

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

SEDE – QUITO

FACULTAD DE INGENIERIAS

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
MECÁNICO

TEMA: “DISEÑO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN PARA ACCESORIOS  
DE GRIFERÍA DEL GRUPO F.V. Y CONSTRUCCIÓN DE LA MATRICERÍA  
DEL MODELO 406.19”

MÓDULO I

AUTORES:

Ibarra Salazar Xavier Felipe

Méndez Mera Patricio Xavier

Quinteros Basantes Vinicio Rodrigo

DIRECTOR: ING. OLGHER PEREZ

QUITO, OCTUBRE 2011

## AGRADECIMIENTO

*Es imprescindible destacar nuestro agradecimiento a Guillermo Castelnuovo Vicepresidente Industrial de F.V. Área Andina por ser el artífice para la materialización de la presente tesis.*

*V. Quinteros - P. Méndez – X. Ibarra*

*A Dios por darme la oportunidad*

*A mi esposa Tania por ser la inspiración*

*A mis hijos Mateo y Joaquín por ser la razón*

*A mis amigos Xavier y Patricio por ser el apoyo*

*A la vida porque pese a ser difícil e injusta nos da siempre la libertad de elegir.*

*V. Quinteros*

*Agradezco a Dios por ser mi guía, a mi madre por ser mi apoyo, a mi hermana por su forma particular de brindarme su ayuda; a mis amigos Xavier y Vinicio por compartir ser el complemento para el desarrollo y culminación de la presente tesis.*

*P. Méndez*

*Por sobre todo primero mi agradecimiento a mi Dios, pilar fundamental de mi vida*

*Al Ing. Olger Pérez quien fue nuestra guía en esta aventura*

*A mis Padres, a mis hermanos y especialmente a mi amada Esposa Nelly, a mis hijos Esteban, Sebastián, Gabriela y Dayana quienes han sido mi fortaleza para seguir siempre adelante; también a Patricio y Vinicio, amigos incondicionales en este sinuoso camino*

*X. Ibarra*

## DEDICATORIA

*A mis tres amores, Tany, Mateo y Joaquín.*

*Para que siempre recuerden que lo más importante es el hacer y no el ser.*

*V. Quinteros*

*A Mariana mi madre y a Ariannis mi hermana por darme fortaleza durante toda mi carrera.*

*P. Méndez*

*A mi Amada Nelly y a mis muñecas Gabriela y Dayana para que tengan presente que, “el querer es poder” no importa las adversidades.*

*X. Ibarra*

## **DECLARACION**

Nosotros, Ibarra Salazar Xavier Felipe, Méndez Mera Patricio Xavier y Quinteros Basantes Vinicio Rodrigo declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

---

IBARRA S. XAVIER

---

MÉNDEZ M. PATRICIO

---

QUINTEROS B. VINICIO

## CERTIFICADO

Yo Ing. Olger Pérez certifico que el presente trabajo ha sido realizado por los Señores **Xavier Felipe Ibarra Salazar, Patricio Xavier Méndez Mera y Vinicio Rodrigo Quinteros Basantes** como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

---

Ing. Olger Pérez

Asesor de Tesis

Fecha 26 de Agosto del 2011

## INDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>ii</b>
<b>DECLARACIÓN</b> .....	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iii</b>
<b>CERTIFICADO</b> .....	<b>v</b>
<b>INDICE GENERAL</b> .....	<b>i</b>
<b>INDICE DE ILUSTRACIONES</b> .....	<b>iii</b>
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	<b>iv</b>
<b>INDICE DE ANEXOS</b> .....	<b>v</b>
<b>TEMA DEL PROYECTO</b> .....	<b>1</b>
<b>I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>1</b>
<b>II. JUSTIFICACIÓN:</b> .....	<b>1</b>
<b>III. ALCANCE:</b> .....	<b>2</b>
<b>IV. OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>3</b>
<b>V. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b> .....	<b>4</b>
<b>TOMO I: DISEÑO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ACCESORIOS DE GRIFERÍA EN CHAPA</b> .....	<b>5</b>
<b>CAPITULO 1.- ANTECEDENTES</b> .....	<b>5</b>
1.1 La Empresa.....	5
1.2 Misión.....	6
1.3 Visión .....	6
1.4 Situación actual.....	6
<b>CAPITULO 2.- MARCO TEORICO</b> .....	<b>8</b>
2.1 Proceso.....	8
Concepto de proceso.....	8
2.2 Metodología .....	8
2.3 Formulación del problema.....	8

2.4	Análisis del problema .....	8
2.5	Búsqueda de soluciones posibles .....	9
2.6	Decisión .....	9
2.7	Especificación .....	10
2.8	Procesos de Manufactura .....	10
2.9	El diseño del Sistema Productivo:.....	11
2.10	Posibilidades del proceso.....	12
2.11	Diseño del proceso .....	22
<b>CAPÍTULO 3.- DESARROLLO DEL DISEÑO DEL PROCESO.....</b>		<b>44</b>
3.1	Situación actual.....	44
3.2	Restricciones.....	45
3.3	Selección del proceso de fabricación:.....	45
3.4	Producto a fabricar .....	47
3.5	Definición de tolerancias y especificaciones. ....	49
3.6	Selección del material .....	49
3.7	Selección de herramental.....	50
3.8	Análisis de operaciones .....	51
<b>CAPÍTULO 4.- RESULTADOS .....</b>		<b>87</b>
4.1	Selección del tipo de proceso .....	87
4.2	Flujo del proceso .....	88
4.3	Resumen de flujo .....	89
4.4	Diagrama de circulación.....	94
4.5	Control del proceso de fabricación .....	94
4.6	Costos .....	101
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>106</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>108</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>109</b>
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS .....</b>		<b>111</b>
<b>ANEXOS MODULO I.....</b>		<b>112</b>

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 “Clasificación de los procesos de manufactura” .....	11
Ilustración 2 “Componentes de un proyecto” .....	16
Ilustración 3 “Representación de producción por lotes” .....	18
Ilustración 4 “Representación de producción masiva” .....	20
Ilustración 5 “Plataforma de descarga FV Área Andina SA” .....	54
Ilustración 6 “Coche eléctrico capacidad máxima 1 t” .....	54
Ilustración 7 “Límite inferior prensa Denison” .....	59
Ilustración 8 Corte de blancos en prensa Denison.....	63
Ilustración 9 Coche eléctrico capacidad máxima 1 t en preparación troquel de embutido .....	68
Ilustración 10 “Límite inferior prensa Denison”.....	70
Ilustración 11 Coche eléctrico capacidad máxima 1 t en preparación troquel corte y conformado de hélice .....	73
Ilustración 12 “Límite inferior prensa Denison”.....	75
Ilustración 13 Embutido de blancos en fabricación de roseta semi-terminada .....	78
Ilustración 14 Corte y conformado de hélice .....	81
Ilustración 15 “Zonas de inspección frontales Roseta 406.19” .....	100
Ilustración 16 “Zonas de inspección posteriores roseta 406.19” .....	100
Ilustración 17 “Zonas de inspección roseta 406.19 cormada”.....	101



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 “Tecnologías de fabricación” .....	13
Tabla 2 “Materiales utilizados en la industria” .....	27
Tabla 3 “Formas de materiales disponibles en el mercado” .....	28
Tabla 4 “Propiedades mecánicas de algunos aceros inoxidable” .....	30
Tabla 5 “Propiedades mecánicas de algunas aleaciones de aluminio” .....	30
Tabla 6 “Propiedades mecánicas de algunas aleaciones de cobre” .....	31
Tabla 7 “Costo de fabricación roseta embutida por secciones” .....	102

## **INDICE DE ANEXOS**

ANEXO A.- RESTRICCIONES PROVEEDORES

ANEXO B.- LUBRICANTE SÓLIDO

ANEXO C.- CONJUNTO ESTÁNDAR DE SÍMBOLOS PARA DIAGRAMAS  
DE PROCESO SEGÚN ASME

ANEXO D.- DIAGRAMA DE CIRCULACION

ANEXO E.- LAYOUT

ANEXO F.- ETIQUETA DEL FLEJE

ANEXO G.- CERTIFICADO DEL MATERIAL

ANEXO H.- COTIZACIÓN DEL FLEJE

## **TEMA DEL PROYECTO**

Establecer el proceso de fabricación de accesorios de grifería del grupo F. V. y diseño de la matricería para la pieza 406.19.

### **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La empresa Franz Viegener F.V. Área Andina, empresa líder en la fabricación de porcelana y grifería sanitaria con los más altos estándares de calidad, la cual se encuentra ubicada en el sector industrial de Sangolquí al sur oriente de la ciudad de Quito Ecuador, a pesar de disponer de maquinaria moderna y amplias, no cuenta con un proceso propio para la fabricación de accesorios de grifería elaborados por procesos de conformado en frío de planchas metálicas.

Los accesorios de grifería sanitaria elaborados por conformado en frío de plancha metálica actualmente son fabricados por su filial ubicada en Argentina teniendo la empresa que realizar la correspondiente importación de los productos, la importación abarca costos tales como medios de transporte, tiempo de importación, aduanas, peritajes, aseguramiento de la mercadería; así también la posibilidad de producirse daños, deterioro, pérdida o sustracción de partes o piezas que a pesar de estar asegurada su cobertura no siempre es total sobre el valor de la misma productos. Adicionalmente si ésta no es entregada al consumidor final a tiempo se pierde la credibilidad y confianza del cliente permitiendo a las empresas competidoras satisfacer estas necesidades.

El satisfacer las necesidades del cliente al dotarle de un stock acorde al mercado con la calidad y garantía de Franz Viegener a F.V. Área Andina le representa cada día sentirse limitado por la no aplicación de estos procesos.

### **II. JUSTIFICACIÓN:**

F.V. Área Andina cuenta con la infraestructura y capacidad operativa para la realización de trabajos de conformado en frío de planchas metálicas la cual no se encuentra aprovechada en su totalidad; dando la posibilidad de

asignar el tiempo disponible para estas operaciones en dicha maquinaria y con la misma mano de obra disponible así como las instalaciones para la capacitación y actualización del personal.

El implementar el proceso de fabricación de accesorios de grifería elaborados por procesos de conformado en frío de planchas metálicas permite un mayor control sobre los costos del producto final así como una disminución en los plazos de entrega y espera. Se realizará un mejor manejo de inventario al eliminarse el condicionamiento de contar con stocks de reserva y de seguridad que disminuyen los costos de almacenamiento y transporte.

### **III. ALCANCE:**

- Determinar proceso de fabricación por conformado en frío de plancha metálica
  - Estudiar procesos industriales de conformado en frío para plancha metálica
  - Elaborar el layout del proceso de fabricación en serie del modelo 406.19 “roseta”
  - Desarrollar la descripción de las etapas del proceso
  - Desarrollar la descripción de las operaciones
- Diseñar una matriz de corte y embutido profundo para el modelo 406.19
  - Calcular las fuerzas
  - Dimensionar la prensa necesaria
  - Seleccionar los materiales para los componentes de la matriz
  - Seleccionar elementos normalizados
  - Elaborar Planos de conjunto
  - Elaborar Planos de cada elemento a construirse
  - Elaboración de hojas de procesos de fabricación para cada elemento
  - Elaborar programas para fabricación en máquinas CNC

- Fabricar una matriz de corte y embutido profundo
  - Fabricación de cada componente de la matriz del modelo 406.19 en las instalaciones de F.V. Área Andina.
  - Ensamblar el conjunto
  - Calibrar el conjunto
- Elaborar el presupuesto para la puesta en marcha de proceso:
  - i. Lista de materiales y costos de materiales
  - ii. Lista de insumos, costos de insumos
  - iii. Mano de obra tiempo empleado
  - iv. Tiempos de mecanizado y máquinas a emplearse
- Iniciar el proceso de fabricación en serie del modelo 406.19 “cubre agujero” por conformado en frío de plancha metálica.
- Realizar un protocolo de pruebas del proceso de fabricación por conformado en frío de plancha metálica
  - Elaborar el layout definitivo del proceso de trabajo
  - Elaborar las de hojas definitivas del procesos de trabajo
  - Probar la matriz

#### **IV. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar el proceso de fabricación de accesorios de grifería sanitaria por conformado en frío de chapa metálica por medio del diseño y construcción de un troquel para corte y embutido profundo en plancha de latón del para el modelo 406.19 “cubre agujero” en Franz Viegner F.V. Área Andina.

## V. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Definir la alternativa de construcción de la roseta 406.19 bajo los parámetros definidos por FV Área Andina S.A.
- Seleccionar la configuración de planta y el tipo de proceso productivo para la fabricación de piezas fabricadas con el proceso de conformado de chapa
- Diseñar la matricería necesaria para la construcción de la roseta 406.19 como ejemplo de aplicación práctica que deje sentado bases para la fabricación de productos similares que se adapten a éste tipo de proceso.
- Establecer el proceso productivo y la fabricación de roseta 406.19 en las instalaciones de FV Área Andina S.A.
- Determinar el costo final de la roseta en el proceso de fabricación local y el beneficio económico que representa para la empresa FV Área Andina SA considerando fabricación local vs importación.
- Determinar la secuencia óptima de trabajo para el proceso de en serie del modelo 406.19 “cubre agujero” por conformado en frio de chapa metálica al elaborar una layout del proceso de fabricación y las correspondientes hojas de proceso de fabricación del modelo 406.19 “cubre agujero” en concordancia con las instalaciones, maquinaria y mano de obra con que cuenta la empresa.
- Iniciar la fabricación en serie del modelo 406.19 “cubre agujero” por conformado en frio de chapa metálica con la maquinaria existente en la fábrica conforme al layout elaborado y las hojas de proceso de fabricación propias del modelo.
- Realizar un análisis costo beneficio de la inicialización del proceso de fabricación en serie del modelo 406.19 “cubre agujero”.

# **MÓDULO I: DISEÑO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ACCESORIOS DE GRIFERÍA EN CHAPA DE LATÓN**

## **CAPITULO 1.- ANTECEDENTES**

### **1.1 La empresa**

FV AREA ANDINA SA División Grifería dedicada a la fabricación de grifería y accesorios para baño

En la segunda mitad del siglo XIX, se fundó en Attendorn, Alemania, la firma Franz Viegener II, adoptando las iniciales “FV” como marca de sus productos.

En 1920, Francisco Viegener hijo funda en Argentina la firma FV SA para la fabricación y comercialización de grifería sanitaria, que recibe desde su inicio un fuerte apoyo de la empresa alemana.

En el año de 1949, Franz Josef Viegener, asume en la Argentina la dirección técnica de la compañía, cargo que hasta entonces desempeñaba en Franz Viegener II en Alemania.

Su aporte sería fundamental en el establecimiento en 1977 de Ecuacobre FV SA en la ciudad de Quito – Ecuador.

FV se ha consolidado como un grupo empresario que exporta sus productos a los principales mercados del mundo, estando en constante crecimiento mediante la constitución y compra de diversas compañías entre las que podemos mencionar:

1977 - Ecuador: Ecuacobre FV. S.A.

1980 - Brasil: Docol Ltda.

1985 – Ferrum S.A.

1991 - FV América.

## **1.2 Misión**

*Es la satisfacción de las necesidades y expectativas de comodidad y bienestar con productos para baño de alta tecnología, excelente calidad, diseño y confiabilidad dentro de un marco de valores éticos, buscando la retribución y beneficio de la sociedad, nuestro personal y los accionistas.*

## **1.3 Visión**

*Nos vemos como la empresa líder en el mercado andino, fortaleciendo el posicionamiento de nuestra marca FV – Franz Viegener como una de las mejores del mundo en el presente milenio.*

## **1.4 Situación actual**

Actualmente las partes y piezas componentes de grifería que tiene como origen chapa de latón, son importadas debido a que no se tiene implementado éste tipo de proceso de fabricación en FV Área Andina S.A.

Para efecto de determinar el análisis del ejemplo práctico a aplicarse se tomaran los datos de la roseta 406.19. Los efectos del esquema actual de importación son los siguientes:

Incremento en los volúmenes de inventarios pues es necesario en función del lead time del proveedor almacenar al menos 5 meses de stock.

Stock mínimo actual: 8100 unidades<sup>1</sup>

Incremento en costos de la pieza terminada al no ser fabricantes directos.

Precio de compra FV Argentina: USD 1.07.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Datos Planificación y control de la producción FV Área Andina SA 2011/06/23



Se incrementa el tiempo que transcurre desde que se inicia el proceso de producción del producto en Argentina hasta que se completa, incluido el tiempo requerido para entregar ese producto al cliente FV Área Andina SA.

Lead Time FV Argentina: 5 meses<sup>3</sup>

---

*2 Datos Planificación y control de la producción FV Área Andina SA 2011/06/23*

*3 Datos Planificación y control de la producción FV Área Andina SA 2011/06/23*

## **CAPITULO 2.- MARCO TEORICO**

### **2.1 Proceso**

#### **Concepto de proceso**

La forma más básica de referirse a un proceso es definirlo como el conjunto de actividades que recibe uno o más insumos y crea un producto.

“Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados”<sup>4</sup>

### **2.2 Metodología**

#### **METODO DE DISEÑO DE KRICK<sup>5</sup>**

Los pasos que, según este autor, debe contener el proceso de diseño, son los siguientes:

### **2.3 Formulación del problema**

El problema de que se trate se define en forma amplia y sin detalles. Los objetivos principales de la formulación de un problema son definir en términos generales en que consiste, determinar si merece nuestra atención y obtener una buena perspectiva del problema cuando sea más oportuno y fácil hacerlo.

### **2.4 Análisis del problema**

En esta etapa se le define con todo detalle. Los puntos que debe contener el análisis del problema, son:

- a. Estados "A" y "B". Variables de entrada y salida de la solución.

---

<sup>4</sup> ISO 9001:2008

<sup>5</sup> <http://www.ingenieria.unam.mx>

- b. Restricciones. Son características de una solución que se fijan previamente por una decisión y tiene que cumplir la solución de un problema.
- c. Variables de solución. Son las formas en que pueden diferir las soluciones.
- d. Criterios. Son normas de preferencia para seleccionar entre varias soluciones.
- e. Utilización. Grado en que ha de emplearse la solución.
- f. Volumen de producción. Es el número de unidades a producirse de la solución.

## **2.5 Búsqueda de soluciones posibles**

Es la fase del proceso de diseño en que se buscan activamente las soluciones posibles promedio de la investigación; en la mente, en la literatura técnica y científica, y en el mundo que nos rodea. Hay una segunda gran fuente de soluciones: las propias ideas, que son producto del proceso mental llamado invención.

## **2.6 Decisión**

Todas las alternativas se evalúan, comparan y seleccionan hasta que se obtiene la solución óptima. Inicialmente las soluciones elegibles se expresan sólo en términos generales. Después que hayan sido eliminadas las alternativas obviamente deficientes o de inferior calidad, con frecuencia con procedimientos de evaluación relativamente rápidos y burdos, se añaden más detalles a las posibilidades restantes, las que se evaluarán mediante métodos más refinados.

## **2.7 Especificación**

La solución elegida se expone por escrito detalladamente. Los datos de salida de esta fase consisten usualmente de dibujos del proyecto, un informe escrito y, posiblemente, un modelo físico o icónico tridimensional. Los primeros de estos medios de comunicación, que se llaman a menudo "los planos", simplemente son dibujos de la solución cuidadosamente realizados, detallados y acotados.

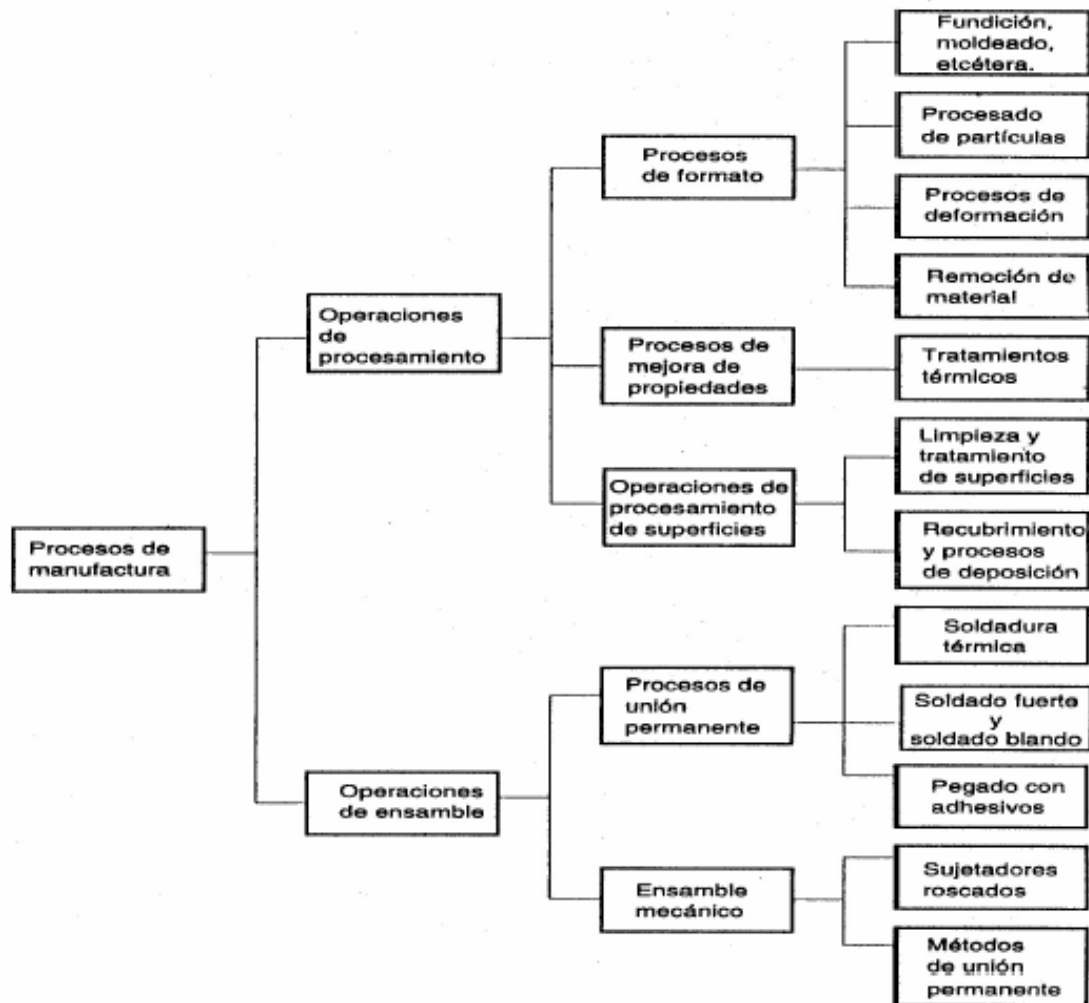
El segundo medio, el informe técnico, suele ser un documento bastante formal que describe la propuesta con palabras, diagramas y croquis. Este informe, también describe el funcionamiento de la solución y proporciona una evaluación cabal de ella.

