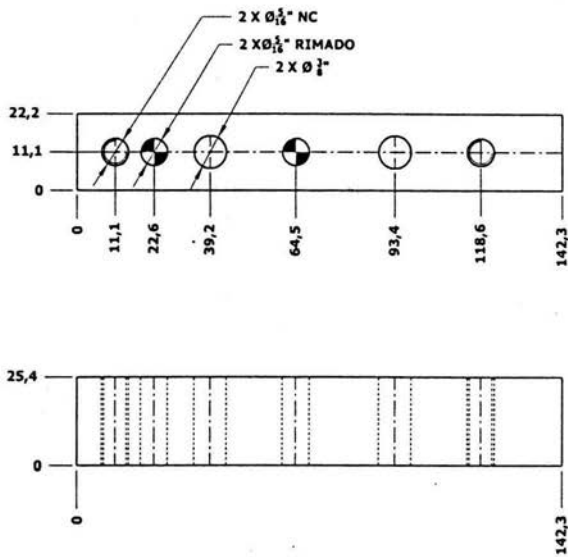
ESC: SIN		FES-Cuatitlán UNAM		TÍTULO: PORTAPUNZONES 1	HOJA 8
ACOT: m m		ELABORO: SERGIO ZEPEDA O	REVISO: M I FELIPE DIAZ	FECHA: 4/ABR/2004	MATERIAL AC 9840-T



VISTA EN CORTE A - A'

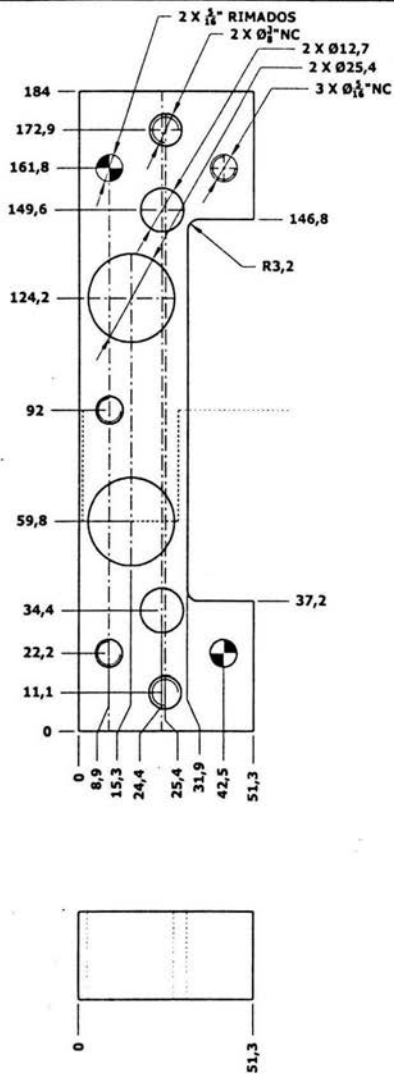
NOTAS:  
TOLERANCIAS GENERALES: ±0,01

ESC: SIN		FES-Cuautitlán UNAM		TÍTULO: PORTAPUNZONES 2	HOJA
ACOT: m m		ELABORO: SERGIO ZEPEDA O.	REVISÓ: M. I. FELIPE DIAZ	FECHA: 4/ABR/2004	MATERIAL: AC 9840-T
					9



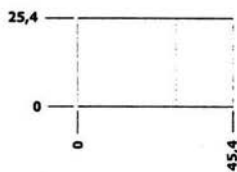
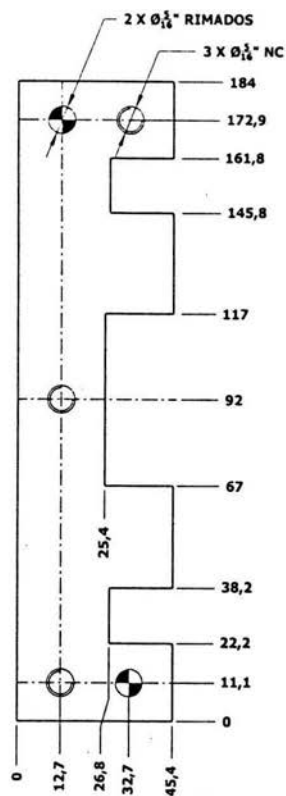
NOTAS  
TOLERANCIAS GENERALES : ± 0.01

ESC: SIN		<b>FES-Cuautitlán UNAM</b>		TÍTULO: PORTAPUNZONES 3	HQJA
ACOT: m m		ELABORO SERGIO ZEPEDA O	REVISÓ: M.I. FELIPE DIAZ	FECHA 4/ABR/2003	MATERIAL AC 9840-T