## **2.8 Procesos de Manufactura**

Los procesos de manufactura pueden dividirse en dos tipos básicos:

- 1) Operaciones de proceso.
- 2) Operaciones de ensamble.

Una operación de proceso transforma un material de trabajo de una etapa a otra más avanzada, que lo sitúa cerca del estado final deseado para el producto



*Ilustración 1 “Clasificación de los procesos de manufactura”<sup>6</sup>*

## 2.9 El diseño del Sistema Productivo:

Si se quiere lograr el objetivo de optimizar la calidad de los productos que elabora la empresa, es un requisito obligatorio tomar decisiones adecuadas en relación con las bases del diseño de los procesos, la planificación de éstos, y la elección de las alternativas tecnológicas correctas.

Los elementos resultantes de la actividad de diseño del sistema productivo deberán de ser organizados especialmente de la forma más idónea, es decir una adecuada Distribución de Planta.

<sup>6</sup> *Manufacturing processes reference guide* Escrito por Robert H. Todd, Dell K. Allen, Leo Alting

La Planificación de los Procesos:

- Determina cómo se ha de producir un producto.
- Convierte los diseños en instrucciones realizables desde la perspectiva de la manufactura.
- Decide que componentes se elaborarán en la empresa y cuáles serán comprados a proveedores externos.
- Selecciona los procesos y los equipos específicos, y desarrolla y documenta las especificaciones para fabricación.
- Facilita las decisiones en cuanto a la selección de la tecnología

La elección de un proceso de manufactura queda determinada por diversas consideraciones. Algunas de éstas son: las características y propiedades del material de la pieza; la forma, tamaño y espesor de la parte; los requerimientos en la tolerancia dimensional y el acabado superficial; los requerimientos de funcionamiento de la pieza; el volumen (cantidad) de producción; el nivel de automatización requerido para cumplir con el volumen y la rapidez de producción; los costos en los que se incurre en los aspectos individuales y combinados del proceso de manufactura.

## **2.10 Posibilidades del proceso**

Cada proceso de manufactura posee ventajas y limitaciones. Por ejemplo, la fundición y el moldeo por inyección pueden producir, en general, formas más complejas que el forjado y la metalurgia de polvos, porque el metal o el plástico fundidos pueden llenar cavidades complicadas de matrices o moldes. Por otro lado, las piezas forjadas se pueden fabricar con formas complejas, en general con operaciones posteriores de maquinado y acabado, y tienen una tenacidad que suele ser mejor que las de las piezas fundidas o de pulvimetalurgia.

Recuérdese que la forma de un producto puede ser tal que lo mejor sea fabricarlo a partir de varias piezas, uniéndolas con sujetadores o con técnicas como latonado, soldado y pegado. Lo inverso puede ser lo válido para otros productos es decir fabricarlo de una sola pieza puede ser más económico, por los grandes costos de armado que habría. Otros factores que se deben considerar en la selección del proceso son el tamaño y dimensiones mínimos de sección que se pueden producir en forma satisfactoria. Por ejemplo, con laminado en frío se pueden producir secciones muy delgadas, pero con los procesos como la fundición en arena o forjado no se pueden obtener secciones delgadas.

Los principales procesos de manufactura se detallaran en el siguiente cuadro.

<b>Tecnologías de Fabricación</b>				
<b>Por eliminación de material</b>	<b>Por fusión y moldeo</b>	<b>Por deformación</b>	<b>Por soldadura</b>	<b>Por sinterizado</b>
Arranque de viruta	Moldeado en arena	Forja libre o con estampa	Soldadura eléctrica	Compresión axial
Mecanizados por medios no convencionales	Moldeado en coquilla	Laminación	Soldadura con gas	Compactación isostática
	Moldeado bajo presión	Extrusión	Soldadura por medios no convencionales	Extrusión y laminación
		Estirado	Unión por abrasivos	
		Conformado de chapas		

**Tabla 1 “Tecnologías de fabricación”<sup>7</sup>**

<sup>7</sup> ASM International Handbook Committee , *Metals Hand Book Desk Edition 2001*, Segunda Edición, Primera Impresión (Diciembre 1998), United States Of America: Editorial ASM International ISBN 0-87170-654-7, p 298-299

### **2.10.1 Volumen de producción**

La cantidad de producción desempeña un papel importante en la selección del proceso y del equipo. De hecho, se dedica todo un campo de la manufactura a determinar en forma matemática la cantidad óptima de producción: se trata de la cantidad económica de pedido.

### **2.10.2 Tasa de producción**

Un factor importante para seleccionar el proceso de manufactura es la tasa de producción; ésta se define como la cantidad de piezas que se deben producir por unidad de tiempo. Los procesos como la metalurgia de polvos, fundición en dados, embutido profundo, estirado y laminado son operaciones de gran tasa de producción. Por el contrario, la fundición en arena, el maquinado convencional y electroquímico, el rechazado, el conformado superplástico y el pegado adhesivo y por difusión, así como el procesamiento de plásticos reforzados, son operaciones relativamente lentas.

### **2.10.3 Tiempo de inicio**

La selección de un proceso de manufactura está muy influida por el tiempo necesario para iniciar la producción, que se denomina tiempo de inicio. Procesos como la forja, fundición, laminado y moldeo de lámina suelen requerir muchos y costosos dados y herramientas.

Por el contrario, los procesos de maquinado y rectificado tienen, en general, una mayor flexibilidad incorporada y usan herramientas que se pueden adaptar a la mayor parte de los requerimientos en un tiempo relativamente corto.

### **2.10.4 Tipos de procesos productivos**

Tradicionalmente, los tipos de procesos productivos se han dividido en cuatro categorías:



- Los Proyectos.
- La producción por lotes.
- La producción Masiva.
- La producción Continua.

Adicional a ésta clasificación los procesos productivos se clasifican también por el tipo de servicio al cliente en:

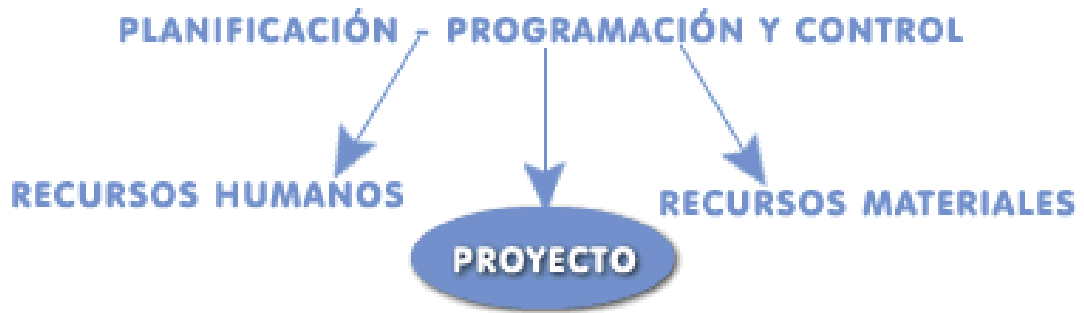
- Fabricación para inventarios
- Fabricación para surtir pedidos

### **Los Proyectos:**

#### *Características:*

- Necesitan períodos de tiempo largos para completarse.
- Implican grandes inversiones de fondos y recursos.
- Producen un solo objeto cada vez por encargo del cliente.
- Implican el uso de tecnología de punta, la participación de equipos y un estrecho contacto con el cliente.

Como ejemplos de proyectos tenemos la construcción de máquinas, el desarrollo de nuevos productos, la fabricación de herramientas y equipos.



*Ilustración 2 “Componentes de un proyecto”<sup>8</sup>*

*Desventajas:*

- Extensa duración de los procesos, durante la cual pueden cambiar las preferencias de los clientes.
- La tecnología y los costes.
- Las grandes inversiones.
- Los bruscos cambios en requerimientos de recursos a medida que comienzan los nuevos proyectos o se concluyen los antiguos.
- La lentitud en la acumulación de experiencia, como consecuencia de la naturaleza no repetitiva del trabajo.
- La dependencia de la industria de una base de clientes muy reducida.

**La Producción por Lotes:**

Consiste en la realización simultánea de muchos encargos diferentes a través del proceso de producción, en grupos o lotes de productos. También se conoce como Producción Intermitente o Producción por Talleres.

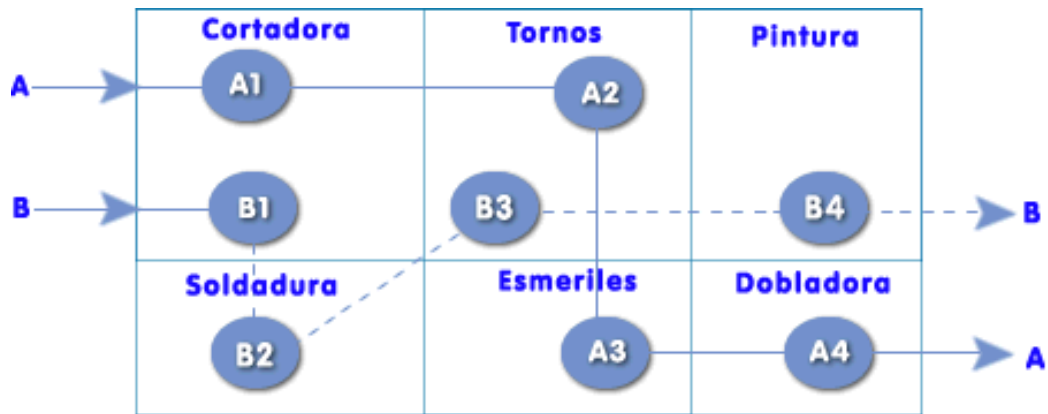
---

<sup>8</sup> <http://www.ingenieria.unam.mx>

*Características:*

- Los productos se elaboran por encargo del cliente.
- El volumen de operación (en términos de tamaño de los pedidos de los clientes) es reducido.
- La demanda fluctúa fuertemente.
- Para permitir una gama amplia de productos, la maquinaria que se utiliza tiende a ser de uso general y los trabajadores altamente calificados.
- La mayoría de las operaciones relacionadas con la producción por lotes implican fabricación más que ensamblado.
- Los lotes se envían a través del sistema productivo sobre la base de sus requerimientos de procesamiento, de modo que todos los lotes que requieren trabajos de pulido son enviados a un lugar, todos los que requieren pintado a otro, y así sucesivamente. Esto implica que un lote puede atravesar muchos talleres antes de ser completado.
- Si se trazara el flujo de pedido de un cliente particular a través del sistema se observarían multitud de detenciones e inicios, a medida que los lotes hacen cola ante distintos talleres, esperando a ser procesados. Así, el trabajo sobre un producto particular no es continuo, sino intermitente.

Como ejemplos de producción por lotes tenemos la fabricación de maquinaria, la panadería, etc.



*Ilustración 3 “Representación de producción por lotes”<sup>9</sup>*

*Ventajas:*

- Su flexibilidad.
- La especialidad del producto.
- La reputación de la calidad que se desprende de esta especialidad.

*Desventajas:*

- El elevado nivel de los costes unitarios de producción.
- Los cambios frecuentes en la cartera de productos.
- La complejidad de los problemas de programación de la producción.
- Las fuertes variaciones en los requerimientos de capacidad.
- El ritmo lento de fabricación.

<sup>9</sup> <http://www.ingenieria.unam.mx>

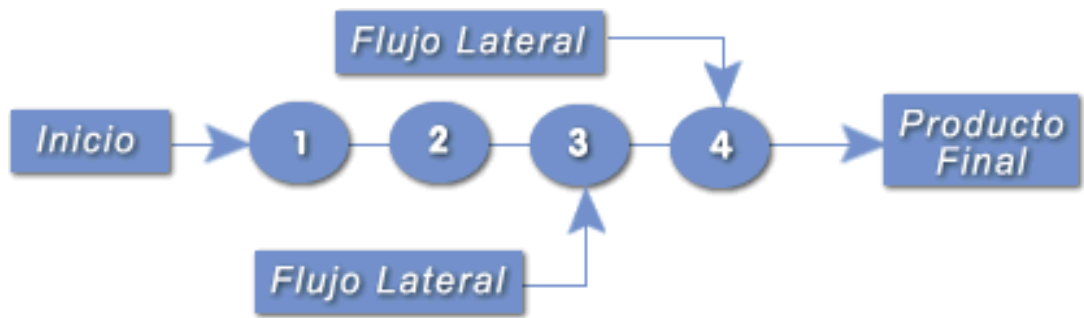
## **La Producción Masiva:**

Se centra en producir *grandes cantidades de un producto estándar, dirigido a un mercado de masas.*

### Características:

- La demanda del producto es estable, y el volumen de producción es elevado.
- Debido a la estabilidad y magnitud de la demanda, el sistema productivo puede permitirse dedicar equipos concretos a la elaboración de un producto particular.
- Este tipo de sistemas tienden a ser intensivos en capital, con maquinaria muy especializada y operarios poco calificados.
- La producción masiva se asocia normalmente con las líneas de flujo o cadenas de montaje. La idea de flujo describe como un producto se mueve a través del sistema productivo desde una estación de trabajo a la siguiente en el orden de los requerimientos específicos de procesamiento para cada producto particular (la producción por lotes no puede ser organizada de este modo porque los requerimientos de procesamiento son diferentes para cada encargo de los clientes).
- El término cadena de montaje es revelador respecto al modo en que se estructuran normalmente los procesos de tipo masivo, es decir, que la mayoría de las operaciones que requieren ensamblaje se organizan en forma lineal.

Como ejemplos de producción masiva tenemos los automóviles, la comida rápida, los ordenadores personales, los televisores y la mayoría de los bienes de consumo.



**Ilustración 4 “Representación de producción masiva”<sup>10</sup>**

**Ventajas:**

- Su eficiencia.
- El bajo coste unitario de producción.
- La facilidad para la fabricación y su control.
- La velocidad de producción.

**Desventajas:**

- El elevado coste de los equipos.
- La infrutilización de los recursos humanos.
- La dificultad para adaptarse a los cambios en la demanda.
- Tecnología o diseño de los productos.
- Falta de capacidad de respuesta ante las necesidades de los clientes individuales.

---

<sup>10</sup> <http://www.ingenieria.unam.mx>

## **Los Procesos Continuos:**

Los Procesos Continuos se usan para la fabricación de volúmenes muy elevados de mercancías extremadamente estandarizadas.

### Características:

- El sistema está muy automatizado (el papel de los operarios se limita a supervisar el trabajo de las máquinas), y normalmente opera de forma permanente o continua 24 horas al día.
- El resultado del proceso productivo también es de naturaleza continua, no discreta, lo que significa que las unidades de producto, más que ser contadas, se miden.
- Entre los ejemplos de producción continua tenemos el refinamiento de aceite, el tratamiento de aguas, los productos químicos, la pintura o los alimentos. Las empresas que operan de este modo son llamadas a menudo industrias de procesamiento.

### *Ventajas:*

- Su eficiencia.
- La simplicidad del control.
- Su enorme capacidad.

### *Desventajas:*

- La enorme inversión necesaria en plantas y equipos.
- La limitada variedad de los objetos que pueden ser sometidos a procesamiento.

- La incapacidad para adaptarse a los cambios en el volumen de las operaciones.
- El coste de corregir los errores en la producción. Las dificultades para mantener el ritmo de los avances tecnológicos <sup>11</sup>

## **2.11 Diseño del proceso**

### **2.11.1 Situación actual**

Actualmente las partes y piezas componentes de grifería que tiene como origen chapa de latón, son importadas debido a que no se tiene implementado éste tipo de proceso de fabricación en FV Área Andina S.A.

Para efecto de determinar el análisis del ejemplo práctico a aplicarse se tomaran los datos de la roseta 406.19. Los efectos del esquema actual de importación son los siguientes:

- Incremento en los volúmenes de inventarios pues es necesario en función del lead time del proveedor almacenar al menos 5 meses de stock.
- Stock mínimo actual: 8100 unidades<sup>12</sup>
- Incremento en costos de la pieza terminada al no ser fabricantes directos.
- Precio de compra FV Argentina: USD 1.04.<sup>13</sup>
- Se incrementa el tiempo que transcurre desde que se inicia el proceso de producción del producto en Argentina hasta que se completa,

---

<sup>11</sup> <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4100002/lecciones/taxonomia/sistemaproductivo.htm>

<sup>12</sup> Datos Planificación y control de la producción FV Área Andina SA 2011/06/23

<sup>13</sup> Datos Planificación y control de la producción FV Área Andina SA 2011/06/23



incluido el tiempo requerido para entregar ese producto al cliente FV  
Área Andina SA.

- Lead Time FV Argentina: 5 meses<sup>14</sup>

### **2.11.2 Análisis de la operación**

Un procedimiento general de análisis consiste en someter a un interrogatorio cada una de las actividades.

¿Qué se hace?

¿Se justifica?

¿Podría eliminarse?

¿Podría combinarse?

¿Podría cambiarse su secuencia?

¿Podría simplificarse?

¿Quién lo hace?

¿Por qué lo hace esa persona?

¿Quiénes más podrían hacerlo?

¿Quién debería hacerlo?

¿Cómo lo hace?:

¿Por qué se hace de esa manera?

¿De qué otras formas o maneras podrían realizarse?

¿De qué manera debería de realizarse?

¿Dónde lo hace?:

¿Por qué se hace en ese lugar?

¿En qué otros lugares podría realizarse?

¿En dónde debería de hacerse?

---

<sup>14</sup> Datos Planificación y control de la producción FV Área Andina SA 2011/06/23

- ¿Cuándo lo hace?:
- ¿Por qué se hace entonces?
- ¿En qué otro momento podría hacerse?
- ¿Cuándo debería hacerse?

Al someter cada una de las actividades de un proceso a la técnica del interrogatorio, se llega en la mayoría de los casos a mejoras sorprendentes, debido a que es sistemático, no deja por fuera ningún aspecto relevante, logrando mejoras integrales del proceso o actividad en estudio

### **2.11.3 Propósito de la operación**

El propósito de una operación es formular una manera de obtener los mismos resultados o mejores sin costo adicional. La regla elemental es tratar de eliminar o combinar una operación antes de intentar mejorarla.

En la actualidad se lleva a cabo mucho trabajo innecesario. Las tareas no deben simplificarse o mejorarse sino, eliminarse por completo. Las operaciones innecesarias a menudo aparecen por el desempeño inadecuado de la operación anterior lo que obliga a la implementación de tareas extras que cubran éstas deficiencias.

### **2.11.4 Diseño de partes**

El diseño determina cuando un producto ha de satisfacer las necesidades del cliente siendo éste factor de mayor importancia incluso que el costo. Los diseños no son permanentes y pueden ser cambiados. Es necesario investigar el diseño actual para ver si éste puede ser cambiado con el objeto de reducir el costo de manufactura sin afectar la utilidad del producto.

Es indispensable buscar todas las mejoras posibles tomando en cuenta los siguientes puntos:

- Simplificar los diseños para reducir el número de partes.
- Reducir el número de operaciones y distancias.
- Utilizar mejores materiales.
- Liberar tolerancias y apoyar la exactitud en la operación clave.
- Diseñar para la clasificación y el ensamble.<sup>15</sup>

### 2.11.5 Tolerancias y especificaciones

Cuanto más cerrada sea la tolerancia dimensional requerida, el costo de la manufactura será mayor; además, mientras más fino sea el acabado superficial requerido, el tiempo de manufactura será mayor, y también lo será el costo del producto. A menos que se requiera específicamente de otra forma por medio de una justificación técnica y económica adecuada, las piezas deben hacerse con un acabado superficial áspero y en una tolerancia amplia que resulte funcional y estéticamente aceptable.

### 2.11.6 Material

Los tipos generales de materiales empleados hoy en día en la manufactura

Son los siguientes:

- Metales ferrosos: aceros al carbono y aleados, acero inoxidable, aceros para herramientas y dados.
- Metales no ferrosos: aluminio, magnesio, cobre, níquel, titanio, super aleaciones, metales refractarios, berilio, circonio, aleaciones de bajo punto de fusión y metales preciosos.
- Plásticos: termoplásticos, plásticos termoestables y elastómeros.

---

<sup>15</sup> NIEBEL, Ingeniería Industrial, 11va Edición. Editorial Alfa omega

- Cerámicas: cerámicas vitrificadas, vidrios, grafitos, diamante y otros materiales semejantes a este último.
- Composites: plásticos reforzados, matriz de metal y matriz de cerámica.

Algunas veces, a éstos se les denomina también materiales de ingeniería.

- Materiales especiales: nano materiales, aleaciones con memoria de forma, aleaciones amorfas, superconductores y otros materiales diversos con propiedades únicas.

### **Propiedades de los materiales**

Al seleccionar los materiales para los productos primero se consideran sus propiedades mecánicas resistencia, tenacidad, ductilidad, dureza, elasticidad, fatiga y fluencia. Las relaciones entre resistencia y peso y entre rigidez y peso también son importantes, particularmente en aplicaciones aeroespaciales y automotrices. El aluminio, el titanio y los plásticos reforzados, por ejemplo, tienen relaciones de este tipo más elevadas que los aceros y los hierros fundidos. Las propiedades mecánicas deben valorarse considerando las condiciones específicas en las que el producto deberá funcionar.

En éste proceso de selección es importante tener en cuenta las propiedades físicas de los materiales como calor específico, dilatación y conductividad térmica, punto de fusión y propiedades eléctricas y magnéticas. Las propiedades químicas también desempeñan un papel significativo, tanto en entornos hostiles como normales. La oxidación, la corrosión, la degradación general de las propiedades, toxicidad e inflamabilidad están entre los factores que deben considerarse.

Por último, las propiedades de manufactura de los materiales determinan si

pueden ser fundidos, formados, maquinados, soldados o sujetos a tratamiento térmico con relativa facilidad.

Si no hay disponibles materias primas procesadas o componentes manufacturados en la forma, dimensión y calidad deseadas, se hará necesario recurrir a sustitutos y/o al procesamiento adicional; éstos pueden contribuir de manera significativa al costo del producto. A menudo, un diseño de producto se puede modificar para aprovechar las dimensiones estándar de las materias primas, y por tanto evitar los costos de manufactura adicionales.

En la disponibilidad de las materias primas hay que considerar especialmente la fiabilidad de su suministro. La mayor parte de los países importan numerosas materias primas esenciales para su producción. Estados Unidos, por ejemplo, importa la mayor parte de los volúmenes que emplea de materias primas como el hule natural, diamante, cobalto, titanio, cromo, aluminio y níquel.<sup>16</sup>

Material	Producción mundial. (Tn *10 <sup>6</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen producido mundial. (m <sup>3</sup> * 10 <sup>6</sup> )	Coste relativo
Acero y fundición	768	7900	97	1
Aluminio	18	2700	6,7	3
Cobre	11	8900	1,2	5
Cinc	7	7100	1	4
Plomo	5	11300	0,41	3
Níquel	0,7	8900	0,08	10
Magnesio	0,4	1700	0,23	8
Tin	0,3	5800	0,05	20
Titanio	0,1	4500	0,02	26
Polímeros	85	900-2200	56	(Depende tipo)

**Tabla 2 “Materiales utilizados en la industria”<sup>17</sup>**

<sup>16</sup> Apuntes preparados a partir de Serope Kalpakjian y Steven R. Schmid: *Manufactura, ingeniería y tecnología*. México, 2002: Pearson Educación. Los apuntes corresponden a la asignatura homónima del Plan de Estudios de 2001 de Ingeniería Industrial de la uned. <https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2007/1/ME58A/1/material.../132>

<sup>17</sup> [http://www.sitenordeste.com/mecanica/intro\\_tecnomecanica.htm](http://www.sitenordeste.com/mecanica/intro_tecnomecanica.htm)

MATERIAL	FORMAS DE MATERIALES DISPONIBLES EN EL COMERCIO
Aluminio	P, F, B, T, W, S, I
Cobre y Latón	P, f, B, T, W, s, I
Magnesio	P, B, T, w, S, I
Aceros y aceros inoxidable	P, B, T, W, S, I
Metales preciosos	P, F, B, t, W, I
Zinc	P, F, D, W, I
Plásticos	P, f, B, T, w
Elastómeros	P, b, T
Cerámicas (alúmina)	P, B, T, s
Vidrio	P, B, T, W, s
Grafito	P, B, T, W, s

*Nota:* P: placa o lámina; F: hoja; B: barra; T: tubo; W: alambre; S: perfil estructural; i: lingotes para fundición. Las letras minúsculas indican disponibilidad limitada. La mayor parte de estos materiales también se consiguen en forma de polvo.

**Tabla 3 “Formas de materiales disponibles en el mercado”<sup>18</sup>**

### Selección del material

Hay muchos materiales que pueden ser utilizados para proceso de embutición entre los cuales se encuentra el acero inoxidable, aluminio, latón y acero laminado en frío. El único requerimiento es que el metal sea maleable permitiendo que la pieza sea forzada a su nueva forma sin sufrir demasiado daño que pueda resultar en fisuras durante el proceso.<sup>19</sup>

Para la evaluación del potencial de conformado de cualquier material es necesario comprender sus propiedades mecánicas. Los criterios de evaluación mecánica más utilizados son los siguientes:

- **Resistencia.-** grado de resistencia de un material a la deformación. En función de diversas consideraciones estructurales, la deformación puede definirse como:

<sup>18</sup> ALVAREZ ALEJANDRO, *Diseño de un alimentador automático de cospeles*. IPN México, Tesis Robótica Industrial

<sup>19</sup> <http://www.deepdrawnenclosures.com/>

- Fluencia o deformación plástica permanente.- (de aquí se deriva “límite elástico”  $R_p$ ),
- Rotura.- (de ésta se deriva “resistencia a la tracción  $R_m$ )
- Dureza.- grado de resistencia a la penetración permanente causada por una carga aplicada.
- Tenacidad.- capacidad de absorber energía de deformación antes de que se produzca la rotura.
- Ductilidad.- capacidad de deformarse plásticamente sin romperse.
- LDR.- (limiting drawing ratio) La Relación de Límite de Embutibilidad hace referencia al cociente del diámetro máximo de la chapa (D) que puede embutirse en un cilindro en un solo paso y el diámetro (d) de ese cilindro.

LDR inoxidable= 1,8 a 2

LDR latón= 2.10

LDR aluminio= 1,8

Grado	Número UNS	Estructura de la Matriz	Propiedades Mecánicas		
			Resistencia a la tracción (psi x 10 <sup>3</sup> (MPa))	Límite elástico (psi x 10 <sup>3</sup> (MPa))	Ductilidad (%El en 2pulg.)
Fundición Gris					
SAE G250	F10005	Perlita+ Ferrita	25(173)	-	-
SAE G4000	F10008	Perlita+ Ferrita	40(276)	-	-
Fundición Dúctil					
ASTM A536 60-40-18	F32800	Ferrita	60(144)	40(276)	18
100-70-03 1	F34800	Perlita	100(690)	70(483)	3
20-90-02	F36200	Martensita templada	120(828)	90(621)	2
Fundición Maleable					
32510	F22200	Ferrita	50(345)	32(224)	10
45006		Ferrita + perlita	65(448)	45(310)	6

Fuente: CALLISTER William. *Introd. a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. p. 373

**Tabla 4 “Propiedades mecánicas de algunos aceros inoxidables”<sup>20</sup>**

Número de la Aluminum Association	Número UNS	Condición	Propiedades mecánicas		
			Resistencia a la tracción (psi x 10 <sup>3</sup> (MPa))	Límite elástico (psi x 10 <sup>3</sup> (MPa))	Ductilidad (%El en 2pulg)
<b>Aleaciones forjadas no tratables térmicamente</b>					
1100	A91100	Recocido	13(90)	5(34)	35
3003	A93003	Recocido	16(110)	6(42)	30
5052	A95052	Recocido	28(195)	13(90)	25
<b>Aleaciones forjadas tratables térmicamente</b>					
2014	A92014	Tratamiento térmico	70(485)	60(415)	13
6061	A96061	Tratamiento térmico	45(310)	40(275)	12
7075	A97075	Tratamiento térmico	83(580)	73(505)	11
<b>Aleaciones fundidas tratables térmicamente</b>					
295.0	A02950	Tratamiento térmico	36(250)	24(165)	5
356.0	A03560	Tratamiento térmico	33(230)	24(165)	4

Fuente: CALLISTER William. *Introd. a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. p. 379

**Tabla 5 “Propiedades mecánicas de algunas aleaciones de aluminio”<sup>21</sup>**

<sup>20</sup> Callister William, *Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales*, p. 373

<sup>21</sup> *Ibid.*, p. 379



Nombre de la aleación	Número UNS	Condición	Propiedades mecánicas		
			Resistencia a la tracción (psi x 10 <sup>3</sup> (MPa))	Límite elástico (psi x 10 <sup>3</sup> (MPa))	Ductilidad (%El en 2pulg.)
<b>Aleaciones forjadas</b>					
Cobre al berilo	C17200	Recocido	68(470)	25(172)	48
		Endurecimiento por precipitación	165(1140)	145(1000)	7
Latón de cartuchería	C26000	Recocido	44(303)	11(76)	66
Bronce fosforoso, 5% A	C51000	Recocido	47(324)	19(131)	64
Cobre al níquel, 30%	C71500	Recocido	54(372)	20(138)	45
<b>Aleaciones fundidas</b>					
Latón ordinario con plomo	C85400	Moldeada	34(234)	12(83)	35
Bronce estañado	C90500	Moldeada	45(310)	22(152)	25
Bronce al aluminio	C95400	Moldeada	85(586)	35(241)	18

*Fuente: CALLISTER William. Introd. a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales. p. 377*

**Tabla 6 “Propiedades mecánicas de algunas aleaciones de cobre”<sup>22</sup>**

## 2.11.7 Secuencia y procesos de manufactura

### El proceso de embutición profunda

El embutido es un proceso tecnológico de fabricación de piezas en forma de recipiente, es un proceso de estirado que consiste en conformar una pieza de metal a una forma hueca aplicando fuerza con un punzón a la porción central del metal. El punzón estira el metal al interior de una cavidad abierta en el dado o matriz. En ésta operación el material se estira a lo largo de las paredes laterales y toma su espesor. El estirado de la lámina metálica se realiza generalmente en una prensa vertical.

El embutido de piezas huecas supone un perfecto conocimiento de las propiedades del material. El material es fuertemente solicitado biaxialmente y se le exigen excelentes propiedades de ductilidad, resistencia mecánica, plasticidad, etc.

<sup>22</sup> Callister William, *Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales*, p. 377

La embutición es un procedimiento para el conformado de piezas no desarrollables, que requiere generalmente del empleo de prensas y matrices; por ello está reservada a la fabricación en serie, en la cual se permite rebajar de forma importante el precio por unidad. Se emplea en la fabricación de objetos de uso corriente, como lavabos, automóviles, motocicletas, utensilios de cocina, etc.

Los costos que atraen la operación de una embutición en caliente (trabajos a temperaturas aprox. de 800°), son generalmente mayores y a un ritmo de operación más alto, en comparación a trabajos en frío o temperatura ambiente. Sin embargo, en caliente no es posible lograr tolerancias tan precisas como en frío, debido a que el herramental se ha fabricado teniendo en cuenta la contracción, ocasionando que las piezas pueden variar dependiendo de la temperatura del material y de los útiles.

#### **2.11.8 Preparaciones y herramientas**

Uno de los elementos más importantes de todas las formas de trabajo, herramientas y preparación es su economía. La cantidad de herramental que proporciona las mayores ventajas depende de:

- 1.- la cantidad de producción
- 2.- lo repetitivo del negocio
- 3.- la mano de obra
- 4.- los requerimientos de entrega
- 5.- el capital necesario

Así como:

- Reducción de tiempos de preparación
- Uso de toda la capacidad de la maquina
- Uso de herramientas más eficientes.

### **2.11.9 Manejo de materiales<sup>23</sup>**

El manejo de materiales puede llegar a ser el problema de la producción ya que agrega poco valor al producto, consume una parte del presupuesto de manufactura.

Este manejo de materiales incluye consideraciones de: movimiento, lugar, tiempo espacio y cantidad.

El manejo de materiales debe asegurar que las partes, materias primas, material en proceso, productos terminados y suministros se desplacen periódicamente de un lugar a otro.

Cada operación del proceso requiere materiales y suministros a tiempo en un punto en particular, el eficaz manejo de materiales se asegura de que los materiales serán entregados en el momento y lugar adecuado, así como, la cantidad correcta.

El manejo de materiales debe considerar un espacio para el almacenamiento.

En una época de alta eficiencia en los procesos industriales las tecnologías para el manejo de materiales se han convertido en una nueva prioridad en lo que respecta al equipo y sistema de manejo de materiales.

Pueden utilizarse para incrementar la productividad y lograr una ventaja competitiva en el mercado. Aspecto importante de la planificación, control y

---

<sup>23</sup> <http://www.gestiopolis.com/canales2/gerencia/1/manmat.htm>

logística por cuanto abarca el manejo físico, el transporte, el almacenaje y localización de los materiales.

### **Riesgos de un manejo ineficiente de materiales**

**Sobrestadía.-** La sobrestadía es una cantidad de pago exigido por una demora, esta sobrestadía es aplicada a las compañías si no cargan o descargan sus productos dentro de un periodo de tiempo determinado.

**Desperdicio de tiempo de máquina.-** Una máquina gana dinero cuando está produciendo, no cuando está ociosa, si una maquina se mantiene ociosa debido a la falta de productos y suministros, habrá ineficiencia es decir no se cumple el objetivo en un tiempo predeterminado. Cuando trabajen los empleados producirán dinero y si cumplen el objetivo fijado en el tiempo predeterminado dejaran de ser ineficientes.

**Lento movimiento de los materiales por la planta.-** Si los materiales que se encuentran en la empresa se mueven con lentitud, o si se encuentran provisionalmente almacenados durante mucho tiempo, pueden acumularse inventarios excesivos y esto nos lleva a un lento movimiento de materiales por la planta.

**Mala distribución de los materiales.-** Muchas veces en los sistemas de producción por lote de trabajo, pueden encontrarse mal colocados partes, productos e incluso las materias primas. Si esto ocurre, la producción se va a inmovilizar e incluso los productos que se han terminado no pueden encontrarse cuando así el cliente llegue a recogerlos.

**Mal sistema de Manejo de Materiales.-** Un mal sistema de Manejo de Materiales puede ser la causa de serios daños a partes y productos.

Muchos de los materiales necesitan almacenarse en condiciones específicas (papel en un lugar cálido, leche y helados en lugares frescos y húmedos). El sistema debería proporcionar buenas condiciones, si ellas no fueran así y se

da un mal manejo de materiales y no hay un cumplimiento de estas normas, el resultado que se dará será en grandes pérdidas, así como también pueden resultar daños por un manejo descuidado.

**Mal Manejo de Materiales.-** Un mal manejo de materiales puede dislocar seriamente los programas de producción.

En los sistemas de producción en masa, si en una parte de la línea de montaje le faltaran materiales, se detiene toda la línea de producción del mal manejo de los materiales que nos lleva a entorpecer la producción de la línea así que el objetivo fijado no se llegue a cumplir por el manejo incorrecto de los materiales.

**Clientes inconformes.-** Desde el punto de vista de la mercadotecnia, un mal manejo de materiales puede significar clientes inconformes.

La mercadotecnia lo forma un conjunto de conocimientos donde está el aspecto de comercialización, proceso social y administrativo.

Todo cliente es diferente y para poderlo satisfacer depende del desempeño percibido de un producto para proporcionar un valor en relación con las expectativas del consumidor.

Puesto que el éxito de un negocio radica en satisfacer las necesidades de los clientes, es indispensable que haya un buen manejo de materiales para evitar las causas de las inconformidades.

**Inseguridad.-** Otro problema se refiere a la seguridad de los trabajadores.

Desde el punto de vista de las relaciones con los trabajadores se deben de eliminar las situaciones de peligro para el trabajador a través de un buen manejo de materiales, la seguridad del empleado debe de ser lo más importante para la empresa ya que ellos deben de sentir un ambiente laboral tranquilo, seguro y confiable libre de todo peligro. Puesto que si no hay

seguridad en la empresa los trabajadores se arriesgarían por cada operación a realizar y un mal manejo de materiales hasta podría causar la muerte.

El riesgo final un mal manejo de materiales, es su elevado costo.

El manejo de materiales, representa un costo que no es recuperable. Si un producto es dañado en la producción, puede recuperarse algo de su valor volviéndolo hacer.

Pero el dinero gastado en el manejo de materiales no puede ser recuperado.

Para evitar pérdidas considerables en el manejo de materiales es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

**1. Eliminar distancias.-** Si no es posible, se deben hacer las distancias del transporte tan cortas como sea posible. Debido a que los movimientos más cortos requieren de menos tiempo y dinero que los movimientos largos y nos ayudan hacer de la producción más eficiente.

**2. Mantener el movimiento.-** Si no es posible se debe de reducir el tiempo de permanencia en las terminales de una ruta tanto como se pueda.

**3. Emplear patrones simples.-** Se deben de reducir los cruces y otros patrones que conducen a una congestión, ya que con la reducción de cruces hace que la producción se haga más ligera, tomando en cuenta como lo permitan las instalaciones.

**4. Transportar cargas en ambos sentidos.-** Se debe de minimizar el tiempo que se emplea en (transporte vacío). Pueden lograrse sustanciales ahorros si se pueden diseñar sistemas para el manejo de materiales que solucionen el problema de ir o regresar sin una carga útil.

**5. Transportar cargas completas.-** Se debe de considerar un aumento en la magnitud de las cargas unitarias disminuyendo la capacidad de carga, reduciendo la velocidad o adquiriendo un equipo más versátil.

**6. Evítese el manejo manual.-** Cuando se disponga de medios mecánicos que puedan hacer el trabajo en formas más efectiva.

**7. materiales deberán estar marcados con claridad o etiquetados.-** Es fácil colocar mal o perder los artículos por lo que es recomendado etiquetar los productos.

### **2.11.10 Distribución de planta**

Una vez seleccionado un sitio acorde con las características del proceso productivo, se procederá seguidamente a diseñar la forma en que deben ubicarse los diferentes recursos con que cuenta la empresa. El objetivo primordial se centra en eliminar las actividades y operaciones innecesarias, para fabricar un producto acorde con las especificaciones del cliente a un mínimo costo.

El diseño de instalaciones consiste en planificar la manera en que el recurso humano y tecnológico, así como la ubicación de los insumos y el producto terminado han de arreglarse. Este arreglo debe obedecer a las limitaciones de disponibilidad de terreno y del propio sistema productivo a fin de optimizar las operaciones de las empresas.

El enfoque de diseñar las plantas cobra cada día más fuerza. Por ejemplo se le atribuye el éxito económico del Japón en comparación con las economías de las naciones industrializadas occidentales, el que este país se preocupara por el racionamiento de los espacios de almacenamiento y de producción, eliminación del desperdicio y fabricar en el momento justo, en el lugar apropiado y en la cantidad necesaria. Con el crecimiento progresivo de las tasas demográficas, un estudio cada vez más minucioso de los diseños de planta resulta imprescindible.

## **Distribución sugerida de la planta**

### ***Tipos básicos de distribución de planta***

Las propuestas de distribución de planta están ampliamente relacionadas con las características del proceso; es por esta razón que a continuación se muestra una clasificación de los principales diseños de configuración de planta acorde con las características de los diferentes procesos productivos.

#### **Configuración por posición fija.**

Cuando en un proceso de transformación los insumos, la mano de obra, las herramientas y la mayoría de los equipos y maquinarias se dirigen hacia un sitio específico a fin de darle al producto el acabado final, decimos entonces que el proceso obedece a una configuración por posición fija. Dicha configuración es propia de los grandes proyectos de producción. Los astilleros, las grandes armazones aeroespaciales y la construcción de edificios son unos pocos casos de esta clasificación.

#### **Configuración funcional**

Existe una gran cantidad de procesos de transformación que cae en esta clasificación. Se dice que es una distribución por configuración funcional, cuando el producto tiene que detenerse en varias secciones o talleres que le darán valor agregado hasta culminar con el proceso de transformación pertinente. Las secciones o talleres estarán agrupados por funciones y características de índole tecnológico, de especialización humana y estratégica a fin de cumplir con las especificaciones del producto. Ejemplos de esta configuración la posee la industria de la confección del vestido y un centro clínico asistencial.

#### **Configuración de línea.**

Una configuración de este tipo se hace presente cuando en los procesos de transformación se unen partes que van formando paulatinamente parte del



producto final. Los equipos, maquinarias, herramientas así como el recurso humano se establecen obedeciendo al orden estricto de la evolución transformativa del ensamblaje de piezas y partes en el producto final. Las plantas ensambladoras de automóviles y línea blanca poseen características propias de configuración de línea.

Cuando se analiza un determinado proceso de transformación, puede presentarse el dilema en que no se sabe con certeza a qué tipo de configuración de planta obedece. Cuando ocurre esta situación lo más probable es que el sistema posea características de tipo mixto.

### **Enfoques usuales en la optimización de operaciones de configuraciones de planta.**

Existen enfoques de configuración de planta que permiten hacer un uso eficiente de las distintas operaciones desarrolladas en el proceso productivo. Estos enfoques serán utilizados de acuerdo a la clasificación de configuración de planta desarrollado anteriormente. Así tenemos que el enfoque del análisis secuencial de operaciones se aplicará en el estudio de procesos de configuración funcional y el enfoque de balanceo de línea en procesos de configuración de línea.

#### ***Enfoque del análisis secuencial de las operaciones.***

Esta metodología consiste simplemente en estudiar los diferentes desplazamientos que se producen por el traslado de los materiales y del recurso humano entre los diferentes talleres o secciones del proceso de transformación. Al finalizar el estudio se garantiza que los talleres se ubicaran lo más cerca posible de acuerdo al criterio de los desplazamientos inter-talleres.

### **Pasos para su aplicación:**

A fin de lograr un resultado satisfactorio, se han desarrollado una serie de pasos metodológicos en la aplicación del enfoque del análisis secuencial de las operaciones

1- Recolección estadística de los desplazamientos inter talleres. Mediante un recuento minucioso se obtiene la información relacionada con los movimientos comunes entre los diferentes talleres que será reflejada en una matriz de doble entrada. Esta información puede estar expresada por periodos de tiempo en días, meses, años, etc.

2- Elaboración de la matriz de los recorridos. Se construye una matriz especial que refleje claramente la sumatoria tanto de ida como de regreso de los distintos desplazamientos inter talleres.

3- Construcción gráfica del proceso. Con la información tomada de la matriz de los recorridos se construye un diseño gráfico del proceso, realizando mejoras esquemáticas continuas hasta alcanzar un gráfico ideal de proceso.

4- Elaboración del arreglo físico final. Con el gráfico ideal de proceso se procede a plasmar en una plantilla una escala representativa del arreglo físico final.

### ***Enfoque de balanceo de línea***

El objetivo principal de este enfoque consiste en eliminar embotellamientos en las líneas de ensamble. Los embotellamientos representan paralizaciones en la línea, por existir heterogeneidad de tiempo en la agrupación de las operaciones de los puestos de trabajo asignados. Estas paralizaciones traen como consecuencia acumulación de inventario aguas arriba de la línea y tiempo ocioso aguas abajo como producto de los denominados cuellos de botella. El enfoque de balanceo de línea busca equilibrar la agrupación de las operaciones a fin de eliminar los embotellamientos descritos anteriormente.

### Pasos para la aplicación del enfoque del balanceo de línea.

- 1- Se comienza con hacer una lista con todas las operaciones que constituye la línea, lo cual evita que se pueda omitir algunas de esas operaciones.
- 2- El paso siguiente consiste en determinar el tiempo en que se va a realizar cada operación en el proceso de ensamblaje.
- 3- Con el listado de operaciones se debe establecer sus relaciones de precedencia construyendo el respectivo diagrama de flechas.
- 4- Calcular el tiempo cíclico de la línea. Con el valor del ciclo se procede a crear los grupos o estaciones de trabajo, tratando de que cada trabajador labore la mayor cantidad de tiempo y en iguales condiciones.
- 5- Determinación del número de puestos de trabajo, verificando que las estaciones de trabajo queden con un tiempo aproximadamente igual para realizar la parte del trabajo que le corresponde.
- 6- Cálculo de la eficiencia de la línea de ensamble.

### **Diseño del trabajo**

El diseño de trabajo se refiere a la forma en que se organiza un conjunto de tareas o un trabajo entero. El diseño de trabajo ayuda a determinar:

- Qué tareas se están haciendo,
- Cómo se están haciendo las tareas,
- Cómo se hacen muchas tareas, y
- En qué orden se hacen las tareas.

Toma en cuenta todos los factores que afectan el trabajo y organiza el contenido y las tareas de manera que el trabajo completo tenga menos posibilidad de ser un riesgo para el empleado. El diseño de trabajo incluye áreas administrativas tales como:

- Rotación de trabajo,
- Ampliación de trabajo,
- Ritmo de tarea/ máquina,
- Recesos de trabajo, y
- Horas de trabajo.

Un trabajo bien diseñado estimulará una variedad de "buenas" posiciones corporales, tendrá requerimientos de fuerza razonable, requerirá una cantidad razonable de actividad mental, y ayudará a promover sentimientos de logro y autoestima.