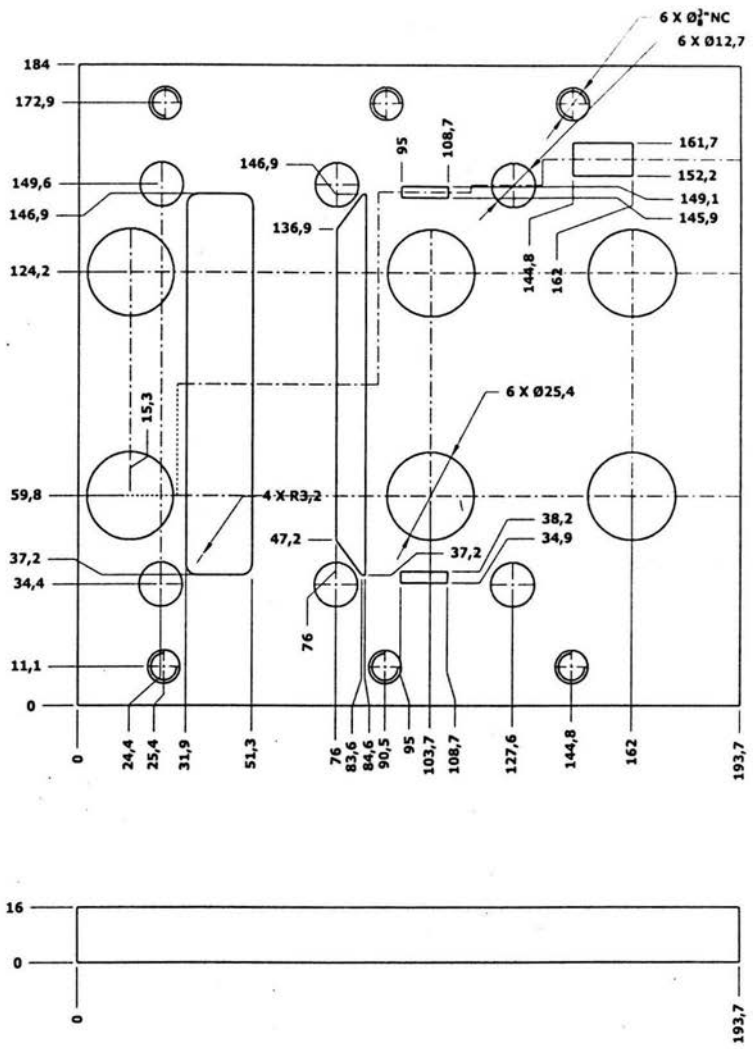
NOTAS:  
TOLERANCIAS GENERALES :±0.01

ESC. SIN		FES-Cuatitlán UNAM		TÍTULO PORTAPUNZONES 4	HOJA 11
ACOT: m m		ELABORO: SERGIO ZEPEDA O.	REVISÓ: MI FELIPE DIAZ	FECHA: 4/ABR/2003	MATERIAL: AC 9840-T

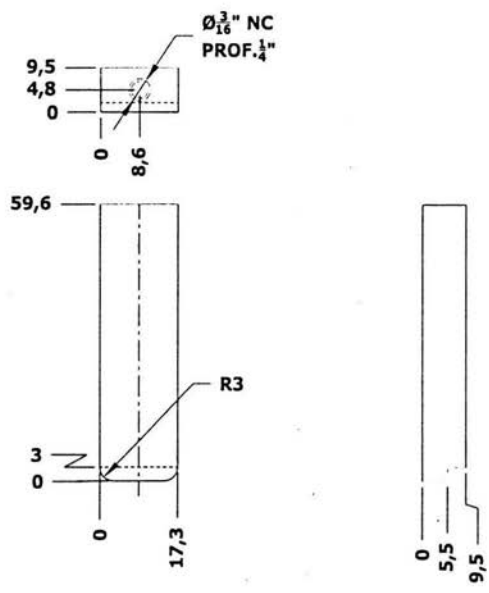


ESC: SIN		FES-Cuautitlán UNAM		TÍTULO	PORTAPUNZONES S	HQJA	12
ACOT: m m		ELABORO: SERGIO ZEPEDA O.	REVISO: MI FELIPE DIAZ	FECHA: 4/ABR/2003	MATERIAL: AC 9840-T		

S

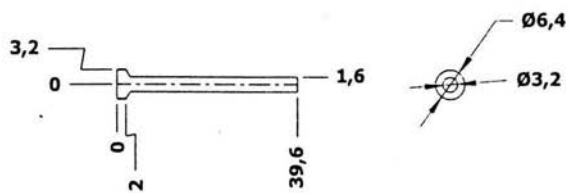


ESC: SIN		FES-Cuautitlán UNAM		TÍTULO: PLANCHADOR	HOJA
ACOT: m m.		ELABORO: SERGIO ZEPEDA O.	REVISÓ: MI FELIPE DIAZ	FECHA: 4/ABR/2004	MATERIAL: AC 9840-T



NOTAS:  
 TOLERANCIAS GENERALES  $\pm 0.01$   
 TEMPLAR A 58-60 Rc

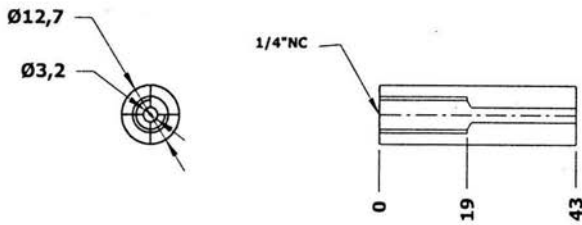
ESC. 1:1		FES-Cuautitlán UNAM		TÍTULO PUNZON DE CORTE 1	HOJA 14
ACOT. m m		ELABORO SERGIO ZEPEDA O.	REVISO MI. FELIPE DIAZ	FECHA 4/ABR/2004	MATERIAL ACERO 0-1