Los principios de diseño de trabajo pueden tratar problemas tales como:

- Sobrecarga de trabajo,
- Menor carga de trabajo,
- Repetitividad,
- Control limitado sobre trabajo,
- Aislamiento,
- Turnos de trabajo,

- Retraso en llenar los puestos vacantes,
- Excesivas horas de trabajo, y
- Entendimiento limitado del proceso de trabajo completo.
- El diseño de trabajo es considerado a veces como una forma de ayudar a manejar el estrés en el lugar de trabajo.

## CAPÍTULO 3.- DESARROLLO DEL DISEÑO DEL PROCESO

### 3.1 Situación actual

Para el desarrollo del diseño del proceso se parte por las restricciones que se tiene; a partir de ellas se plantean las soluciones posibles.

Actualmente las partes y piezas componentes de grifería que tiene como origen chapa de latón, son importadas debido a que no se tiene implementado éste tipo de proceso de fabricación en FV Área Andina S.A.

Para efecto de determinar el análisis del ejemplo práctico a aplicarse se tomaran los datos de la roseta 406.19. Los efectos del esquema actual de importación son los siguientes:

- Incremento en los volúmenes de inventarios pues es necesario en función del lead time del proveedor almacenar al menos 5 meses de stock.
- Stock mínimo actual: 8100 unidades<sup>24</sup>
- Incremento en costos de la pieza terminada al no ser fabricantes directos.
- Precio de compra FV Argentina: USD 1.07.<sup>25</sup>
- Se incrementa el tiempo que transcurre desde que se inicia el proceso de producción del producto en Argentina hasta que se completa, incluido el tiempo requerido para entregar ese producto al cliente FV Área Andina SA.
- Lead Time FV Argentina: 5 meses<sup>26</sup>

---

<sup>24</sup> Datos Planificación y control de la producción FV Área Andina SA 2011/06/23

<sup>25</sup> Datos Planificación y control de la producción FV Área Andina SA 2011/06/23

## **3.2 Restricciones**

- a. Se deberá fabricar la roseta a partir del material que se especifica en el plano de la pieza.
  
- b.- Se deberá fabricar la roseta utilizando las máquinas existentes en FV Área Andina S.A.
  
- b. El costo de la roseta fabricada debe ser igual o menor que la versión actual importada de FV Argentina
  
- c. El tratamiento de acabado superficial deberá ajustarse a los estándares y procesos vigentes en FV Área Andina.

### **3.2.1 Soluciones posibles**

Al ser una de las restricciones del modelo la elaboración en chapa metálica, específicamente chapa de latón tipo UNS C26000 con grado de temple H01,  $\frac{1}{4}$  de dureza, se consideran los siguientes procesos

- 1.- Entalle o entalla
  
- 2.- Embutido profundo
  
- 3.- Embutido progresivo

### **3.3 Selección del proceso de fabricación:**

Para la selección del proceso o procesos mediante los cuales se debe fabricar, se realiza la siguiente tabla en la cual se califica con una escala ascendente de 1 a 5, la mayor puntuación nos induce a la selección del mejor proceso.

Proceso	Diseño	Construcción	Maquinaria y herramental	Total
Entalle	4	3	2	9
<b>Embutido profundo</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>10</b>
Embutido progresivo	2	2	1	5

De la ponderación anterior, el proceso de fabricación seleccionado es el de embutición profunda ya que posee el puntaje más alto; sin embargo la ponderación del entalle es considerable, pero se descarta principalmente por las condiciones de maquinaria y herramental, es demasiado baja; mientras que el embutido profundo se selecciona por las siguientes razones

- Es el proceso más común para la fabricación de piezas huecas.
- La relación de diámetros y el Límite de embutibilidad (LDR) del latón permiten que se consiga el producto deseado con la maquinaria existente.
- Es posible adaptar a la matriz de embutido el control del prensachapas al ser esta la principal limitante a resolver para el proceso en las prensas de simple efecto que se disponen.
- Las prensas hidráulicas se emplean mayoritariamente para procesos de conformado y cuando se requiere de grandes fuerzas que permanezcan constantes. Su uso también es amplio cuando se necesita de velocidades de trabajo menores a las que se puede alcanzar empleando prensas mecánicas.
- Es un proceso versátil que permite conseguir diversas formas como copas, cilindros, domos, hemisferios así como productos de forma irregular



“La embutición es un buen proceso para la fabricación en chapa fina de piezas con superficies complejas y altas exigencias dimensionales, sustituyendo con éxito a piezas tradicionalmente fabricadas por fundición y mecanizado”<sup>27</sup>

### **3.4 Producto a fabricar**

La implementación del proceso de conformado de chapa permite fabricar localmente la roseta 406.19 cuyo plano se muestra en la siguiente ilustración, la misma que posee como datos de entrada la siguiente información:

- Proveedor actual: FV Argentina
- Lead Time: 5 meses
- Consumo: 1800 unidades
- Precio de compra: 1.07 USD
- Stock mínimo: 8100 unidades
- Peso: 0.0260 Kg

---

<sup>27</sup> <http://e-ciencia.com/recursos/enciclopedia/Embuticion>



### **3.5 Definición de tolerancias y especificaciones.**

Para la mayoría de las aplicaciones de embutido profundo de componentes relativamente pequeños, las tolerancias se encuentran generalmente entre  $\pm 0.25$  mm (0.010in) para el diámetro y  $\pm 0.50$  mm (0.020in) para la profundidad; éstos son los valores típicos de tolerancias pero es posible alcanzar valores de hasta la mitad de éstos. Las tolerancias se incrementan a medida que se incrementan los diámetros. El acabado superficial corresponde al mismo de la lámina original, siempre que el utillaje y lubricante sean los adecuados. Algunas marcas de bruñido pueden aparecer a lo largo de la porción embutida. En algunas ocasiones líneas de estiramiento y deformación pueden estar presentes.<sup>28</sup>

Al ser un elemento estético que no va a estar sometido a altos o medianos esfuerzos sus tolerancias se aplicarán conforme a lo especificado en plano 406.19

### **3.6 Selección del material**

Adicional a los requerimientos funcionales y de resistencia mecánica de la roseta 406.19 se considera como condicionante de diseño el material indicado en el plano del elemento, y los requerimientos estéticos que direccionan a la pieza a un tratamiento de electrodeposición como es el cromado. Actualmente en las instalaciones de FV Área Andina es posible realizar cromado de latón acorde a la especificación del material.

#### **3.6.1 Detalle de material requerido como materia prima roseta.**

- Aleación: C260 latón de cartucho (UNS 26000 cartridge brass)
- Dureza y temple: H01 ¼ dureza
- Presentación: Rollo o plancha de 100 x 0.4 mm

---

<sup>28</sup> *Manufacturing processes reference guide* Escrito por Robert H. Todd, Dell K. Allen, Leo Altig

- Peso: 20 a 25 Kg

La aleación de latón de cartucho C260 por ser una aleación especial no fue posible encontrarla en el mercado ecuatoriano bajo las condiciones requeridas, sin embargo hay varias alternativas en cuanto a importación.

Para efectos de ésta tesis se seleccionó como proveedor la empresa INCOAL de Colombia debido a que permitía importar la aleación requerida en rollo de 100mm de ancho y 0,4 de espesor con un requerimiento mínimo de 20Kg haciendo manejable la importación en términos de requerimiento, costo, volumen y tiempo de entrega. Las demás alternativas consultadas, o no tenían la aleación solicitada, o tenían como requerimiento mínimo de importación 1 tonelada conforme se puede verificar en Anexo A. Entre las empresas consultadas se encuentran ALBACO (Perú), BTP (Colombia), Copalcor (Sudáfrica) entre otros.

### **3.7 Selección de herramental**

El herramental seleccionado para la fabricación de la roseta 406.19 se dividió en un troquel y dos matrices:

- 1.- Troquel de corte de blancos
- 2.- Matriz de embutición
- 3.- Matriz de corte y conformado de la hélice de la rosca

Al partir de fleje de chapa de latón, este debe ser cortado en formas cilíndricas como paso inicial para obtener la pieza; el segundo elemento, la matriz de embutido, para realizar el procedimiento mismo de la embutición de la roseta y obtener la forma para poder realizar el recorte y conformado de la hélice; la hélice se hace en el tercer elemento, la matriz de corte y conformado. Todo el detalle del diseño y construcción de la matricería utilizada se cubre a totalidad en el Segundo Tomo II de ésta tesis.

### **3.8 Análisis de operaciones**

Previo al análisis de las operaciones es necesario conocer.

#### **3.8.1 Layout o Distribución de planta**

Para la fabricación de la roseta 406.19 se seleccionara una distribución de planta en configuración funcional pues se ajusta a un conjunto de operaciones que se detienen en varias secciones y con varias operaciones en donde se le da un valor agregado.

Para la optimización de la distribución de planta es posible reducir algunos de los desplazamientos que son fácilmente identificables en el diagrama de flujo; sin embargo, en cuanto al proceso de recocido es muy poco viable reubicar al horno Lindberg pues la mayor carga de trabajo está centralizada en la sección en donde se encuentra actualmente.

En la propuesta actual está considerada la reducción del desplazamiento entre la sección de tubulares y la sección pulido eliminando el recorrido que rodea la sección de tornería incorporando un acceso directo mediante una ventana en la pared que une las secciones de pulido y tubulares

El layout definido para la propuesta del proceso de fabricación se encuentra en la siguiente ilustración.



Paso No.	Tiempo (min)	Distancia (m)	# Person	TRA	INS	DEL	STO	DESCRIPCION
4	15.00	86.00	0.03	x				Fleje a bodega de sección tubulares
12	15.00	80.00	0.03	x				Blancos a horno Lindberg para recocido
19	15.00	80.00	0.03	x				Blancos a prensa Denisson 2

ACTUAL			PROPUESTA		
Desde	Hacia	Distancia	Desde	Hacia	Distancia
Plataforma de descarga	Sección tubulares	86 m	Entrada sección tubulares	Sección tubulares	9 m

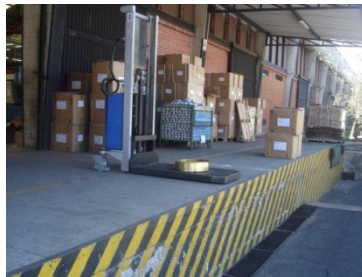
### 3.8.2 Pedido

El proceso de fabricación da inicio con el pedido de cuatro rollos de chapa de latón al proveedor seleccionado, para el lote completo.

Lugar donde se realiza: Departamento de compras

### 3.8.3 Recepción

Lugar donde se realiza la operación: Plataforma de descarga principal



**Ilustración 5 “Plataforma de descarga FV Área Andina SA”<sup>29</sup>**

Equipo para manejo de materiales: Coche manual o eléctrico



**Ilustración 6 “Coche eléctrico capacidad máxima 1 t”<sup>30</sup>**

---

<sup>29</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio

<sup>19</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio



Equipo de protección personal:

Guantes de cuero

Zapatos de seguridad con punta de acero

Herramientas: Ninguna

**Descripción de la operación:**

1.- Descarga de rollos de latón de forma manual desde el vehículo de transporte hacia el coche manual o eléctrico ubicado en la plataforma de descarga.

La manipulación se la realiza rollo por rollo sin exceder los 25 Kg definidos como carga máxima permitida.<sup>31</sup>

2.- Inspección del producto recibido y su traslado hacia la bodega del sector de las prensas.

3.- Traslado de los rollos en la plataforma y transporte manual hacia el sector de las prensas.

4.- Almacenamiento de material en la bodega de tubulares y descarga desde la plataforma rollo por rollo tomando en cuenta la consideración de carga máxima permitida indicada anteriormente.

Control: El control se lo realiza en la misma plataforma de descarga y es efectuado conforme a lo indicado más adelante para la inspección durante el proceso de recepción.

Preservación de producto: Rollos en embalaje original

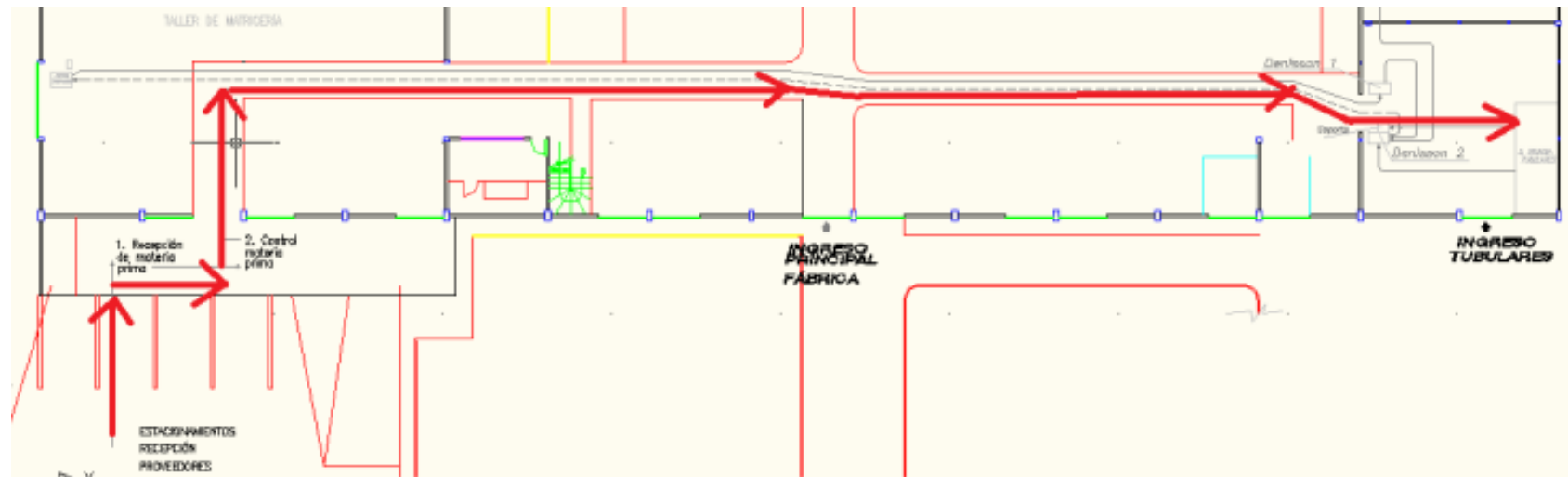
Tiempo estimado hasta la siguiente operación: 60 minutos

---

<sup>31</sup> Reglamento de Seguridad e higiene industrial FV

Paso No.	Tiempo (min)	Distancia (m)	# Personas	●	➔	■	◐	▼	DESCRIPCION
1			--					x	Bodega de recepción de materia prima
2	15.00		0.03	x					Recepción de fleje latón en bodega recepción de materia prima
3	15.00		0.03			x			Control documental y dimensional del fleje
4	15.00	86.00	0.03		x				Fleje a bodega de sección tubulares
5	15.00		0.03	x					Almacenamiento de material
6			--				x		Espera para inicio de proceso fabricación 406.19

Distancia recorrida: 86 m



Siguiente operación: Preparación troquel de corte en Denisson 2

### 3.8.4 Preparación troquel de corte

Lugar donde se realiza la operación: Sección tubulares área Prensa Denisson 2

Equipo para manejo de materiales: Coche eléctrico, capacidad máxima 1 t



Coche eléctrico capacidad máxima 1 t en preparación troquel de corte<sup>32</sup>

Equipo de protección personal:

- Guantes de cuero
- Zapatos de seguridad con punta de acero
- Gafas de protección

---

<sup>32</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio

### Herramientas:

- Llaves hexagonales: 1/4; 8mm; 14mm
- Llave de boca y corona 3/4"

### Accesorios:

2 Bridas de sujeción con perno 1/2" x 2"

### **Descripción de la operación:**

OBSERVACION INICIAL: Para todas las etapas de la preparación la bomba de la prensa debe estar apagada. En los pasos donde sea necesario se indicará su encendido. Previo al encendido abrir la llave de paso para el refrigerante.

- 1.- Deslizar el troquel de corte desde la plataforma de almacenamiento hacia la plataforma del coche eléctrico
- 2.- Trasladar con el coche la matriz junto a la prensa y elevarla hasta el nivel de la mesa de la prensa.
- 3.- Deslizar el troquel sobre la mesa y colocarlo aproximadamente alineado con el vástago de la prensa
- 4.- Desmontar los 4 pernos Allen usando la llave 8 mm de la brida de acople del troquel.
- 5.- Roscar el eje y la brida del troquel en el vástago de la prensa hasta que haga tope y ajustarlo con la llave Allen 14 mm
- 6.- Verificar el fin de carrera de la prensa para que permita acercar el vástago con la brida del troquel hasta el nivel de la placa superior del mismo para proceder a colocar los pernos.

7.- Accionar la bomba de la prensa para que se desplace el vástago hacia el troquel y apagar la bomba cuando la distancia entre la brida y la placa superior estén entre 5 y 10 mm de distancia.

IMPORTANTE: Esperar hasta que la bomba se detenga completamente antes de liberar las palancas de accionamiento de la prensa.

8.- Alinear el troquel y colocar los pernos y los pasadores.

9.- Ajustar los pernos utilizando la llave Allen 8 mm

10.- Fijar el troquel a la mesa de la prensa utilizando las bridas y ajustándolas con la llave de boca  $\frac{3}{4}$ "

11.- Fijar el inicio y fin de carrera de la prensa utilizando los topes que tiene la máquina. Estos topes se liberan y ajustan usando la llave Allen de  $\frac{1}{4}$ " y se los conoce también como límite inferior y límite superior.



**Ilustración 7 "Límite inferior prensa Denison"<sup>33</sup>**

12.- Encender la bomba y verificar que el límite superior permita que el punzón deje libre el canal de desplazamiento del fleje y que en el límite inferior el punzón atraviese al menos 5 mm del troquel.

---

<sup>33</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.

13.- Realizar al menos tres cortes en vacío para validar el desplazamiento y centramiento de los elementos del troquel.

14.- Traslado del fleje al soporte de alimentación junto a la máquina.

15.- Montaje del fleje en el soporte.

Control:

1.- Control de la preparación en función del desplazamiento y funcionamiento normal del utillaje

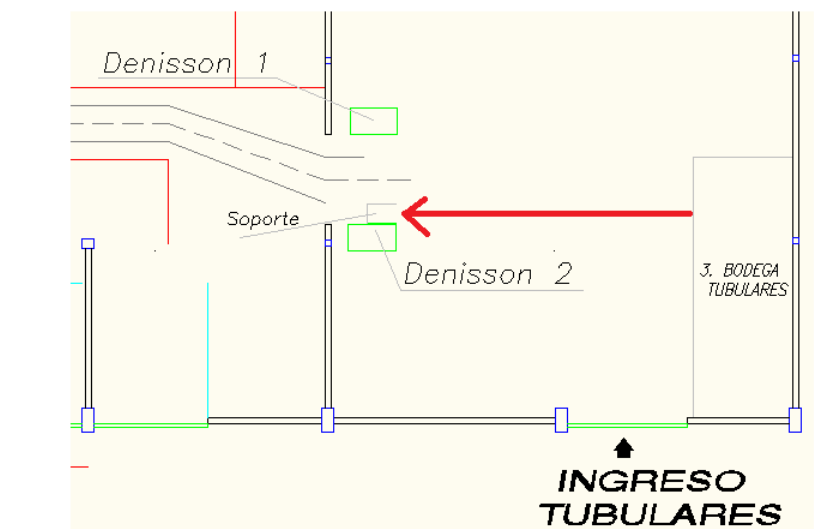
2.- Control del producto durante las pruebas de preparación directamente sobre el blanco. Evaluación dimensional y estética conforme a Plan de Inspección en Proceso.

Preservación de producto: Transporte y almacenamiento en plataforma y desplazamientos manuales desde y hacia la prensa, coche eléctrico y plataforma

Tiempo estimado hasta la siguiente operación: 50 minutos

Paso No.	Tiempo (min)	Distancia (m)	# Personas	●	➔	■	◐	▼	DESCRIPCION
7	30.00		0.06	x					Preparación troquel de corte en Denisson 2
8	5.00	7.50	0.01		x				Fleje a prensa Denisson 2
9	15.00		0.03	x					Montaje de rollo en soporte

Distancia recorrida: 7.5 m



Siguiente operación: Troquelado de blancos

### **3.8.5 Troquelado de blancos**

Lugar donde se realiza la operación: Sección tubulares área Prensa Denison  
2

Equipo para manejo de materiales: Coche manual o eléctrico

Equipo de protección personal:

- Guantes de cuero
- Zapatos de seguridad con punta de acero
- Gafas de protección

Herramientas: Troquel del corte

Accesorios: Ninguno

#### **Descripción de la operación:**

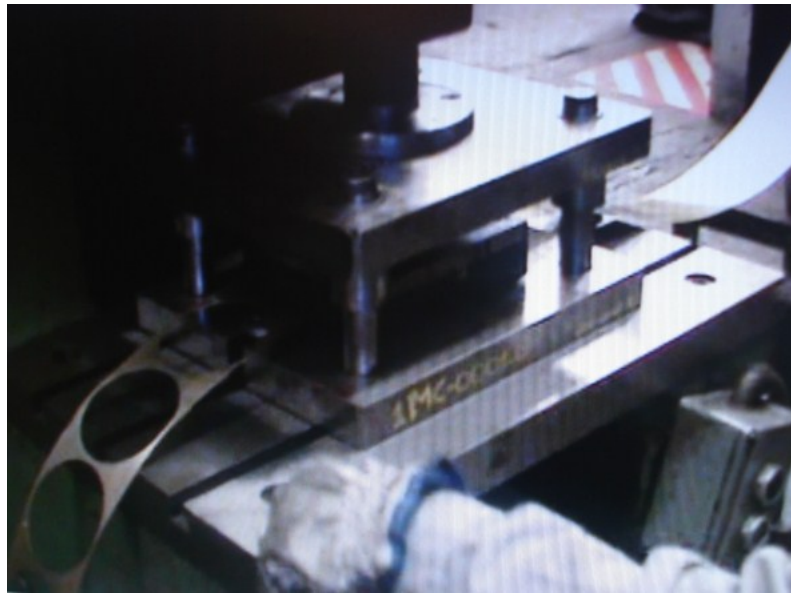
- 1.- Deslizar el fleje en el canal que dispone la matriz para el efecto.
- 2.- Hacer tope contra la guía de espaciamiento entre blancos que dispone la matriz
- 3.- Accionamiento de la prensa para generar el corte.

IMPORTANTE.- El desplazamiento del vástago se realiza únicamente activando las dos palancas simultáneamente. En caso de presentarse alteraciones, modificaciones o funcionamiento inapropiado se deberá notificar inmediatamente al jefe o supervisor del sector.

- 4.- Desplazamiento manual del fleje hasta hacer tope con la guía de desplazamiento entre blancos.