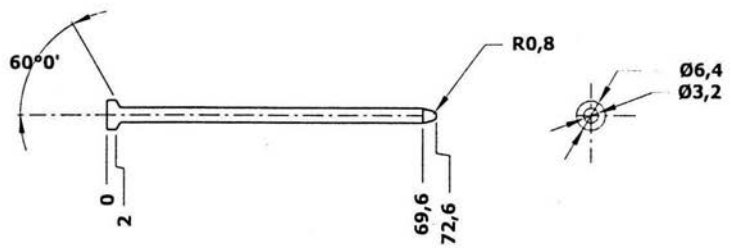
NOTAS:  
 TOLERANCIAS GENERALES  $\pm 0.01$   
 TEMPLAR A 58-60 Rc

ESC: 1:1		FES-Cuautitlán UNAM		TÍTULO PUNZON DE CORTE P/PILOTAJE	HOJA
ACOT: m m		ELABORO SERGIO ZEPEDA O.	REVISO MI FELIPE DIAZ	FECHA 4/ABR/2004	MATERIAL ACERO 0-1
					15



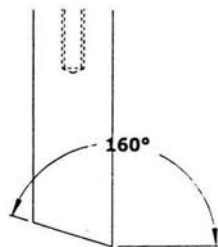
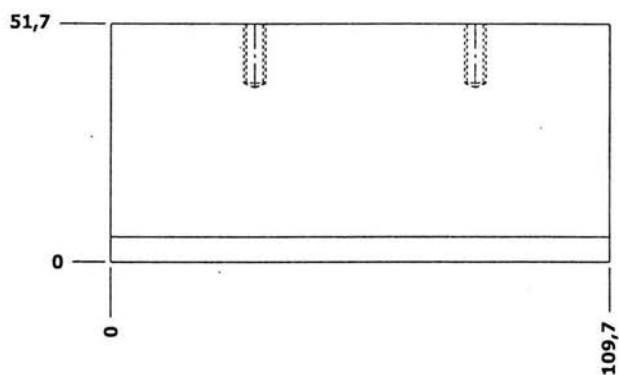
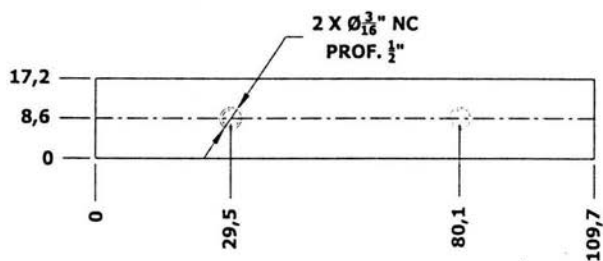


ESC: 1:1		<b>FES-Cuautitlán UNAM</b>		TÍTULO: CAMISA P/PILOTOS	HOJA 16
ACOT: m m		ELABORO: SERGIO ZEPEDA O	REVISO: MI FELIPE DIAZ	FECHA: 4/ABR/2004	MATERIAL: AC 9840-T



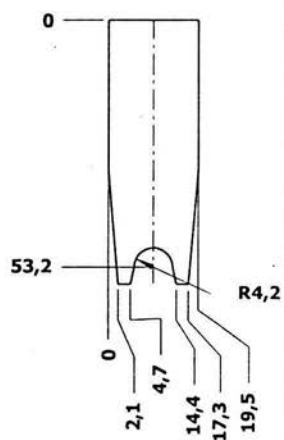
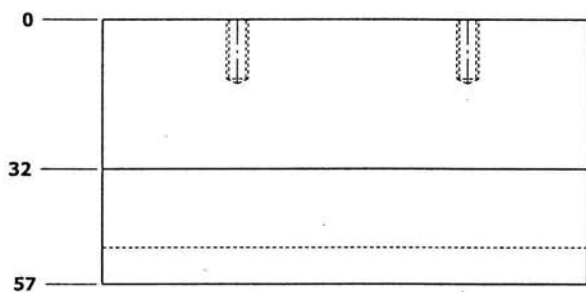
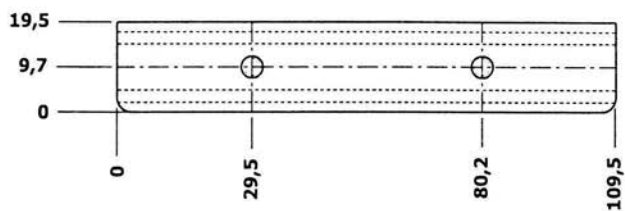
NOTAS:  
 TOLERANCIAS GENERALES:  $\pm 0,01$   
 TEMPLAR A: 56-58 Rc

ESC: 1:1		FES-Cuautitlán UNAM		TÍTULO: PILOTO	HOJA
ACOT: m.m		ELABORADO: SERGIO ZEPEDA O	REVISO: M.I. FELIPE DIAZ	FECHA: 4/ABR/2004	MATERIAL: ACERO 0-1
					<b>17</b>



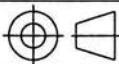
NOTAS:  
 TOLERANCIAS GENERALES: ±0.01  
 TEMPLAR A 58-60 Rc

ESC: 1:1		FES-Cuautitlán UNAM		TÍTULO: PUNZON DE CIZALLADO	HOJA: 18
ACOT: m m		ELABORÓ: SERGIO ZEPEDA O	REVISÓ: MI FELIPE DIAZ	FECHA: 4/ABR/2004	MATERIAL: ACERO 0-1



NOTAS:  
TOLERANCIAS GENERALES  $\pm 0.01$   
TEMPERATURA A 58-60 Rc

ESC: 1:1



ACOT: m.m.

FES-Cuautitlán UNAM

ELABORADO: SERGIO ZEPEDA O.

REVISADO: M.I. FELIPE DIAZ

TITULO

PUNZON DE DOBLADO EN V

FECHA:

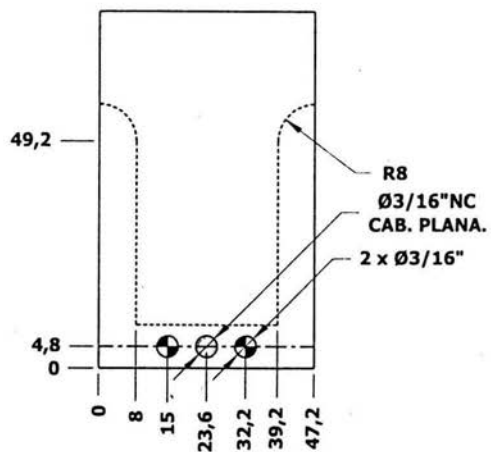
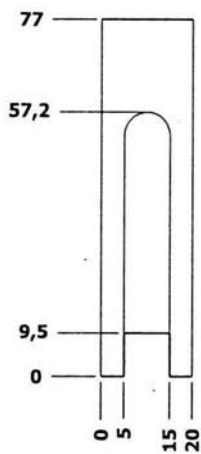
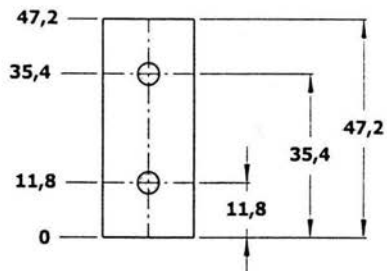
4/ABR/2004

MATERIAL:

ACERO S-1

HOJA

19



ESC: 1:1  
ACOT: m m



FES-Cuautitlán UNAM

ELABORO: SERGIO ZEPEDA O

REVISO: M.I. FELIPE DIAZ

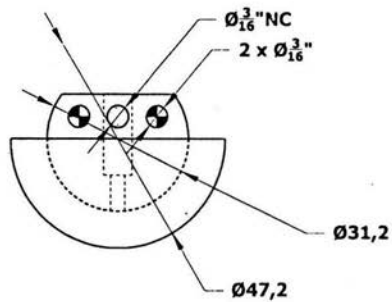
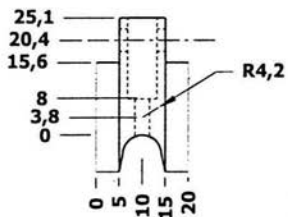
TITULO: PORTAPUNZON DE DOBLAÑO

FECHA: 4/ABR/2004

MATERIAL: AC 9840-T

HOJA

20

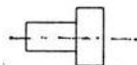


NOTAS:  
 TOLERANCIAS GERALES  $\pm 0.01$   
 TEMPLAR A 58-60 Rc

ESC 1:1		FES-Cuautitlán UNAM		TÍTULO PUNZON DE DOBLADO	HOJA
ACOT: mm		ELABORO SERGIO ZEPEDA O.	REVISO MI FELIPE DIAZ	FECHA 4/ABR/2006	MATERIAL ACERO S-1
					21



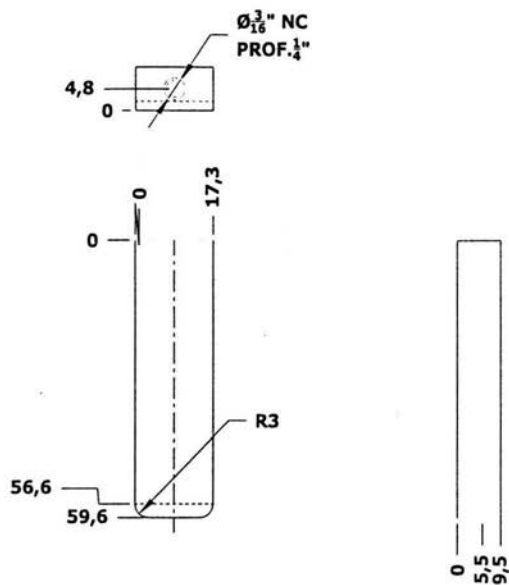
BOTADOR PARA PUNZON EN V  
CANT: 3 PIEZA