5.- Troquelar el total requerido para producción



**Ilustración 8 Corte de blancos en prensa Denison<sup>34</sup>**

6.- Traslado de blancos al sector del horno Lindberg para recocido

Control:

1.- Evaluación dimensional y estética conforme a Plan de Inspección en Proceso asignando a operación CORTE DE BLANCOS

Preservación de producto: Los blancos son recolectados a granel desde el área inferior de la prensa donde caen luego de la operación de corte, cada tacho deberá contener hasta un máximo de 1000 blancos para no exceder el valor de carga máxima permitida para manipulación manual de 25 Kg.

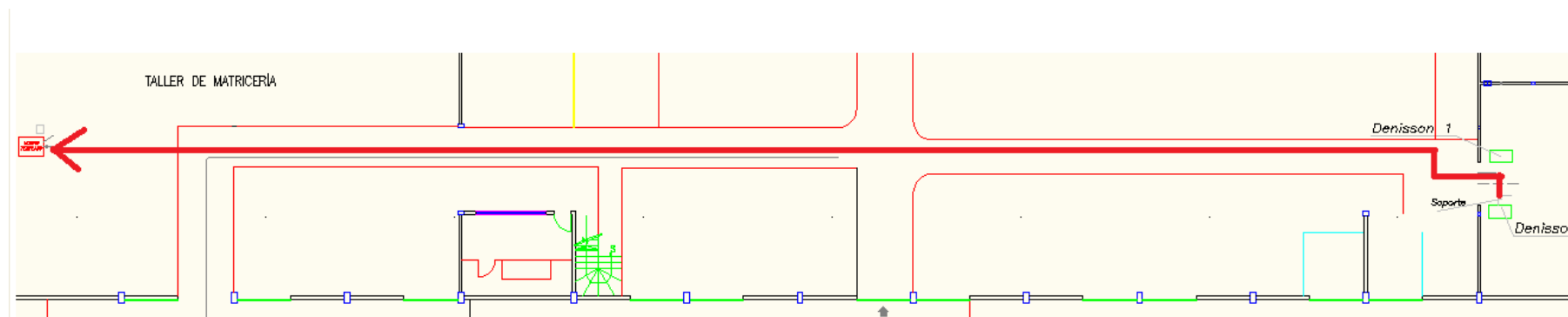
---

<sup>34</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.

Tiempo estimado hasta la siguiente operación: 194 minutos

Paso No.	Tiempo (min)	Distancia (m)	# Personas	●	➔	■	◐	▼	DESCRIPCION
10	170.00		0.35	x					Troquelado de blancos
11	9.00		0.02			x			Control dimensional
12	15.00	80.00	0.03		x				Blancos a horno Lindberg para recocido

Distancia recorrida: 80 m



Siguiente operación: Recocido

## **Recocido**

Lugar donde se realiza la operación: Sección taller área Horno Lindberg.

Equipo para manejo de materiales: Coche manual o eléctrico

Equipo de protección personal:

- Guantes de cuero
- Zapatos de seguridad con punta de acero
- Gafas de protección

Herramientas:

Brazo para sujeción caja de horno

Accesorios:

Cajas para horno

### **Descripción de la operación:**

- 1.- Cargar el programa de recocido ROSETA en el horno usando las opciones del PLC de control.
- 2.- Cargar los blancos en la caja del horno. Los blancos se pueden cargar hasta un máximo de 1000 unidades
- 3.- Abrir la puerta del horno y colocar los blancos en su interior utilizando las cajas para horno.

4.- Cerrar la puerta y activar el programa. El horno se desactiva automáticamente una vez concluido el programa y el tiempo total de la operación es de 240 minutos.

4.1.- Desmontaje del troquel de corte de prensa Denison 2

4.2.- Montaje de la matriz de embutición en la misma prensa

4.3.- Montaje de la matriz de corte y conformado de la hélice en prensa Denison 1

NOTA: Los puntos 4.1 al 4.3 se realizan mientras los blancos se encuentran en el recocido por lo que no se agrega tiempos para estas operaciones al ser tareas simultáneas respecto al recocido.

5.- Extraer los blancos para enfriamiento a temperatura ambiente por lo menos por 30 minutos.

6.- Trasladar los blancos hacia el sector de las prensas junto a la máquina

#### Control:

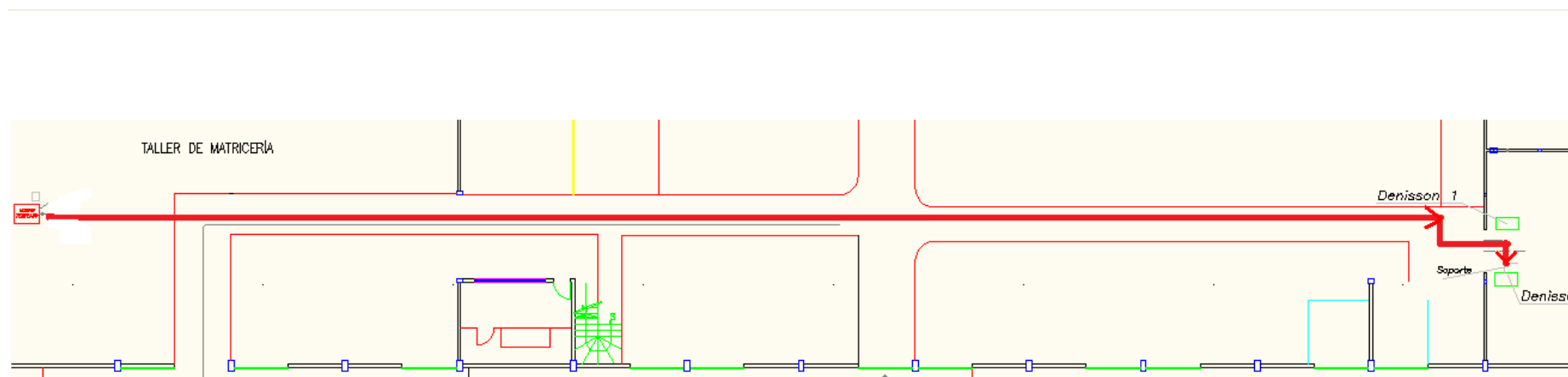
Para la calidad del recocido se realiza solo una inspección visual contra muestra comparando tonalidad y rigidez del blanco

Preservación de producto: Los blancos son recolectados a granel desde las cajas del horno y trasladados a tachos, cada tacho deberá contener hasta un máximo de 1000 blancos para no exceder el valor de carga máxima permitida para manipulación manual de 25 Kg.

Tiempo estimado hasta la siguiente operación: 305 minutos

13	10.00		0.02	x				Preparación horno Lindberg
14	240.00		0.50	x				Recocido
15			--	x				Preparación troquel de embutición en Denisson 2
16			--	x				Preparación troquel de corte y conformado en Denisson 1
17	30.00		0.06			x		Enfriamiento de blancos
18	10.00		0.02			x		Control visual
19	15.00	80.00	0.03		x			Blancos a prensa Denisson 2

Distancia recorrida: 80 m



Siguiente operación: Embutido

### 3.8.6 Preparación matriz de embutido

Lugar donde se realiza la operación: Sección tubulares área Prensa Denisson 2

Equipo para manejo de materiales: Coche eléctrico, capacidad máxima 1 t



*Ilustración 9 Coche eléctrico capacidad máxima 1 t en preparación troquel de embutido<sup>35</sup>*

Equipo de protección personal:

- Guantes de cuero
- Zapatos de seguridad con punta de acero
- Gafas de protección

Herramientas:

- Llaves hexagonales: 1/4; 10mm; 14mm
- Llaves de boca y corona 3/4", 17 mm y 10 mm

Accesorios:

2 Bridas de sujeción

---

<sup>35</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio

Descripción de la operación:

OBSERVACION INICIAL: Para todas las etapas de la preparación la bomba de la prensa debe estar apagada en los pasos donde sea necesario se indicará su encendido

1.- Deslizar la matriz de embutición desde la plataforma de almacenamiento hacia la plataforma del coche eléctrico.

2.- Trasladar con el coche la matriz junto a la prensa y elevarla hasta el nivel de la mesa de la prensa.

3.- Deslizar la matriz sobre la mesa y colocarla aproximadamente alineada con el vástago de la prensa.

IMPORTANTE: Liberar el límite de carrera superior de la prensa para tener el espacio suficiente para montar la matriz. El desplazamiento se consigue encendiendo la bomba de la prensa

4.- Desmontar los 4 pernos Allen usando la llave 10 mm de la brida de acople la matriz.

5.- Roscar el eje y la brida la matriz en el vástago de la prensa hasta que haga tope y ajustarlo con la llave Allen 14 mm

6.- Verificar el fin de carrera de la prensa para que permita acercar el vástago con la brida a la matriz hasta el nivel de la placa superior del mismo para proceder a colocar los pernos.

7.- Alinear la brida respecto a los pernos de ajuste del resorte para evitar golpearlos durante el acercamiento

8.- Accionar la bomba de la prensa y desplazar el vástago hacia la matriz, apagar la bomba cuando la distancia entre la brida y la placa superior estén entre 5 y 10 mm de distancia.

IMPORTANTE: Esperar hasta que la bomba se detenga completamente antes de liberar las palancas de accionamiento de la prensa.

9.- Alinear la matriz y colocar los pernos.

10.- Ajustar los pernos utilizando la llave Allen 10 mm

11.- Fijar la matriz a la mesa de la prensa utilizando las bridas con los pernos de  $\frac{1}{2}$ " x 2" ajustándolas con la llave de boca  $\frac{3}{4}$ "

12.- Fijar el inicio y fin de carrera de la prensa utilizando los topes que tiene la máquina. Estos topes se liberan y ajustan usando la llave Allen de  $\frac{1}{4}$ " y se los conoce también como límite inferior y límite superior.



*Ilustración 10 "Límite inferior prensa Denison"<sup>36</sup>*

13.- Dar el ajuste individual a los pernos de ajuste del resorte utilizando la llave 17 mm y la llave 10 mm hasta que la distancia entre el prensachapas y la matriz sea de aproximadamente 36 mm y que la cara inferior del prensachapas y la cara del punzón se encuentren alineadas.

14.- Realizar al menos tres golpes en vacío para validar el desplazamiento y centramiento de los elementos de la matriz.

Control:

---

<sup>36</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.



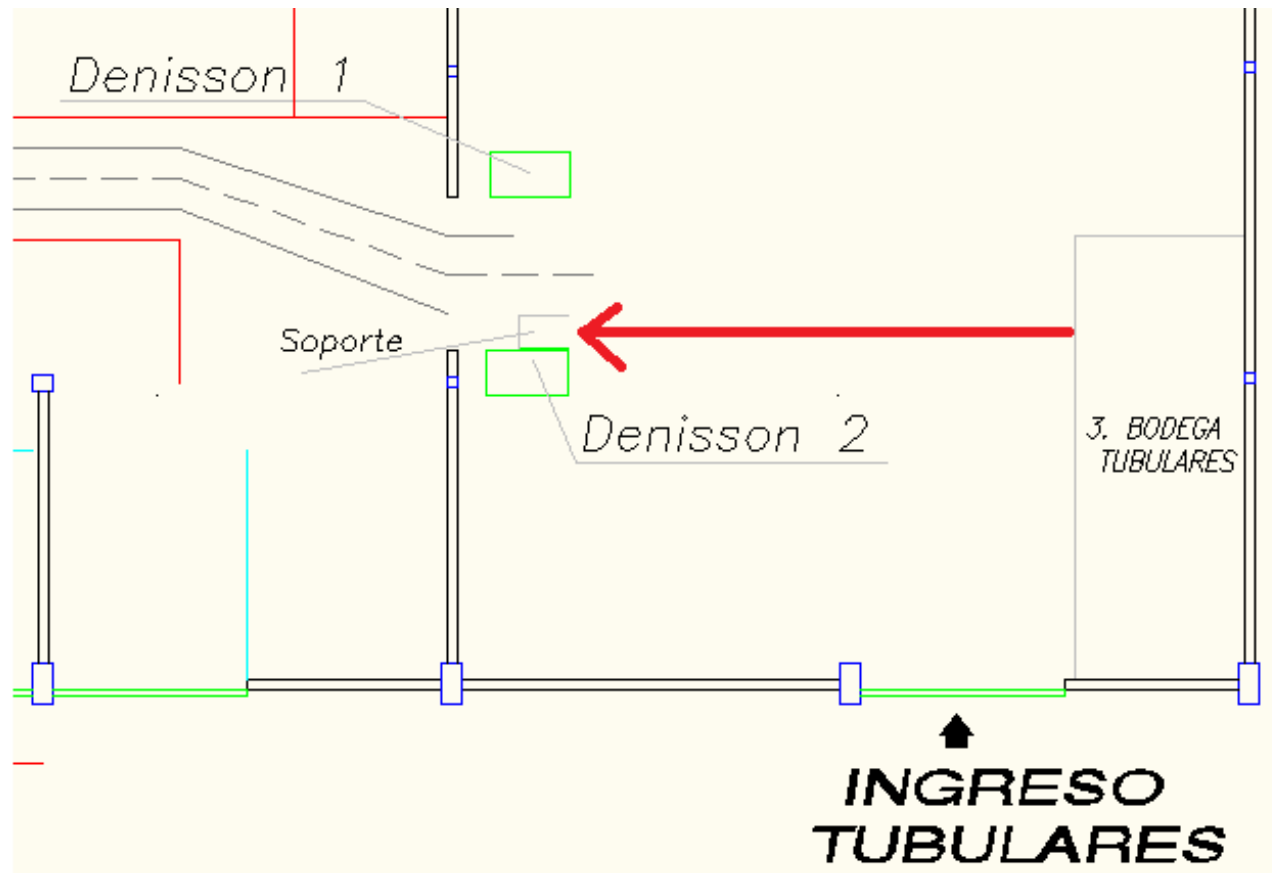
1.- Control de la preparación en función del desplazamiento y funcionamiento normal de la matriz

2.- Control del producto durante las pruebas de preparación directamente sobre el la roseta embutida. Evaluación dimensional y estética conforme a Plan de Inspección en Proceso.

Preservación de producto: Transporte y almacenamiento en plataforma y desplazamientos manuales desde y hacia la prensa, coche eléctrico y plataforma.

Tiempo estimado hasta la siguiente operación: 15 minutos (operación simultánea durante tiempo de recocido agrega 0 minutos al proceso)

Distancia recorrida: 7.5 m



Siguiente operación: Preparación de matriz de corte y conformado de hélice.

### 3.8.7 Preparación matriz de corte y conformado de hélice

Lugar donde se realiza la operación: Sección tubulares área Prensa Denisson 1

Equipo para manejo de materiales: Coche eléctrico, capacidad máxima 1 t



*Ilustración 11 Coche eléctrico capacidad máxima 1 t en preparación troquel corte y conformado de hélice <sup>37</sup>*

Equipo de protección personal:

- Guantes de cuero
- Zapatos de seguridad con punta de acero
- Gafas de protección

Herramientas:

- Llaves hexagonales: 1/4; 8mm; 14mm
- Llave de boca y corona 3/4"

---

<sup>37</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio

### Accesorios:

2 Bridas de sujeción con 2 pernos ½" x 2"

### **Descripción de la operación:**

OBSERVACION INICIAL: Para todas las etapas de la preparación la bomba de la prensa debe estar apagada en los pasos donde sea necesario se indicará su encendido

1.- Deslizar la matriz de corte desde la plataforma de almacenamiento hacia la plataforma del coche eléctrico

2.- Trasladar con el coche la matriz junto a la prensa y elevarla hasta el nivel de la mesa de la prensa.

3.- Deslizar la matriz sobre la mesa y colocarla aproximadamente alineada con el vástago de la prensa

4.- Desmontar los 4 pernos Allen usando la llave 8 mm de la brida de acople de la matriz.

5.- Roscar el eje y la brida la matriz en el vástago de la prensa hasta que haga tope y ajustarlo con la llave Allen 14 mm

6.- Verificar el fin de carrera de la prensa para que permita acercar el vástago con la brida a la matriz hasta el nivel de la placa superior del mismo para proceder a colocar los pernos.

7.- Accionar la bomba de la prensa para que se desplace el vástago hacia la matriz y apagar la bomba cuando la distancia entre la brida y la placa frontal estén entre 5 y 10 mm de distancia.

IMPORTANTE: Esperar hasta que la bomba se detenga completamente antes de liberar las palancas de accionamiento de la prensa.

8.- Alinear la matriz y colocar los pernos y los pasadores.

9.- Ajustar los pernos utilizando la llave Allen 8 mm

10.- Fijar la matriz a la mesa de la prensa utilizando las bridas ajustándolas con la llave de boca ½”

11.- Fijar el inicio y fin de carrera de la prensa utilizando los topes que tiene la máquina. Estos topes se liberan y ajustan usando la llave Allen de ¼” y se los conoce también como límite inferior y límite superior.

IMPORTANTE: Se debe calibrar con muestras para evitar el corte y el adelgazamiento de la hélice.



**Ilustración 12 “Límite inferior prensa Denison”<sup>38</sup>**

12.- Encender la bomba y verificar que el límite superior permita que el punzón deje libre el canal de desplazamiento del fleje y que en el límite inferior el punzón atraviese al menos 5 mm la matriz.

13.- Realizar al menos tres cortes en vacío para validar el desplazamiento y centramiento de los elementos la matriz.

---

<sup>38</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.

Control:

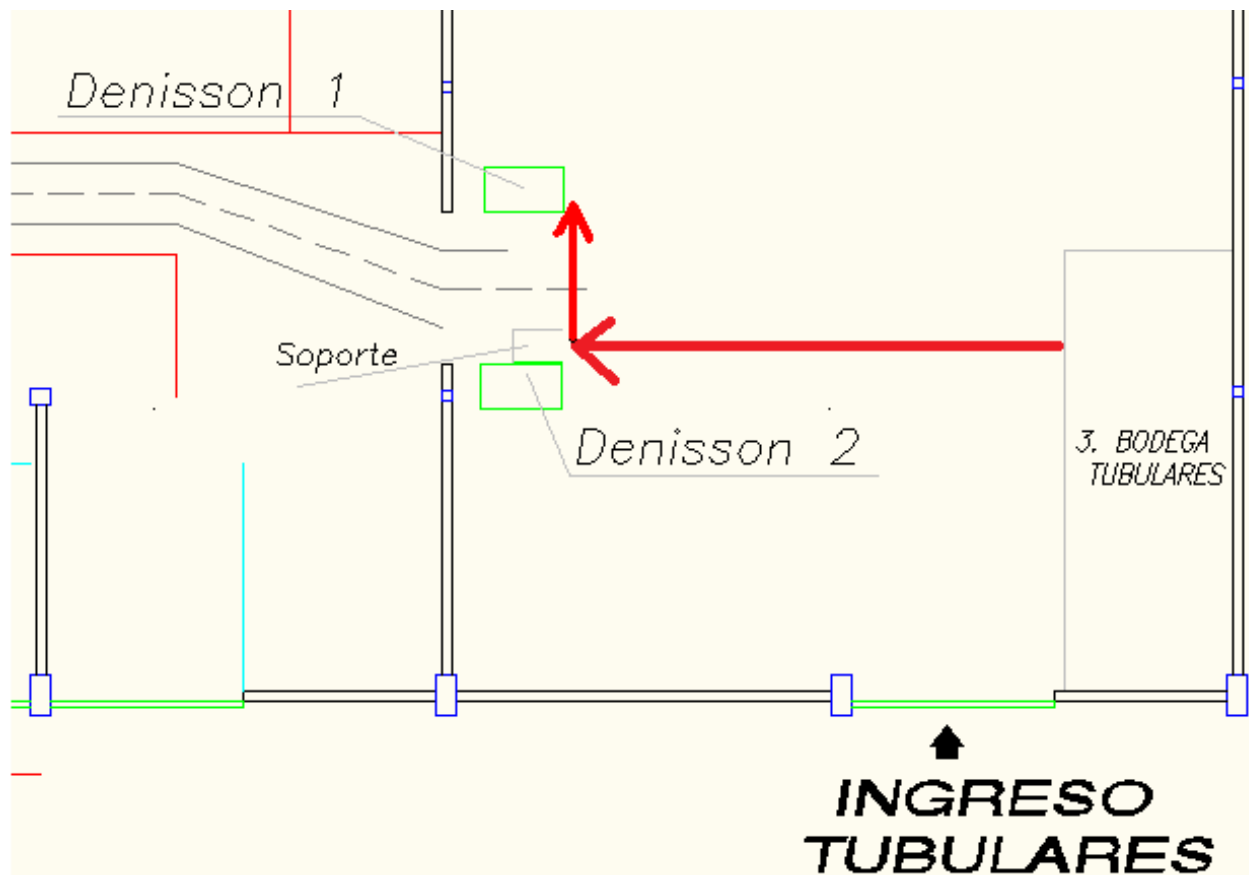
1.- Control de la preparación en función del desplazamiento y funcionamiento normal la matriz.

2.- Control del producto durante las pruebas de preparación directamente sobre el la roseta cortada. Evaluación dimensional y estética conforme a Plan de Inspección en Proceso.

Preservación de producto: Transporte y almacenamiento en plataforma y desplazamientos manuales desde y hacia la prensa, coche eléctrico y plataforma

Tiempo estimado hasta la siguiente operación: 15 minutos (operación simultánea durante tiempo de recocido agrega 0 minutos al proceso)

Distancia recorrida: 9.5 m



Siguiente operación: Embutido

### 3.8.8 Embutido

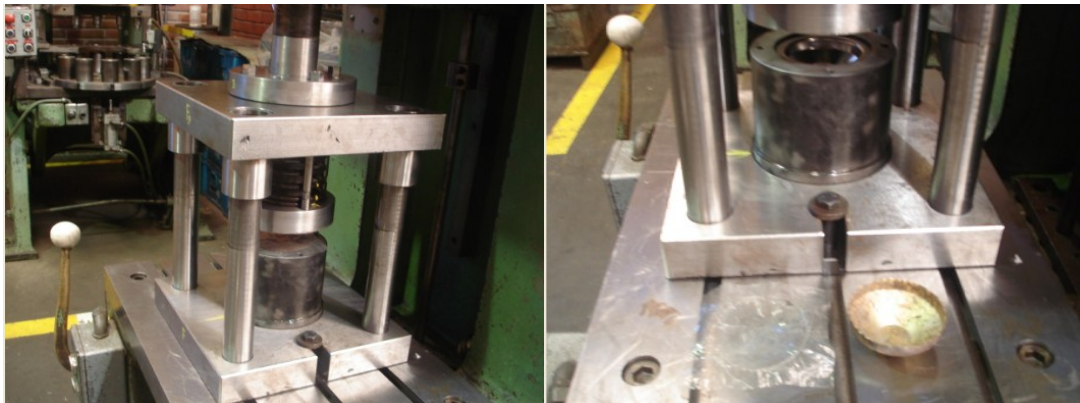
Lugar donde se realiza la operación: Sección tubulares área Prensa Denison 2

Equipo para manejo de materiales: Coche manual o eléctrico

Equipo de protección personal:

- Guantes de cuero
- Zapatos de seguridad con punta de acero
- Gafas de protección

Herramientas: Matriz de embutición



*Ilustración 13 Embutido de blancos en fabricación de roseta semi-terminada<sup>39</sup>*

Accesorios: Ninguno

#### **Descripción de la operación:**

1.- Lubricar los blancos y colocar lámina de polietileno sobre el blanco como lubricante sólido (ver anexo B) para disminuir el coeficiente de fricción dinámico durante la embutición

<sup>39</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio



2.- Colocar el blanco en la guía de la matriz

3.- Accionamiento de la prensa para la embutición.