BOTADOR PARA PUNZON EN U  
CANT: 1 PIEZA

NOTAS:  
TOLERANCIAS GENERALES  $\pm 0.01$   
TEMPLAR A 58-60 Rc

ESC: 1:1		FES-Cuautitlán UNAM		TÍTULO: BOTADOR PARA PUNZON DE DOBLADO	HOJA
ACOT: mm		ELABORADO: SERGIO ZEPEDA O.	REVISÓ: MI. FELIPE DIAZ	FECHA: 4/ABR/2004	MATERIAL: ACERO S-1
					22

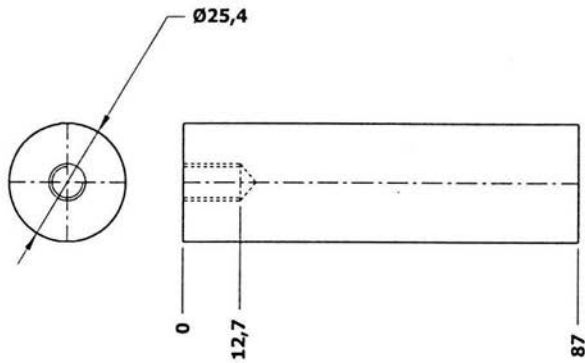


NOTAS:  
 TOLERANCIAS GENERALES  $\pm 0,01$   
 TEMPLAR A: 58-60 Rc

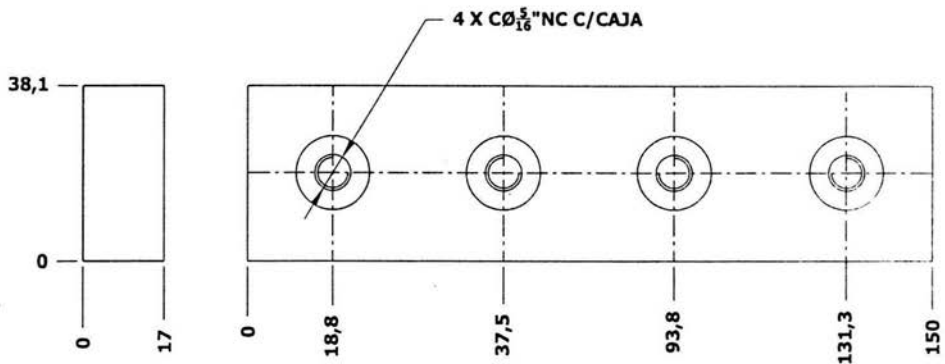
ESC: 11		FES-Cuautitlán UNAM		TÍTULO	PUNZON DE CORTE	HOJA
ACOT: m. m		ELABORÓ: SERGIO ZEPEDA O.	REVISÓ: M. I. FELIPE DIAZ	FECHA:	4/ABR/2004	MATERIAL:

23





ESC: 1:1		FES-Cuautitlán UNAM		TÍTULO	TOPE LIMITADOR	HOJA	24
ACOT: m.m.		ELABORADO	REVISÓ	FECHA	MATERIAL		
		SERGIO ZEPEDA O	MI. FELIPE DIAZ	4/ABR/2004	COLD ROLLED		



ESC: 1:1		FES-Cuautitlán UNAM		TÍTULO PLACA LIBRADORA DE TORNILLO GUIA	HOJA
ACOT: m m		ELABORADO: SÉRGIO ZEPEDA O	REVISO: MI FELIPE DÍAZ	FECHA: 4/ABR/2004	MATERIAL COLD ROLLED

## CONCLUSIONES.

Después del trabajo desarrollado se pueden establecer las siguientes conclusiones.

1.- Las prensas son máquinas que ejercen un movimiento alternativo en el cual se ejerce una fuerza que se aprovecha para producir piezas. Con esta fuerza se pueden realizar operaciones de corte, cizallado, punzonado, doblado, embutido y estampado entre otras, por medio de herramientas especiales llamadas troqueles.

2.- Un troquel que realiza operaciones sucesivas se le denomina progresivo y su grado de complejidad depende de la pieza a realizar. Este troquel está formado por diversas piezas que en conjunto forman un mecanismo, el cual requiere de precisión ser ensamblado y ajustado, de modo que las piezas producidas sean de alta calidad.

3.- En este sentido el Diseño Asistido por Computadora, es de gran importancia ya que se puede modelar la herramienta a través de la computadora, hacer cambios y ajustes antes de la fabricación del herramental, reduciendo así errores y tiempo de diseño.

4.- En el proceso de diseño de la herramienta es importante determinar la secuencia de operaciones a realizar, porcentaje de material desperdiciado, fuerzas necesarias para la operación, materiales empleados, tonelaje de la prensa, centro de presión entre otras, ya que deberá tener una construcción rígida para poder soportar golpes repetidos y lotes de producción continua al que va a ser sujetado.

5.- También es importante tomar en cuenta dentro del diseño de la herramienta los procesos de maquinado para las piezas diseñadas así como su complejidad de las mismas, ya que esto ayudará a que su fabricación, puesta en marcha y mantenimiento sea sencillo y barato.

6.- La desventaja más notable de un troquel es que solo se utilizan para producir una pieza de forma única, así que si se requiere cambiar su diseño, se deberá cambiar casi por completo el troquel.

7.- La ventaja más notable es que se pueden manufacturar infinidad de piezas a partir de lamina en un intervalo de tiempo muy corto por lo que este proceso resulta rentable al producir cantidades suficientes de piezas para justificar el alto costo del herramental.

## BIBLIOGRAFIA.

1.- Oehler Gerhard.  
Herramientas de troquelar, estampar y embutir  
Ed Gili  
1981.

2.- Ulrich Sharer Sauberli.  
Ingeniería de Manufactura.  
Ed. Continental  
1ª edición.

3.- Lehnert Robert.  
La construcción de Herramientas.  
Ed. Reverte.  
1979

4.- Donalson Cyril.  
Tool Design.  
Mc Graw Hill.  
1973

5.- Wilson Frank.  
Principios Fundamentales  
para el diseño de Herramientas.  
Ed. Continental.  
1967

6.- De Garmo.

Materiales y Procesos de Fabricación.

Ed. Reverte.

1969

7.- Bralla James.

Manual de diseño de producto.

Guía práctica de producción a bajo costo.

1995

8.- Rodríguez Domínguez Antonio.

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

Tesis profesional. FES-Cuautitlán. 2002

9.- Díaz del castillo Rodríguez.

Diseño de herramental.

FES-Cuautitlán UNAM, 2003

10.- Catálogo de resortes para troqueles.

Danly IEM. 1995

11.- Catálogo de Portatroqueles de Forma

CPACSA, 2000.

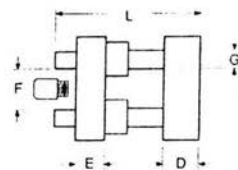
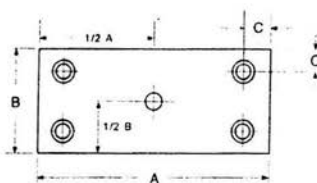
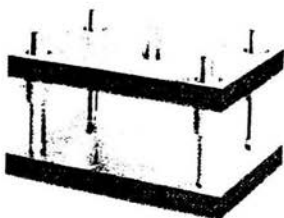
12.- Aluminium Standars and data 1990

The Aluminium Association Inc.

## APENDICE 1.

### PORTATROQUELES RECTANGULARES DE 4 POSTES

El número de catálogo de un portatroquel esta formado por la combinación de las dimensiones nominales de largo y ancho, así como los espesores de las placas.



PULGADAS								MILIMETROS								
A	B	C	C1	D	E	F	G	NÚMERO DE CATÁLOGO	A	B	C	C1	D	E	F	G
8	8	1-3/8	1-1/2	1-1/4	1	4-1/4	1	0808 4E	203	203	35	38	32	25	108	25.4
				1-1/2	1-1/4								38	32		
10	8	1-3/8	1-1/2	1-1/4	1	4-1/4	1	1008 4E	254	203	35	38	32	25	108	25.4
				1-1/2	1-1/4								38	32		
10	10	1-3/8	1-1/2	1-1/2	1-1/4	6-1/4	1	1010 4E	254	254	35	38	38	32	159	25.4
				1-3/4	1-1/2								44	38		
12	10	1-3/8	1-1/2	1-1/2	1-1/4	6-1/4	1	1210 4E	305	254	35	38	38	32	159	25.4
				1-3/4	1-1/2								44	38		
12	12	1-1/2	1-5/8	1-1/2	1-1/4	7-3/4	1-1/4	1212 4E	305	305	38	41	38	32	197	31.7
				1-3/4	1-1/2								44	38		
14	10	1-1/2	1-5/8	1-3/4	1-1/2	5-3/4	1-1/4	1410 4E	356	254	38	41	44	38	146	31.7
				2	1-3/4								51	44		
14	12	1-1/2	1-5/8	1-3/4	1-1/2	7-3/4	1-1/4	1412 4E	356	305	38	41	44	38	197	31.7
				2	1-3/4								51	44		
16	12	1-1/2	1-5/8	1-3/4	1-1/2	7-3/4	1-1/4	1612 4E	406	305	38	41	44	38	197	31.7
				2	1-3/4								51	44		
16	14	1-3/4	1-7/8	1-3/4	1-1/2	9	1-1/2	1614 4E	406	356	44	48	44	38	229	38.1
				2	1-3/4								51	44		