IMPORTANTE.- El desplazamiento del vástago se realiza únicamente activando las dos palancas simultáneamente. En caso de presentarse alteraciones, modificaciones o funcionamiento inapropiado se deberá notificar inmediatamente al jefe o supervisor del sector.

4.- Embutir el total requerido para producción

5.- Traslado de rosetas embutidas a la prensa Denison 1 para el corte y conformado de la hélice.

Control:

Evaluación dimensional y estética conforme a Plan de Inspección en Proceso asignando a operación de EMBUTIDO

Preservación de producto: Las rosetas semi terminadas son colocadas a granel en tachos que son apilados hasta completar el lote y trasladadas hacia la prensa Denison 1

Tiempo estimado hasta la siguiente operación: 434 minutos

Distancia recorrida: 0 m

Siguiente operación: Corte y conformado de hélice

### **3.8.9 Corte y conformado de hélice**

Lugar donde se realiza la operación: Sección tubulares área Prensa Denison

1

Equipo para manejo de materiales: Coche manual o eléctrico

Equipo de protección personal:

- Guantes de cuero
- Zapatos de seguridad con punta de acero
- Gafas de protección

Herramientas:

Matriz de corte y conformado de hélice

Accesorios: Ninguno

#### **Descripción de la operación:**

1.- Colocar la roseta semi embutida en la matriz cónica

2.- Accionamiento de la prensa para generar el corte.

IMPORTANTE.- El desplazamiento del vástago se realiza únicamente activando las dos palancas simultáneamente. En caso de presentarse alteraciones, modificaciones o funcionamiento inapropiado se deberá notificar inmediatamente al jefe o supervisor del sector.



***Ilustración 14 Corte y conformado de hélice***<sup>40</sup>

3.- Conformar el total requerido para producción

4.- Traslado de la roseta a la sección pulido

Control:

1.- Evaluación dimensional y estética conforme a Plan de Inspección en Proceso asignando a operación CORTE Y CONFORMADO DE HELICE

Preservación de producto: Las rosetas terminadas son colocadas a granel en tachos que son apilados hasta completar el lote y trasladadas hacia la sección pulido

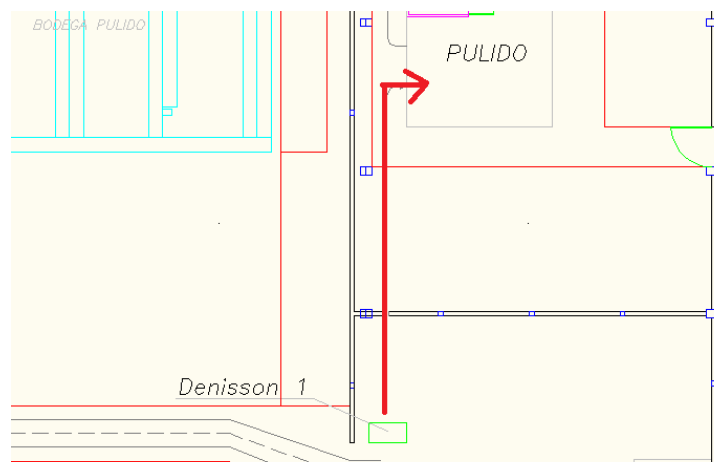
---

<sup>40</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio

Tiempo estimado hasta la siguiente operación: 257 minutos

Paso No.	Tiempo (min)	Distancia (m)	# Personas	●	➔	■	◐	▼	DESCRIPCION
23	223.00		0.46	x					Corte y conformado de hélice
24	9.00		0.02			x			Control dimensional y estético
25	15.00		0.03			x			Control de producción y registros de transferencia
26	10.00	11.00	0.02		x				Transporte a bodega pulido
27			--				x		Espera para inicio proceso pulido

Distancia recorrida: 11 m



Siguiente operación: Pulido

### **3.8.10 Pulido**

Lugar donde se realiza la operación: Sección pulido

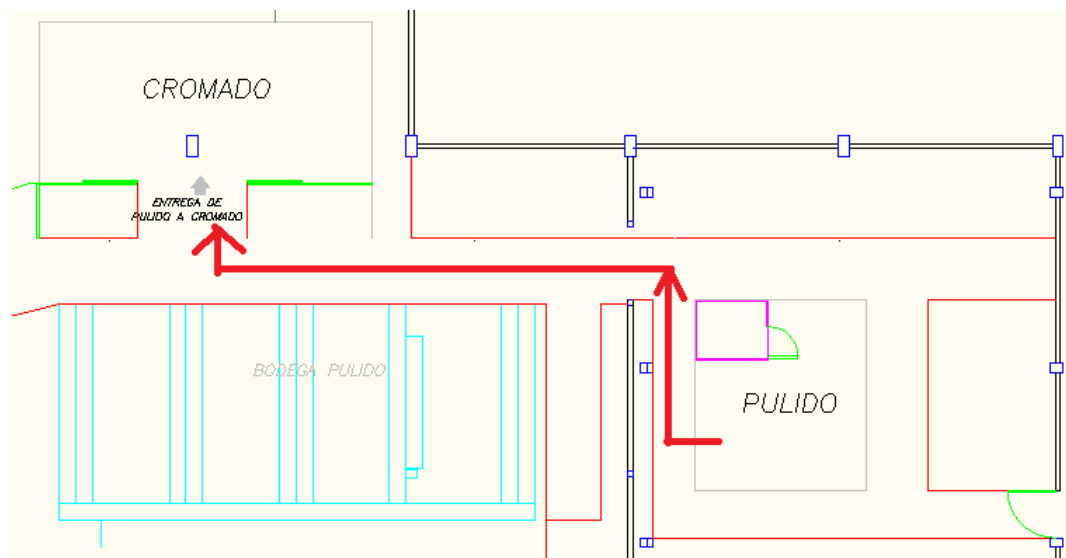
Los detalles del proceso de Pulido se encuentran bajo parámetros de confidencialidad del Grupo FV por lo que son simplemente nombrados dentro del proceso para la fabricación de la roseta 406.19.

Se detallará más adelante el criterio de evaluación para las piezas entregadas por la sección de pulido.

Tiempo estimado hasta la siguiente operación: 2247 minutos

Paso No.	Tiempo (min)	Distancia (m)	# Personas	●	➔	■	◐	▼	DESCRIPCION
28	2232.00		4.65	x					Pulido
29	0.00		--			x			Control estético
30	15.00	16.00	0.03		x				Transporte a bodega cromado
31			--				x		Espera para inicio proceso cromado

Distancia recorrida: 16 m



Siguiente operación: Cromado

### **3.8.11 Cromado**

Lugar donde se realiza la operación: Sección cromado

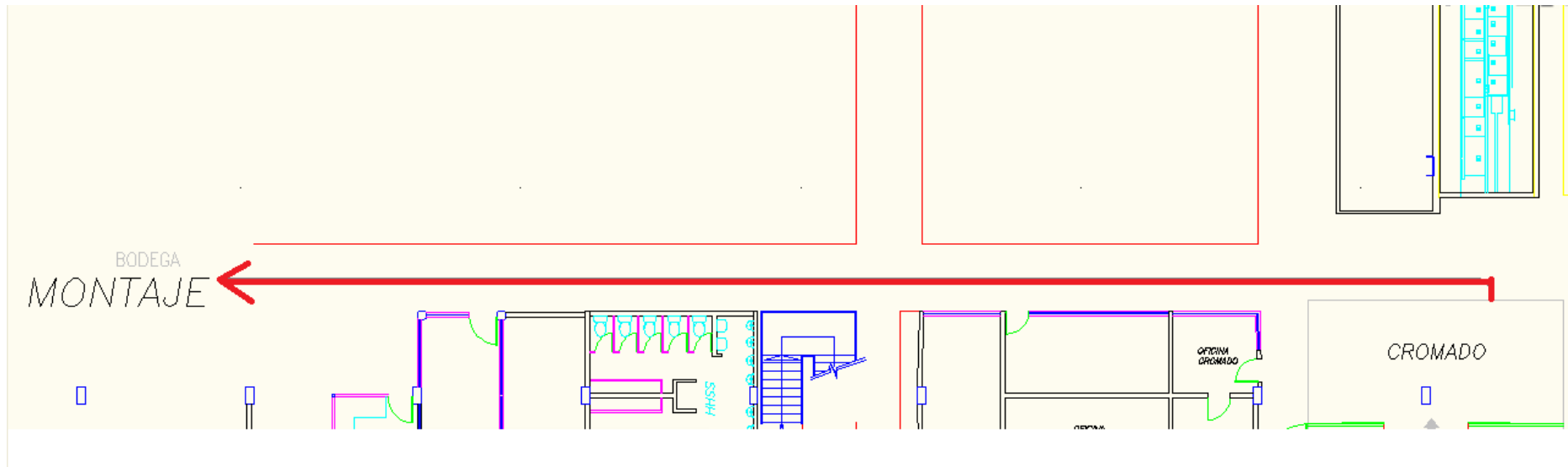
Los detalles del proceso de Cromado se encuentran bajo parámetros de confidencialidad del Grupo FV por lo que son simplemente nombrados dentro del proceso para la fabricación de la roseta 406.19.

Se detallará más adelante el criterio de evaluación para las piezas entregadas por la sección de cromado.

Tiempo estimado hasta la siguiente operación: 450 minutos

Paso No.	Tiempo (min)	Distancia (m)	# Personas	●	➔	■	◐	▼	DESCRIPCION
32	360.00		0.75	x					Cromado
33	75.00		0.16			x			Control estético
34	15.00	45.00	0.03		x				Transporte a bodega montaje
35			--					x	Bodega de montaje

Distancia recorrida: 45 m



Siguiente operación: Montaje.



## **CAPÍTULO 4.- RESULTADOS**

### **4.1 Selección del tipo de proceso**

Para la fabricación de la roseta 406.19 se utilizará el proceso de fabricación por lotes debido por las siguientes condiciones:

- Los productos se elaboran por encargo del cliente. La fabricación de la roseta 406.19 dependen de la demanda que es solicitada por el departamento de Planificación de la Producción mediante requerimiento a los sectores productivos.
- El volumen de operación (en términos de tamaño de los pedidos de los clientes) es reducido. Para el caso de la roseta el tamaño del lote fluctúa entre las 1800 y 2200 unidades/mes
- La demanda fluctúa fuertemente. No se tiene un dato de demanda constante
- Para permitir una gama amplia de productos, la maquinaria que se utiliza tiende a ser de uso general y los trabajadores altamente calificados. En el proceso de fabricación se compartirán las prensas Denison 1 y Denison 2, el horno Lindberg, las pulidoras y la cromadora.
- La mayoría de las operaciones relacionadas con la producción por lotes implican fabricación más que ensamblado. Desde el inicio hasta el fin del proceso de fabricación de la roseta no se tienen operaciones de ensamblado ya que éste proceso se consideró desde la recepción de la materia prima hasta la entrega de la roseta terminada en la sección de montaje o ensamble.

## 4.2 Flujo del proceso

Con el diagrama de flujo de procesos es posible determinar con más precisión datos acerca de los costos ocultos e improductivos, pues en éste es fácil visualizar tiempos, distancias recorridas, retrasos, etc.

Este diagrama muestra todos los movimientos del producto, por lo que son necesarios más símbolos, este va relacionado con el diagrama de recorrido o el diagrama de circulación, el diagrama de recorrido no es a escala solo es representativo, en tanto que el diagrama de circulación es un plano del lugar de trabajo, en estos diagramas se observa el recorrido de manera gráfica<sup>41</sup>

Los símbolos que se usan para construir este diagrama son (Ver Anexo C):

Operación: Se produce o se realiza algo.

Inspección: Se verifica la calidad o cantidad del producto

Transporte: Se cambia de lugar o se mueve un objeto

Demora: Se interfiere o retrasa al paso siguiente

Almacenamiento: Se guarda o se protege el producto/materiales

Resumen					
Actividad		Numero de Pasos	Tiempo (min)	Distancia (m)	# Personas
Operación	●	13	3719		8.0
Transporte	➔	8	100	327.50	0.0
Inspección	■	8	148		0.0
Espera	◐	4	30		
Almacenamiento	▼	2	--		
<b>TOTAL</b>		<b>35</b>	<b>3997</b>	<b>328</b>	<b>8</b>

<sup>41</sup> NIEBEL, Ingeniería Industrial, 11va Edición. Editorial Alfa omega

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO 406.19

ROSETA EMBUTIDA

Proceso:	Fabricación roseta embutida
Código:	460,19
Comienzo:	Bodega de recepción de Materia Prima
Fin:	Espera para ensamble
Lote	2232 unidades
Rollos	4
Unidades/rollo	558
Peso/rollo	20 Kg

Resumen

Actividad	Numero de Pasos	Tiempo (min)	Distancia (m)	# Personas
Operación	13	3359		8,0
Transporte	8	100	8,00	0,0
Inspección	8	148		0,0
Espera	4	30		
Almacenamiento	2	--		
<b>TOTAL</b>	<b>35</b>	<b>3637</b>	<b>8</b>	<b>8</b>

Paso No.	Tiempo (min)	Distancia (m)	# Personas	●	➔	■	◐	▼	DESCRIPCION	
1			--					x	Bodega de recepción de materia prima	TURNO 1
2	15,00		0,03	x					Recepción de fleje latón en bodega recepción de materia prima	
3	15,00		0,03			x			Control documental y dimensional del fleje	
4	15,00	1,00	0,03		x				Fleje a bodega de sección tubulares	
5	15,00		0,03	x					Almacenamiento de material	
6			--					x	Espera para inicio de proceso fabricación 406.19	
7	30,00		0,06	x					Preparación troquel de corte en Denisson 2	
8	5,00	1,00	0,01		x				Fleje a prensa Denisson 2	
9	15,00		0,03	x					Montaje de rollo en soporte	
10	170,00		0,35	x					Troquelado de blancos	
11	9,00		0,02			x			Control dimensional	
12	15,00	1,00	0,03		x				Blancos a horno Lindberg para recocido	
13	10,00		0,02	x					Preparación horno Lindberg	
14	240,00		0,50	x					Recocido	
15			--	x					Preparación troquel de embutición en Denisson 2	
16			--	x					Preparación troquel de corte y conformado en Denisson 1	
17	30,00		0,06					x	Enfriamiento de blancos	
18	10,00		0,02			x			Control visual	
19	15,00	1,00	0,03		x				Blancos a prensa Denisson 2	TURNO 2
20	409,00		0,85	x					Embutido	
21	15,00		0,03			x			Control dimensional y estético	
22	10,00	1,00	0,02		x				Roseta embutida a prensa Denisson 1	
23	223,00		0,46	x					Corte y conformado de hélice	TURNO 3
24	9,00		0,02			x			Control dimensional y estético	
25	15,00		0,03			x			Control de producción y registros de transferencia	
26	10,00	1,00	0,02		x				Transporte a bodega pulido	
27			--					x	Espera para inicio proceso pulido	
28	2232,00		4,65	x					Pulido	TURNO 4
29	0,00		--					x	Control estético	
30	15,00	1,00	0,03		x				Transporte a bodega cromado	
31			--					x	Espera para inicio proceso cromado	
32	360,00		0,75	x					Cromado	TURNO 5
33	75,00		0,16			x			Control estético	
34	15,00	1,00	0,03		x				Transporte a bodega montaje	
35			--					x	Bodega de montaje	

### 4.3 Resumen de flujo

RESUMEN DE OPERACIONES									
Paso No.	Tiempo (min)	Distancia (m)	* Perso						DESCRIPCION
2	15,00		0,03	x					Recepción de fleje latón en bodega recepción de materia prima
5	15,00		0,03	x					Almacenamiento de material
7	30,00		0,06	x					Preparación troquel de corte en Denisson 2
9	15,00		0,03	x					Montaje de rollo en soporte
10	170,00		0,35	x					Troquelado de blancos
13	10,00		0,02	x					Preparación horno Lindberg
14	240,00		0,50	x					Recocido
15			--	x					Preparación troquel de embutición en Denisson 2
16			--	x					Preparación troquel de corte y conformado en Denisson 1
20	409,00		0,85	x					Embutido
23	223,00		0,46	x					Corte y conformado de hélice
28	2232,00		4,65	x					Pulido
32	360,00		0,75	x					Cromado

## RESUMEN TRANSPORTES

Paso No.	Tiempo (min)	Distancia (m)	# Perso					DESCRIPCION
4	15,00	86,00	0,03		x			Fleje a bodega de sección tubulares
8	5,00	9,20	0,01		x			Fleje a prensa Denisson 2
12	15,00	80,00	0,03		x			Blancos a horno Lindberg para recocido
19	15,00	80,00	0,03		x			Blancos a prensa Denisson 2
22	10,00	3,00	0,02		x			Roseta embutida a prensa Denisson 1
26	10,00	1,00	0,02		x			Transporte a bodega pulido
30	15,00	1,00	0,03		x			Transporte a bodega cromado
34	15,00	1,00	0,03		x			Transporte a bodega montaje

## RESUMEN CONTROLES

Paso No.	Tiempo (min)	Distancia (m)	# Perso						DESCRIPCION
3	15,00		0,03			x			Control documental y dimensional del fleje (RECEPCION)
11	9,00		0,02			x			Control dimensional (TROQUELADO DE BLANCOS)
18	10,00		0,02			x			Control visual (RECOCIDO)
21	15,00		0,03			x			Control dimensional y estético (EMBUTIDO)
24	9,00		0,02			x			Control dimensional y estético (CORTE Y CONFORMADO HELICE)
25	15,00		0,03			x			Control de producción y registros de transferencia (CONTROL DOCUMENTAL)
29	0,00		--			x			Control estético (PULIDO)
33	75,00		0,16			x			Control estético (CROMADO)

## RESUMEN ESPERAS

Paso No.	Tiempo (min)	Distancia (m)	# Perso						DESCRIPCION
6			--				x		Espera para inicio de proceso fabricación 406.19
17	30,00		0,06				x		Enfriamiento de blancos
27			--				x		Espera para inicio proceso pulido
31			--				x		Espera para inicio proceso cromado

## RESUMEN ALMACENAMIENTOS

Paso No.	Tiempo (min)	Distancia (m)	# Perso						DESCRIPCION
1			--					x	Bodega de recepción de materia prima
35			--					x	Bodega de montaje

#### **4.4 Diagrama de circulación**

En éste se define en donde se encuentran ubicadas las máquinas, así como las diferentes estaciones de bodegaje y espera en el recorrido que sigue el material desde su recepción hasta cada una de las estaciones descritos en el diagrama de flujo. Este tipo de diagrama nos permite visualizar en forma real el recorrido en el proceso de fabricación lo cual permite optimizar el layout o encontrar rutas alternas más eficientes para el proceso. (Anexo D)

#### **4.5 Control del proceso de fabricación**

##### **4.5.1 Inspección durante la recepción**

La inspección durante la recepción tiene como finalidad ser el primer filtro de la calidad del producto ya que en ésta etapa se garantiza que la materia prima a utilizar cumple con los requisitos especificados para que el proceso fluya conforme los parámetros definidos para el material.

Para el proceso de inspección en la recepción se procederá a verificar lo siguiente:

**1.- Estado físico del producto.-** Esta inspección verifica el estado del producto y su embalaje de manera que se descarte deformaciones o golpes excesivos durante el transporte. En caso de presentarse novedades, las mismas son documentadas mediante registro fotográfico y reportadas al proveedor mediante un reporte de no conformidad.

**2.- Verificación de etiqueta del producto.-** Permite validar de forma visual la coincidencia documental del tipo de materia prima, lote, aleación y peso para verificarlo contra factura. Anexo F

**3.- Control dimensional.-** Para el caso del fleje se controlará únicamente el ancho del mismo y su espesor en al menos tres sectores del rollo. La especificación del fleje para la roseta 406.19 es de 100 -1mm y espesor de 0,4+/-0.05 mm



**4.- Control documental.-** Este control se lo realiza verificando la especificación del material solicitado contra el “CERTIFICADO DE CALIDAD” expedido por el fabricante, en éste se especifica:

**a.- DATOS BASICOS**

- Referencia
- Aleación
- Peso neto en Kg
- Lote

**b.- MEDIDAS**

- Ancho
- Espesor

**c.- COMPOSICION QUIMICA**

**d.- PROPIEDADES MECANICAS**

- Dureza en HV3
- Certificado de análisis de material en Anexo G

**4.5.2 Inspección durante el proceso de fabricación**

Los diferentes controles se definirán para cada una de las etapas del proceso y se establecerán mediante Planes de Inspección en Proceso (PIP) los cuales definen claramente que controlar, con que controlar y con qué frecuencia controlar. Los planes de inspección contienen la información del plano de referencia para poder tener un control de las actualizaciones, pues

los planos presentan la fecha de la última actualización y una letra de modificación.

### Plan de inspección en proceso

El plan de inspección en proceso (PIP) está diseñado para que los operadores simplifiquen la tarea de inspección pues éste es un resumen de las dimensiones y atributos críticos que varían durante el proceso más allá de las características dimensionales dadas por el mismo utillaje.

El PIP incluye información como qué controlar, con qué controlar y la frecuencia de control, así como también información básica que permite trazar el producto a fabricar con el plano vigente.

En el PIP se incluye también observaciones generales o específicas relacionadas al control del producto durante la etapa de fabricación:

PLAN DE INSPECCIÓN EN PROCESO						
ARTICULO: DESCRIPCION:			Operación:			
FECHA VIGENTE: LETRA:			Sección:			
Fecha PIP:			Rev. PIP No. ....			
ESQUEMA:						
No	Resp	ESPECIFICACIÓN	FORMA VERIFICACIÓN	OBS	n	Frecuencia
1	OP	Rayas	Según standard		3	c/h Desde el arranque
		<i>Solo durante preparación</i>				
5	PR	Exceso chapa 3 y 5,4	Calibre variable			
OBSERVACIONES:				Frecuencia	Responsable	
				n = N° de piezas a revisarse	OP. Operario	
				h = hora	PR .Preparador	
				c = cada		
LUGAR DE ARCHIVO: SECCIÓN PRODUCTIVA			TIEMPO: 1 AÑO			

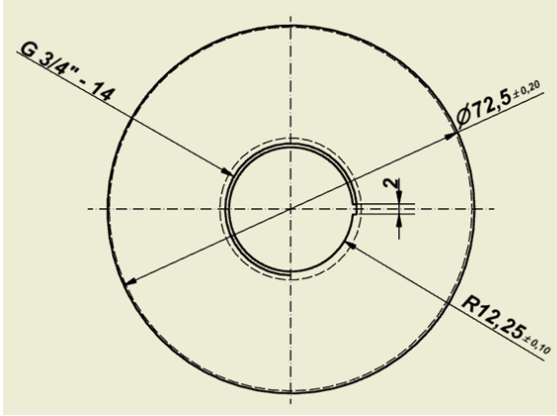
a.- Plan de inspección operación CORTE DE BLANCOS

PLAN DE INSPECCIÓN EN PROCESO						
ARTICULO: 406.19 DESCRIPCION: ROSETA			Operación: CORTE BLANCOS			
FECHA VIGENTE: LETRA: " "			Sección: CONFORMADO			
Fecha PIP:27/07/2011			Rev. PIP No. ....0....			
ESQUEMA:						
No	Resp	ESPECIFICACIÓN	FORMA VERIFICACIÓN	OBS	n	Frecuencia
1	OP	Rayas	Según standard		3	c/h Desde el arranque
2	OP	Rebabas				
3	OP	Forma				
4	OP	Diámetro exterior 94	Calibre variable			
		<b>Solo durante preparación</b>				
5	PR	Exceso chapa 3 y 5,4	Calibre variable			
OBSERVACIONES:				Frecuencia	Responsable	
				n = N° de piezas a revisarse	OP. Operario	
				h = hora	PR .Preparador	
				c = cada		
<b>FRECUENCIAS:</b>						
PREPARÓ: Inicio Quinteros						
V.B. SUPERVISOR:						
LUGAR DE ARCHIVO: SECCIÓN PRODUCTIVA						
TIEMPO: 1 AÑO						

b.- Plan de inspección operación EMBUTICION

PLAN DE INSPECCIÓN EN PROCESO						
ARTICULO: 406.19 DESCRIPCION: ROSETA			Operación: EMBUTICION			
FECHA VIGENTE: LETRA: " "			Sección: CONFORMADO			
Fecha PIP :27/07/2011			Rev. PIP No. ....0....			
ESQUEMA:						
Standard embutido						
No	Resp	ESPECIFICACIÓN	FORMA VERIFICACIÓN	OBS	n	Frecuencia
1	OP	Rayas	Según standard		3	c/2h Desde el arranque
2	OP	Rebabas				
3	OP	Forma				
4	OP	Diámetro exterior 72,6	Calibre variable			
		<b>Solo durante preparación</b>				
5	OP	Diámetro exterior 28.3	Calibre variable			
6	OP	Altura 8	Calibre variable	1		
OBSERVACIONES:				Frecuencia	Responsable	
1.- Esta medida se toma de forma aproximada hasta el inicio del excedente que queda como sobrante luego de la embutición				n = N° de piezas a revisarse	OP. Operario	
				h = hora	PR .Preparador	
				c = cada		
<b>FRECUENCIAS:</b>						
PREPARÓ: Vinicio Quinteros			V.B. SUPERVISOR:			
LUGAR DE ARCHIVO: SECCIÓN PRODUCTIVA			TIEMPO: 1 AÑO			

c.- Plan de inspección operación CORTE Y CONFORMADO DE HELICE

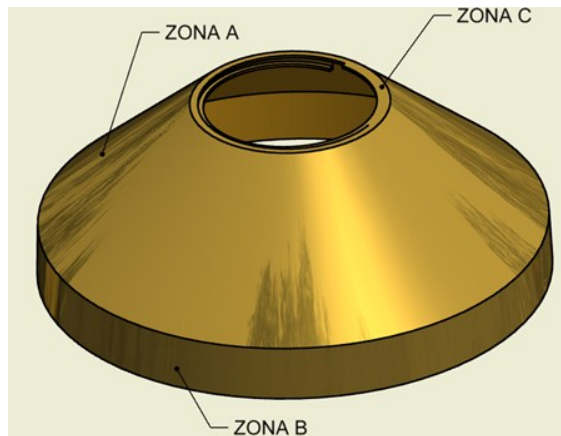
PLAN DE INSPECCIÓN EN PROCESO						
ARTICULO: 406.19			Operación: CORTE Y CONFORMADO DE HELICE			
DESCRIPCION: ROSETA			Sección: CONFORMADO			
FECHA VIGENTE: LETRA: " "			Rev. PIP No. ....0....			
Fecha PIP:27/07/2011						
ESQUEMA:						
						
No	Resp	ESPECIFICACIÓN	FORMA VERIFICACIÓN	OBS	n	Frecuencia
1	OP	Rebabas	Según standard		3	c/2h Desde el arranque
2	OP	Forma				
3	OP	Rosca interior G3/4		P.r.b G3/4		
		<b>Solo durante preparación</b>				
4	PR	Ranura 2	Calibre variable			
OBSERVACIONES:				Frecuencia	Responsable	
1.- El control se realiza únicamente con el lado pasa				n = N° de piezas a revisarse	OP. Operario	
				h = hora	PR .Preparador	
				c = cada		
<b>FRECUENCIAS:</b>						
PREPARÓ: Vinicio Quinteros			V.B. SUPERVISOR:			
LUGAR DE ARCHIVO: SECCIÓN PRODUCTIVA			TIEMPO: 1 AÑO			

La evaluación para el proceso de pulido se realiza mediante estándar en el cual se definen cualidades estéticas que son valoradas de manera diferente considerando las áreas de visualización del producto. Para el caso de la roseta se definen áreas A, B y C, siendo:

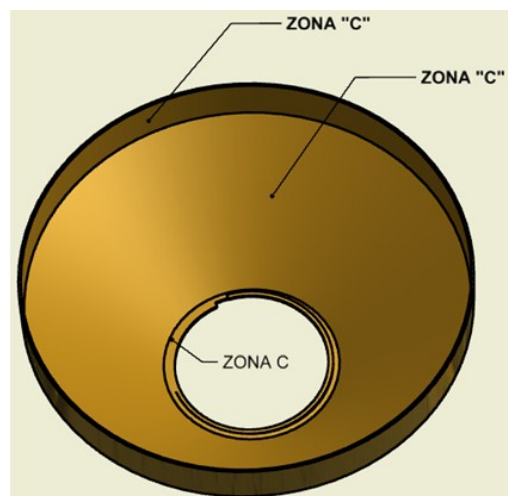
A.- La zona que se aprecia a primera vista en posición normal de instalación.

B.- Las zonas de la roseta que no resaltan a primera vista y que para observarlas se debe cambiar el ángulo de visualización.

C.- Las zonas que una vez instalado el producto no van a ser visualizadas

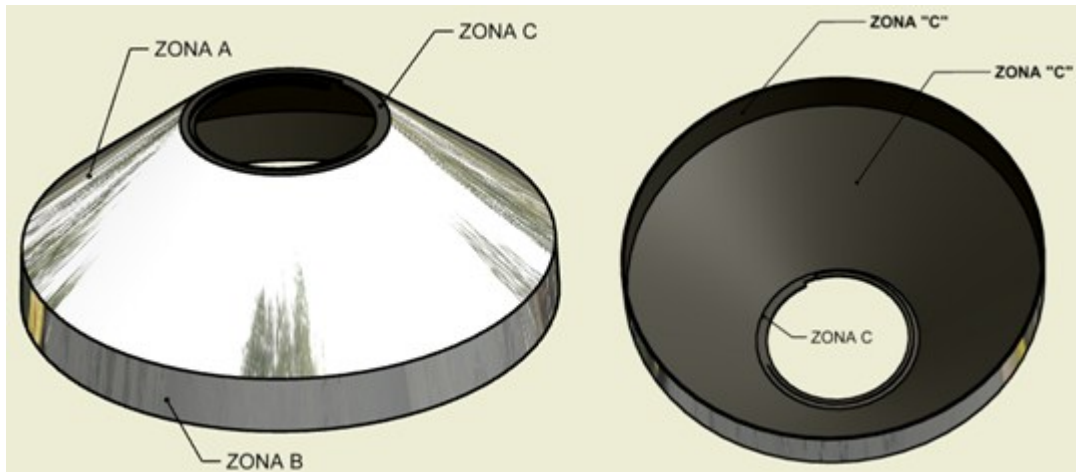


**Ilustración 15 “Zonas de inspección frontales Roseta 406.19”**



**Ilustración 16 “Zonas de inspección posteriores roseta 406.19”**

En cuanto a la evaluación para el cromado adicional a la inspección estética que es evaluada bajo las mismas consideraciones que las utilizadas para el pulido se realizarán también los ensayos especificados en la norma ASME A112.18.2/2005 Plumbing Fixture Fittings



**Ilustración 17 “Zonas de inspección rosca 406.19 cromada”**

#### **4.6 Costos**

Para la determinación del costo unitario se tomará en cuenta el costo de la materia prima más el costo que se agrega por minuto productivo en cada una de las áreas o secciones por las que atraviesa la rosca durante su fabricación.

Costo de Materia Prima:

- Fleje en mm 100 x 0.4, aleación C260 (UNS C26000) 12.37 USD/Kg. Anexo H (Cotización INCOAL 2011/03/23)
- Rendimiento fleje: 28 blancos/Kg
- Desperdicio: 0.010 Kg/corte
- A favor por desperdicio: USD 0.031
- Costo materia prima por unidad: USD 0.441

- Costo de Fabricación:
- USD 0.583/roseta (ver detalles siguiente tabla)

ROSETA EMBUTIDA

Proceso: Fabricación roseta embutida  
 Código: 460.19  
 Lote 2232 unidades  
 Rollos 4  
 Unidades/rollo 558  
 Peso/rollo 20 Kg  
 Rendimiento 28 blancos/Kg

Paso No.	Tiempo (min) lote 2232	Tiempo (min) unitario	Costo minuto productivo	USD	DESCRIPCION	
1		0.00000	0.33	0.0000	Bodega de recepción de materia prima	TUBULARES
2	15.00	0.00672	0.33	0.0022	Recepción de fleje latón en bodega recepción de materia prima	
3	15.00	0.00672	0.33	0.0022	Control documental y dimensional del fleje	
4	15.00	0.00672	0.33	0.0022	Fleje a bodega de sección tubulares	
5	15.00	0.00672	0.33	0.0022	Almacenamiento de material	
6		0.00000	0.33	0.0000	Espera para inicio de proceso fabricación 406.19	
7	30.00	0.01344	0.33	0.0044	Preparación troquel de corte en Denisson 2	
8	5.00	0.00224	0.33	0.0007	Fleje a prensa Denisson 2	
9	15.00	0.00672	0.33	0.0022	Montaje de rollo en soporte	
10	170.00	0.07616	0.33	0.0251	Troquelado de blancos	
11	9.00	0.00403	0.33	0.0013	Control dimensional	
12	15.00	0.00672	0.33	0.0022	Blancos a horno Lindberg para recocido	
13	10.00	0.00448	0.33	0.0015	Preparación horno Lindberga	
14	240.00	0.10753	0.33	0.0355	Recocido	
15		0.00000	0.33	0.0000	Preparación troquel de embutición en Denisson 2	
16		0.00000	0.33	0.0000	Preparación troquel de corte y conformado en Denisson 1	
17	30.00	0.01344	0.33	0.0044	Enfriamiento de blancos	
18	10.00	0.00448	0.33	0.0015	Control visual	
19	15.00	0.00672	0.33	0.0022	Blancos a prensa Denisson 2	
20	409.00	0.18324	0.33	0.0605	Embutido	
21	15.00	0.00672	0.33	0.0022	Control dimensional y estético	
22	10.00	0.00448	0.33	0.0015	Roseta embutida a prensa Denisson 1	
23	223.00	0.09991	0.33	0.0330	Corte y conformado de hélice	
24	9.00	0.00403	0.33	0.0013	Control dimensional y estético	
25	15.00	0.00672	0.33	0.0022	Control de producción y registros de transferencia	
26	10.00	0.00448	0.33	0.0015	Transporte a bodega pulido	
27		0.00000	0.33	0.0000	Espera para inicio proceso pulido	
28	2232.00	1.00000	0.27	0.2700	Pulido	PULIDO
29	0.00	0.00000	0.27	0.0000	Control estético	
30	15.00	0.00672	0.27	0.0018	Transporte a bodega cromado	
31		0.00000	0.27	0.0000	Espera para inicio proceso cromado	
32	360.00	0.16129	0.59	0.0952	Cromado	CROMADO
33	75.00	0.03360	0.59	0.0198	Control estético	
34	15.00	0.00672	0.59	0.0040	Transporte a bodega montaje	
35		0.00000	0.59	0.0000	Bodega de montaje	
<b>COSTO TOTAL FABRICACION</b>				<b>0.5830</b>		

Tabla 7 “Costo de fabricación roseta embutida por secciones”<sup>42</sup>

- Costo Roseta puesta en montaje: USD 0.99
- Precio de venta roseta Argentina: USD 1.07

42 Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso de Embutición Modelo 406.19*, Quito Ecuador, 2010



- Ahorro desde precio de venta: USD 0.08/unidad
- Consumo anual: 21600
- Ahorro anual: USD 1728

Cabe señalar que al precio de venta se debe agregar el embarque e impuestos de nacionalización.

Adicionalmente se elimina el costo de preparación y emisión de la orden

Otra consideración importante es el costo de mantener el inventario del stock mínimo que se considera un valor de “15% al 40%”<sup>43</sup> del valor total del mismo

En importación:

- Stock mínimo: 8100 unidades
- Costo inventario al 15%:
- $8100 \times 1.07 \times 1.15 = 9967,05$  USD
- Costo inventario al 40%
- $8100 \times 1.07 \times 1.4 = 12133,80$  USD

En fabricación local:

- Stock mínimo: 1800
- Costo inventario al 15%

---

<sup>43</sup> Chase – Jacobs – Aquilano, *Administración de la producción y operación*, 10ma Edición, Capítulo 2, Tabla 2.1, pág. 50.

- $1800 \times 0.99 \times 1.15 = \text{USD } 2049 \text{ USD}$
- Costo inventario al 40%
- $1800 \times 0.99 \times 1.40 = \text{USD } 2495 \text{ USD}$

Resumen de costos:

Costo Unitario					
	Consumo Anual	Ecuador	Argentina	Diferencia	Total
Costo Unidad	21600	0,99	1,07	0,08	<b>1728</b>

Costo Inventario			
	Ecuador	Argentina	Diferencia
Stock mínimo	1800	8100	
Inventario al 15%	2049,3	9967,05	<b>7917,75</b>
Inventario al 40%	2494,8	12133,8	<b>9639</b>

	Min	Max
<b>Ahorro Total Anual</b>	<b>9645,75 USD</b>	<b>11367 USD</b>

## TASA INTERNA DE RETORNO PROYECTO ROSETA 406.19

Inversion inicial	14000
Inflaciòn	0,44%
Diferencial precio	0,08

	Consumo mensual	Consumo anual	Diferencial precio	BENEFICIO NETO*	Costo inventario	VAN	TIR	VERIF
año 0				-14000,00				
año 1	1800	21600	0,080	9645,75	7917,75	9603,49	-31%	0,00
año 2	1800	21600	0,080	9688,19	7952,59	19206,99	24%	0,00
año 3	1800	21600	0,081	9730,82	7987,58	28810,48	48%	0,00
año 4	1800	21600	0,081	9773,63	8022,72	38413,98	58%	0,00
año 5	1800	21600	0,081	9816,64	8058,02	48017,47	63%	0,00

\* Diferencial de precio + ahorro de inventario

### INFLACION

FECHA	VALOR
Julio-31-2011	0,18%
Junio-30-2011	0,04%
Mayo-31-2011	0,35%
Abril-30-2011	0,82%
Marzo-31-2011	0,34%
Febrero-28-2011	0,55%
Enero-31-2011	0,68%

DATOS BANCO CENTRAL DEL ECUADOR

### DEPRECIACION

DEPRECIACION = inversión total / 10 años

14000/10 = 1400

DEPRECIACION = 1400 USD/año

### PERIODO DE RETORNO DE LA INVERSION

PRI = INVERSION TOTAL / BENEFICIO NETO

14000/9645 = 1,45 años

PRI = 17,4 meses

<http://www.masconsulting.com.ar/Documentos/a%20articulos%20pdf/03-03-07%20Criterios%20decision%20-%20lledo.PDF>

Comparación entre distintos Criterios de decisión (VAN, TIR y PRI)

## CONCLUSIONES

- Se definió como alternativa de proceso de fabricación el embutido profundo considerando las restricciones definidas al inicio del proyecto con lo cual se logró fabricar la roseta 406.19 dentro de las especificaciones solicitadas, utilizando la maquinaria existente en las instalaciones de FV Área Andina S.A.
- El costo de la roseta puesta en montaje alcanzó el objetivo de situarse aunque con una diferencia mínima debajo del precio de venta de Argentina.
- El mayor ahorro obtenido se da en la reducción del costo de inventario debido a que se reduce el stock de seguridad de 5 meses a 1 mes (de 8100 unidades a 1800)
- Para el acabado superficial se utilizó la infraestructura y tecnología utilizada por FV sin incurrir en variantes que modifiquen el proceso normal.
- Se seleccionó una configuración de planta en distribución funcional por ajustarse a las condiciones de procesamiento entre las diferentes etapas de fabricación que dan un valor agregado al producto.
- No es posible en cuanto a la distribución actual reducir los desplazamientos entre la sección de tubulares y el horno debido a que la mayor carga de trabajo de éste se encuentra en la sección en la que se encuentra actualmente.
- El tipo de proceso productivo seleccionado fue el de producción por lotes ya que se ajusta a las condicionantes para éste tipo de proceso.
- La complejidad de la pieza a fabricar mediante el proceso de embutido, determina de igual manera el tipo de matriz que se debe

emplear, ya sea de embutido simple como de embutido progresivo. En nuestro caso, la fabricación de la roseta 406.19 se emplea el embutido simple con prensachapas.

- El uso de láminas de polietileno como lubricante para la embutición permite mejorar el deslizamiento y reduce la formación de arrugas durante el conformado.

## RECOMENDACIONES

- Es importante considerar las relaciones para embutido con y sin prensachapas ya que esto permite definir las diversas formas de piezas embutidas que se pueden obtener y la complejidad de la matricería
- Para mejorar la calidad del embutido se recomienda realizar el recocido de los blancos en horno a 600C manteniendo la temperatura por un mínimo de 4 horas.
- Para el proceso de corte de los blancos es necesario implementar un dispensador de fleje.
- La calibración de la carrera en la matriz de corte y embutido de la hélice debe ser ajustada con precisión para asegurar que en la primera en una misma etapa corte el centro y solo embuta la hélice, la falta de calibración puede provocar el corte simultáneo de la hélice.
- La complejidad de la pieza a fabricar mediante el proceso de embutido, determina de igual manera el tipo de matriz que se debe emplear, ya sea de embutido simple como de embutido progresivo. En nuestro caso, la fabricación de la roseta 406.19 se emplea el embutido simple con prensachapas.
- El juego dimensional que debe existir entre el punzón y la matriz es la base primordial para lograr un perfecto conformado de la pieza, razón por la cual la mínima pérdida de holgura generará defectos de fabricación como ondulaciones y perfiles no definidos.

## BIBLIOGRAFÍA

- *ASM Handbook, ASM International, Materials Selection and Design, Vol. 20, 1997, p 687-704*
- *Borjas Francisco, Plantas Industriales y Manejo de Materiales I, Valencia, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo. 1989.*
- *Buffa Elwood y Rakesh Sarin, Administración de la Producción y de las Operaciones, México, Editorial Limusa, 1992, 932 págs.*
- *Chase – Jacobs – Aquilano, Administración de la producción y operación, 10ma Edición*
- *Data Card Index, Manufacturing with Materials, The Open University, Milton Keynes, 1990*
- *J.H. Mendenhall, Ed., Understanding Copper Alloys, Olin Corporation, 1977*
- *L. Edwards and M. Edean, Ed., Manufacturing with Materials, Butterworth's, 1990*
- *Kalpakjian Serope y Schmid, Steven R. Manufactura, ingeniería y tecnología. México, 2002: Pearson Educación*
- *Kalpakjian Schmid, Manufacturing Processes for Engineering Materials, 5th Edición, © 2008, Pearson Education*
- *M.F. Ashby, Materials Selection in Mechanical Design, Pergamon Press, 1992*
- *NIEBEL, Ingeniería Industrial, 11va Edición. Editorial Alfa omega. 2004*

- *UMSS Faculta de Ciencias y Tecnología, Ciencia de Materiales, Capitulo 2, Figura 2.20, p 85*
- *<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4100002/lecciones/taxonomia/sistemaproductivo.htm>*
- *[http://www.toledometalspinning.com/services/deep\\_drawing/](http://www.toledometalspinning.com/services/deep_drawing/)*



## **GLOSARIO DE TÉRMINOS**

**Ingeniería.** *Conjunto de conocimientos y técnicas que permiten aplicar el saber científico a la utilización de la materia y de las fuentes de energía// 2. Profesión y ejercicio del ingeniero.*

**Ingeniero, ra.** *(De ingenio, máquina o artificio) Persona que profesa o ejerce la ingeniería. //2. El que discurre con ingenio las trazas y modos de conseguir o ejecutar una cosa. // etc. etc.*

**Ingenio.** *(Del Lat. Ingenium.) Facultad del hombre para discurrir o inventar con prontitud y facilidad.//2 Sujeto dotado de esta facultad.//3 Intuición, entendimiento, facultades poéticas y creadoras. //4. Industria maña y artificio de uno para conseguir lo que desea.//5 Chispa, talento para mostrar rápidamente el aspecto gracioso de las cosas.//6 Máquina o artificio mecánico.//7 Cualquier máquina o artificio de guerra para ofender y defenderse.//8 Instrumento usado por los encuadernadores para cortar los cantos de los libros.//9 Ingenio de azúcar. Etc.*

**Lead time** *es el tiempo que transcurre desde que se inicia un proceso de producción hasta que se completa, incluyendo normalmente el tiempo requerido para entregar ese producto al cliente.*

**Uillaje.** *Matricería que se utiliza en el proceso de conformado de partes y piezas.*

# **ANEXOS**

## **MODULO I**

**ANEXO A.-**  
**RESTRICCIONES**  
**PROVEEDORES**



[brass plate/brass sheets C26800/C28000/C26200/C26000\(H-H-C3\)](#)

material:C26800,C28000,C26200,**C26000**,C11000

thickness:0.7--12mm

width:50-600mm

length:2m...