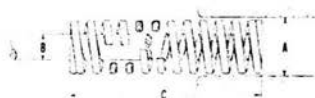
PULGADAS								MILIMETROS								
A	B	C	C1	D	E	F	G	NÚMERO DE CATÁLOGO	A	B	C	C1	D	E	F	G
18	10	1-1/2	1-5/8	1-3/4	1-1/2	5-3/4	1-1/4	1810 4E	457	254	38	41	44	38	146	31.7
				2	1-3/4								51	44		
18	12	1-1/2	1-5/8	1-3/4	1-1/2	7-3/4	1-1/4	1812 4E	457	305	38	41	44	38	197	31.7
				2	1-3/4								51	44		
20	12	1-3/4	1-7/8	1-3/4	1-1/2	7	1-1/2	2012 4E	508	305	44	48	44	38	178	38.1
				2-1/4	2								57	51		
20	14	1-3/4	1-7/8	1-3/4	1-1/2	9	1-1/2	2014 4E	508	356	44	48	44	38	229	38.1
				2-1/4	2								57	51		
20	16	1-3/4	1-7/8	1-3/4	1-1/2	11	1-1/2	2016 4E	508	406	44	48	44	38	279	38.1
				2-1/4	2								57	51		
22	12	1-3/4	1-7/8	1-3/4	1-1/2	7	1-1/2	2212 4E	559	305	44	48	44	38	178	38.1
				2-1/4	2								57	51		
22	15	1-3/4	1-7/8	1-3/4	1-1/2	10	1-1/2	2215 4E	559	381	44	48	44	38	254	38.1
				2-1/4	2								57	51		
22	18	1-3/4	1-7/8	1-3/4	1-1/2	13	1-1/2	2218 4E	559	457	44	48	44	38	330	38.1
				2-1/4	2								57	51		
25	16	1-3/4	1-7/8	1-3/4	1-1/2	11	1-1/2	2516 4E	635	406	44	48	44	38	279	38.1
				2-1/4	2								57	51		

## APENDICE 2.

### RESORTES PARA TROQUELES CARGA PESADA MEDIANA

Tamaños de 3/8" a 2-1/2"  
 Construcción de Alambre  
 Rectangular

Acero al cromo vanadio de calidad  
 Según Norma - ASTM A232



**Azul**

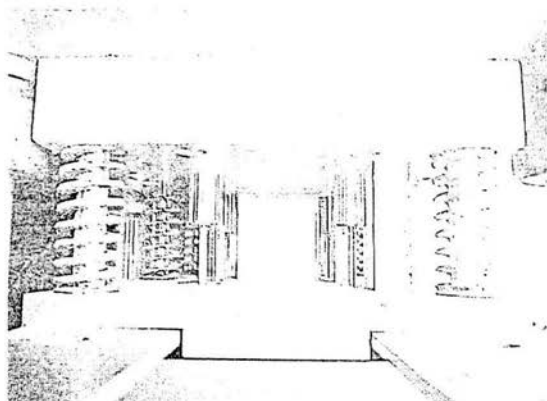


**Clasificada en color azul**

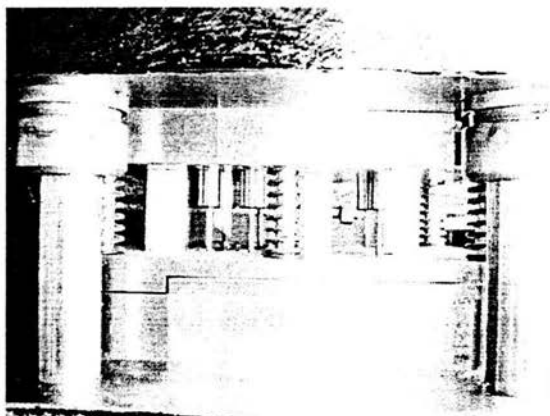
Diámetro del Orificio Pulgadas	Diámetro de la Varilla Pulgadas	Longitud Libre Pulgadas	NÚMERO DE CATALOGO	Tabla De Carga - Deflexión								Resorte En sus Sones		
				Libras Requeridas para Deflexión (1/16 pulg.)		Deflexión Total Recomendada para Carga Duración (25 ° de C)		Deflexión Total Recomendada para Duración Promedio (10% de C)		Deflexión Máxima de Operación (17 ° de C)				
				Carga lbs.	Deflexión pulg.	Carga lbs.	Deflexión pulg.	Carga lbs.	Deflexión pulg.	Carga lbs.	Deflexión pulg.			
3/8	3/16	1	9-0504-21	9.3	23	0.25	29	0.30	35	0.38	42	0.46		
		1 1/4	9-0505-21	8.0	25	0.31	30	0.38	38	0.47	50	0.53		
		1 1/2	9-0506-21	6.7	25	0.38	30	0.45	39	0.56	51	0.77		
		1 3/4	9-0607-21	5.6	25	0.44	30	0.53	37	0.66	50	0.89		
		2	9-0608-21	4.92	25	0.50	29	0.60	37	0.75	50	1.03		
		2 1/2	9-0610-21	3.87	24	0.63	29	0.75	36	0.94	50	1.28		
		3	9-0612-21	3.25	24	0.75	29	0.90	37	1.13	51	1.56		
		12	9-0648-21	0.76	23	3.00	27	3.60	34	4.50	46	6.07		
		1/2	9/32	1	9-0804-21	16.5	41	0.25	50	0.30	62	0.38	82	0.50
				1 1/4	9-0805-21	12.9	40	0.31	49	0.38	61	0.47	82	0.63
				1 1/2	9-0806-21	10.9	41	0.38	49	0.45	61	0.56	86	0.78
				1 3/4	9-0807-21	9.2	40	0.44	48	0.53	60	0.66	84	0.91
2	9-0808-21			8.0	40	0.50	48	0.60	60	0.75	85	1.06		
2 1/2	9-0810-21			6.3	39	0.63	47	0.75	59	0.94	82	1.32		
3	9-0812-21			5.0	37	0.75	45	0.90	56	1.13	77	1.54		
3 1/2	9-0814-21			4.27	37	0.88	45	1.05	56	1.31	77	1.81		
12	9-0848-21			1.24	37	3.00	45	3.60	56	4.50	79	6.35		
5/8	11/32			1	9-1004-21	31.8	79	0.25	95	0.30	119	0.38	141	0.44
				1 1/4	9-1005-21	23.0	72	0.31	86	0.38	108	0.47	123	0.53
				1 1/2	9-1006-21	20.1	75	0.38	90	0.45	113	0.56	140	0.69
		1 3/4	9-1007-21	17.4	76	0.44	91	0.53	114	0.66	145	0.84		
		2	9-1008-21	15.4	77	0.50	92	0.60	115	0.75	151	0.99		
		2 1/2	9-1010-21	12.0	75	0.63	90	0.75	112	0.94	146	1.22		
		3	9-1012-21	10.1	76	0.75	91	0.90	114	1.13	153	1.51		
		3 1/2	9-1014-21	8.7	76	0.88	91	1.05	114	1.31	155	1.78		
		4	9-1016-21	7.6	76	1.00	91	1.20	113	1.50	154	2.04		
		12	9-1048-21	2.38	71	3.00	85	3.60	106	4.50	142	6.01		
		3/4	3/8	1	9-1204-21	51.5	129	0.25	155	0.30	193	0.38	208	0.40
				1 1/4	9-1205-21	38.9	122	0.31	146	0.38	182	0.47	198	0.51
1 1/2	9-1206-21			31.3	117	0.38	141	0.45	176	0.56	192	0.61		
1 3/4	9-1207-21			25.8	113	0.44	135	0.53	169	0.66	182	0.71		
2	9-1208-21			22.2	111	0.50	133	0.60	166	0.75	180	0.81		
2 1/2	9-1210-21			17.3	108	0.63	130	0.75	162	0.94	177	1.02		
3	9-1212-21			14.1	106	0.75	127	0.90	159	1.13	173	1.22		
3 1/2	9-1214-21			12.2	106	0.88	128	1.05	160	1.31	178	1.46		
4	9-1216-21			10.6	106	1.00	127	1.20	159	1.50	175	1.66		
4 1/2	9-1218-21			9.3	105	1.13	126	1.35	157	1.69	175	1.88		
5	9-1220-21			8.3	104	1.25	125	1.50	156	1.88	175	2.09		
5 1/2	9-1222-21			7.5	104	1.38	125	1.65	156	2.06	174	2.30		
6	9-1224-21	6.9	103	1.50	124	1.80	155	2.25	173	2.52				
12	9-1248-21	3.46	104	3.00	125	3.60	156	4.50	180	5.21				



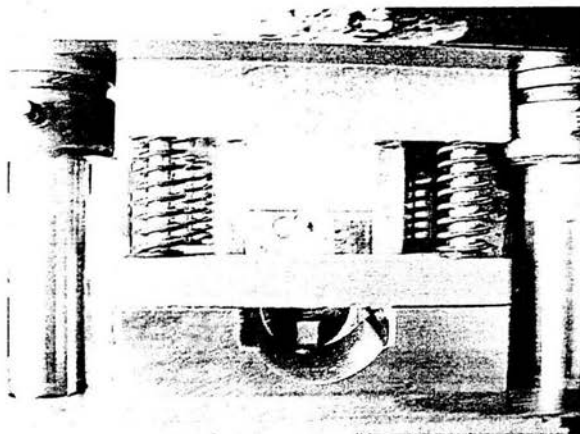
**APENDICE 3**  
**IMÁGENES DEL TROQUEL PROGRESIVO.**



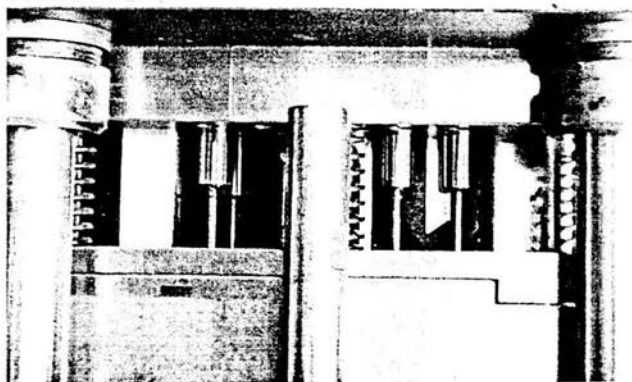
**Vista Inicial.**



**Vista Frontal.**



Vista lateral.



Vista posterior.