**Min. Order: 1 Metric Ton**

Category:Minerals & Metallurgy | Copper Sheets

RelatedKeywords: Brass Sheet | Brass Sheets C26800 | Brass Flat Plate

<http://au.alibaba.com/products/c26000.html>

**ANEXO B.-  
LUBRICANTE  
SÓLIDO**

# DETERMINACIÓN DE COEFICIENTES DE ROCE EN CHAPAS DE EMBUTIDO PROFUNDO PARA DIFERENTES CONDICIONES DE LUBRICACIÓN Y ACABADO SUPERFICIAL

J. W. Insausti<sup>(a)</sup>, P. Benedetti<sup>(a)</sup>, L. Iurman<sup>(b)</sup>, A. Lucaioli<sup>(b)</sup>, D. Ziegler<sup>(b)</sup>, P. Traversa<sup>(a)</sup>

<sup>a</sup> Universidad Nacional del Sur. Dto. De Física.

<sup>b</sup> Universidad Nacional del Sur. Dto. de Ingeniería.

Avda. Alem 1253. 8000 Bahía Blanca. Fax: 54-291-4595156 Tel: 54-291-4595157.

E mail: [insausti@criba.edu.ar](mailto:insausti@criba.edu.ar); [sam@criba.edu.ar](mailto:sam@criba.edu.ar)

## RESUMEN

En el embutido de chapas de acero se ponen en juego importantes fuerzas de fricción. Ellas dependen, además de la geometría de la herramienta, del coeficiente de roce entre las superficies en contacto. Este parámetro a su vez varía con el régimen de lubricación imperante en el proceso, el acabado superficial de la chapa y los deslizamientos sucesivos que ésta sufre. Existen ensayos normalizados para medirlo, con diferentes geometrías de herramental.

En el presente trabajo se describen los ensayos llevados a cabo en una máquina diseñada y construida en el laboratorio, que responde a los ensayos tipo Inland, siguiendo las recomendaciones contenidas en la especificación D31 1738/--A de la Cía. Renault.

Los ensayos se realizaron utilizando diferentes condiciones de lubricación mediante el empleo de polietileno y aceites especiales usados en operaciones industriales. Para evaluar la influencia del acabado superficial se utilizaron chapas de acero de calidades diferentes. Se compararon los resultados obtenidos en cada caso y se estudiaron las variaciones ante deslizamientos sucesivos.

## Palabras claves

Fricción, lubricación, conformado, ensayos

## INTRODUCCIÓN

En las operaciones de conformado de chapas metálicas, el material es obligado a deslizarse sobre el herramental, y las condiciones en que tiene lugar este deslizamiento son importantes por cuanto: [1]

- Definen la magnitud de las fuerzas y por lo tanto de las energías puestas en juego en el proceso.
- Influyen en la calidad superficial de la pieza obtenida.
- Son responsables del éxito o del fracaso de la operación por cuanto fuerzas excesivas del punzón pueden conducir a roturas de la chapa, o bien una relación diferente entre embutido y estirado puede no dar lugar a la obtención de una pieza final con las características de forma o mecánicas deseadas.
- Incide en la vida útil del herramental usado en el proceso de conformado.

Por la importancia del tema, se han desarrollado numerosos ensayos para analizar las condiciones en que deslizan las chapas sobre el herramental [2].

Mediante los mismos se pretende:

- Determinar el coeficiente de roce.

- Estudiar los posibles daños superficiales producidos por condiciones inadecuadas de deslizamiento entre chapa y herramental.

Uno de los ensayos propuestos para el estudio señalado es el que se conoce como “Ensayo Inland” . [3, 4]. En el mismo se utiliza un herramental compuesto por una placa plana y una herramienta de perfil circular, entre las cuales se hace pasar una chapa recubierta con el lubricante cuyo comportamiento se quiere analizar. Ver Figura 1.

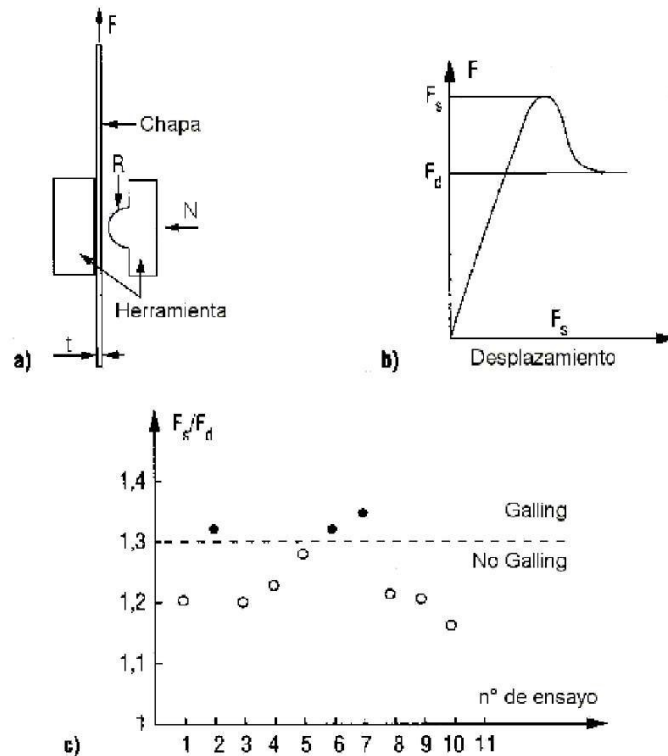


Figura 1. El ensayo Inland. a) Geometría, b) variación de la fuerza de roce al comienzo del ensayo, c) Relación entre el cociente de las fuerzas de roce y la aparición de daño superficial (“galling”) para diferentes presiones de contacto.

La chapa es apretada entre las placas con una fuerza N, y se hace deslizar mediante la aplicación de una fuerza F. El coeficiente de roce se determina con la expresión

$$\mu = \frac{F}{2 \cdot N} \quad (1)$$

Una variante de este ensayo lo constituye la especificación D31 1738/-A de la Compañía Renault [5]. En la misma se estipulan, entre otras, las condiciones en que se debe realizar el ensayo, el radio de la herramienta de perfil circular (10 mm), la fuerza normal de sujeción N (500 daN), y la velocidad de deslizamiento de la chapa (20 mm/min).

Una característica del ensayo tipo Inland es que las condiciones tratarían de reproducir las presiones usuales de los prensachapas en las operaciones industriales de conformado, que son del orden de 35 Kgf/cm<sup>2</sup>. En la especificación Renault mencionada, estas presiones son mayores, con lo que las condiciones del ensayo se vuelven más críticas.

### EXPERIENCIAS REALIZADAS

Los ensayos se llevaron a cabo sobre dos chapas de acero de bajo carbono, cuyas características figuran en la Tabla 1.

Tabla 1. Características de las chapas ensayadas

	Chapa "A"	Chapa "B"
Espesor [mm]	0,97	0,91
Dureza HV5	93,4	93,4
Tamaño de grano ASTM	Entre 7 y 8	6
Rugosidad inicial Ra [μm] (Delante)	1.14	0.89
Rugosidad inicial Ra [μm] (Reverso)	1.2	0.82

Como lubricantes se usaron dos tipos de aceite y película de polietileno.

Los aceites empleados fueron: TSD 996 recomendado para ensayo SWIFT y Prelube ANTICORIT PL 3802 L anticorrosivo con propiedades de estampado. Las características de los lubricantes se indican en la Tabla 2.

Tabla 2. Características de los lubricantes utilizados

PRELUBE Aditivos anticorrosivos disueltos en aceite mineral	Color	-	Amarillento oscuro
	Densidad a 15 °C	Gr/ml	0.88
	Viscosidad a 40°C	Cst	26
	Punto de inflamación	°C	140
	Ensayo de 4 bolas	N	4000
	Cámara de humedad	Horas	480
	Cámara de Rocío salino (vertical)	Horas	72
ACEITE Aceite mineral con aditivos de EP (TSD 996)	Color	-	Amarillento oscuro
	Viscosidad Redwood a 93,3 °C	seg	70 a 80
	Punto de inflamación	°C	215
	Acidez orgánica KOH/gramo máx	mg	0.10
	Acidez inorgánica		ninguna
POLIETILENO	Espesor	μm	40

Las probetas de 50 mm de ancho y 40 cm de longitud, fueron desengrasadas en un baño de tetracloruro de carbono sometido a vibración por ultrasonido durante 10 minutos. Luego fueron inmersas en el lubricante y dejadas escurrir durante un mínimo de 20 horas en un



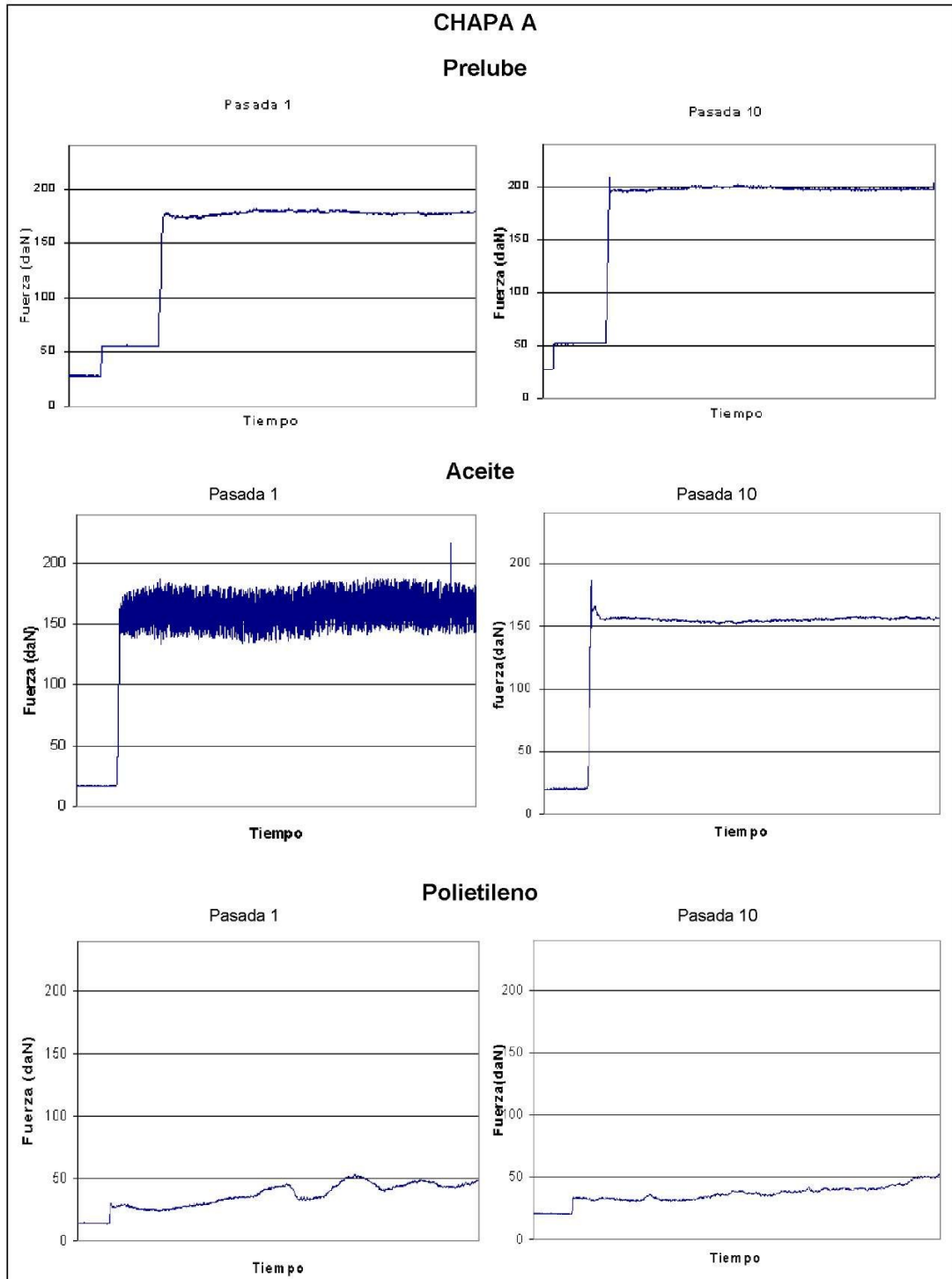


Figura 2. Variaciones de las fuerzas de fricción con el número de pasadas en la chapa A.

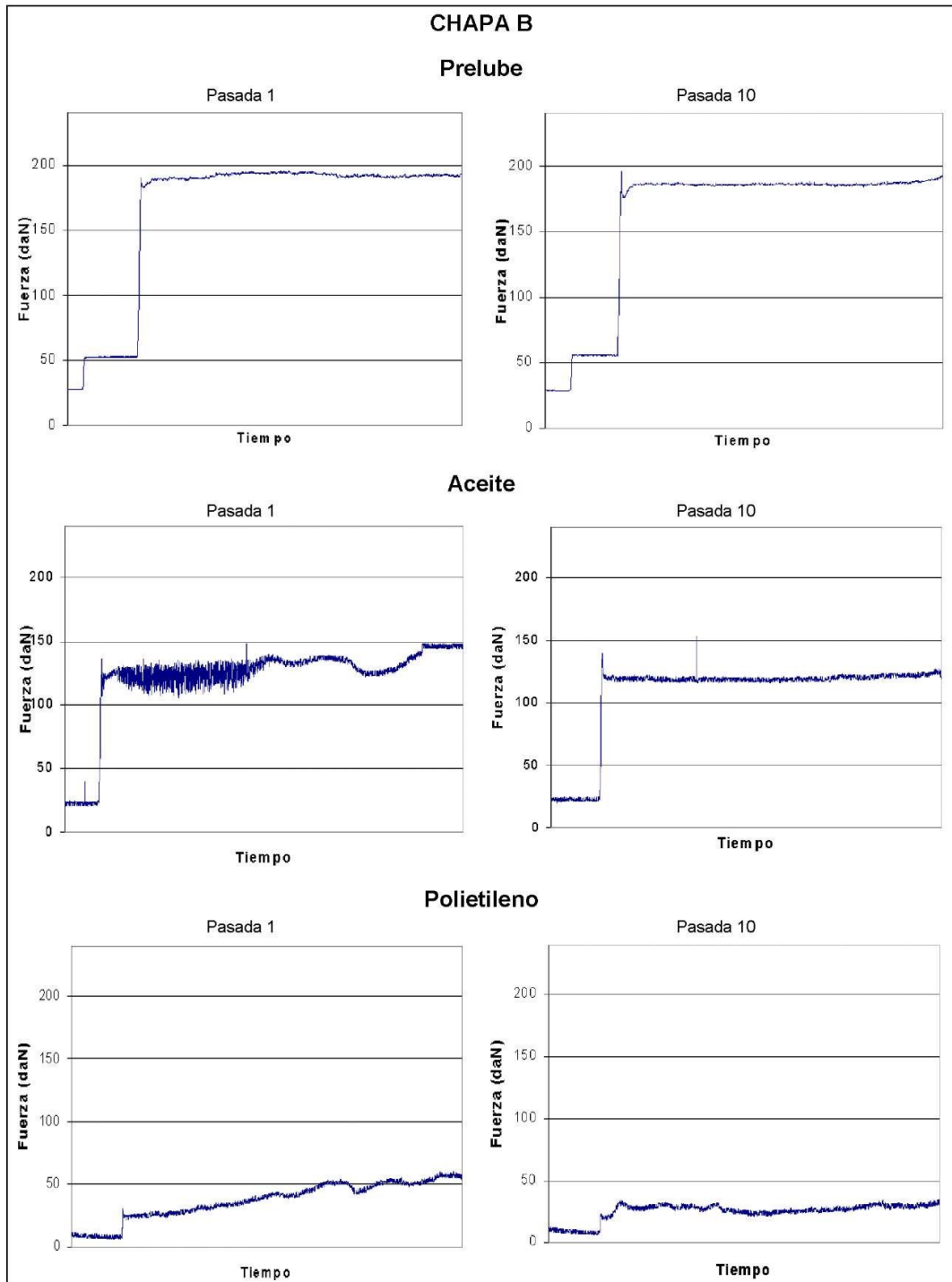


Figura 3. Variaciones de las fuerzas de fricción con el número de pasadas en la chapa B.

ambiente libre de polvos.

Los ensayos se llevaron a cabo en un equipo diseñado y construido al efecto en el Laboratorio de Metalurgia y Tecnología Mecánica de la Universidad Nacional del Sur [4].

En todos los casos se realizó primero una pasada única y en otro sitio de la probeta, un conjunto de 10 pasadas por el herramental, registrándose en todos los casos tanto N como F durante el desplazamiento de la chapa. Las carreras de arrastre fueron de aproximadamente 55 mm. El objetivo de realizar dos recorridos diferentes a lo largo de las probetas fue el de retener las características superficiales luego de una pasada en una zona, y a las diez pasadas, en otra.

## RESULTADOS OBTENIDOS

Se registraron las fuerzas de fricción a lo largo de cada pasada para todos los ensayos. En la Figura 2 se muestran a modo de ejemplo los gráficos correspondientes a la primera y la décima pasada para cada tipo de lubricante utilizado en los ensayos realizados a la chapa A y en la Figura 3 se hace lo propio para la chapa B.

Se calcularon los coeficientes de fricción dinámicos para cada pasada y tipo de lubricante y se levantaron gráficos que se muestran en la Figura 4 para la chapa A y en la Figura 5 para la chapa B. Los coeficientes de fricción se calcularon para las condiciones de fuerzas existentes a los 50 mm de desplazamiento de la chapa, de acuerdo con la especificación Renault citada.

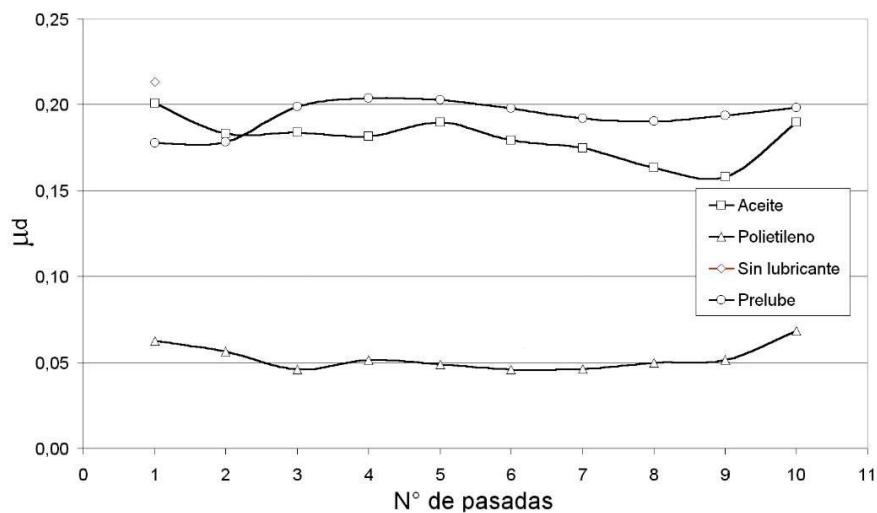


Figura 4. Variación de los coeficientes de fricción dinámicos en función del número de pasadas para diferentes lubricantes sobre la chapa A.

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS

Los valores de  $\mu_d$  obtenidos son concordantes con otros trabajos similares [6].

Hay ruidos en los registros de fuerza de arrastre correspondientes a los ensayos de la chapa A con respecto a la B cuando se lubricó con polietileno y con aceite TSD 996, pero no

tanto en la lubricada con Prelube. Se están investigando las posibles causas, mediante análisis por microscopía de las superficies y curvas de Abbott [7].

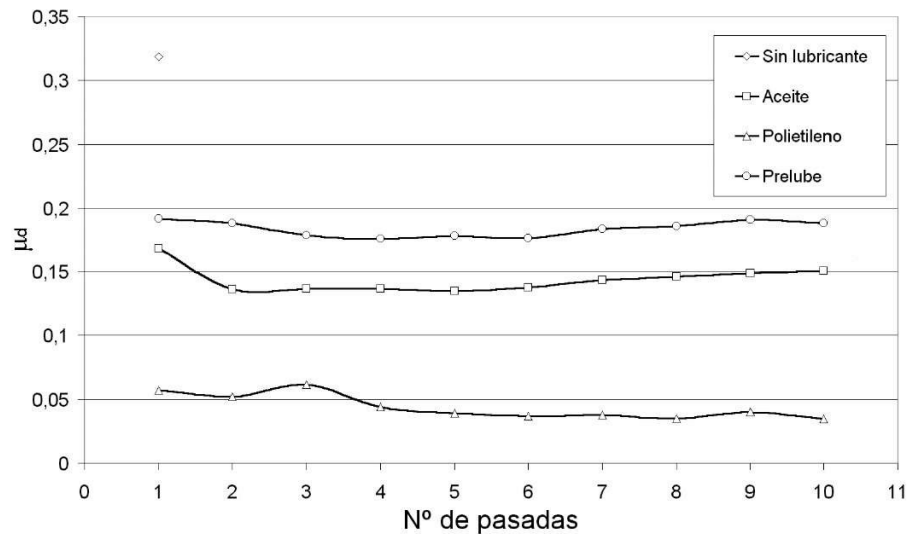


Figura 5. Variación de los coeficientes de fricción dinámicos en función del número de pasadas para diferentes lubricantes sobre la chapa B.

El menor coeficiente de roce encontrado al lubricar con el aceite TSD 996 probablemente se deba a la presencia de aditivos EP en su formulación.

Los aceites Prelube, en general, son compuestos que protegen la superficie de la chapa en el período que transcurre entre su fabricación y el conformado. Adicionalmente, se comportan como lubricantes en operaciones ligeras de conformado.

El bajo coeficiente de roce obtenido con el polietileno se debe a que separa mejor las superficies del herramental y chapa, por sus características de lubricante sólido. En las curvas Fuerza de desplazamiento-tiempo, se puede apreciar una variación permanente de la fuerza. Al hacer los ensayos con este lubricante se podía ver la rotura de la película de polietileno, más pronunciada a medida que se sucedían las pasadas. Sin embargo, la fuerza de desplazamiento no crecía en pasadas sucesivas, como se puede ver en las Figuras 4 y 5. Se atribuye este resultado al hecho que, al romperse la película, quedaba trozos de polietileno adheridos y recalados sobre la superficie de la chapa, actuando como lubricante.

En las curvas Fuerza de desplazamiento-tiempo, no se observan en general variaciones tan claras entre los valores correspondientes al momento de inicio del desplazamiento y los posteriores, como los mostrados esquemáticamente en la Figura 1. Sin embargo, en algunos casos se pudo apreciar un cierto daño superficial en las chapas, principalmente rayado.

Dado que las condiciones en las que se realiza el ensayo especificado por Renault son un tanto diferentes a las descritas en el ensayo Inland original [8], principalmente en lo que se refiere a las presiones normales sobre la chapa y a las velocidades de aplicación de la carga para provocar el desplazamiento de la probeta, será necesario estudiar con mayor detalle la influencia de estas variables sobre el aspecto mencionado.

## CONCLUSIONES

Se cuenta con un equipo y procedimientos idóneos para la medición de coeficientes de roce en deslizamiento de chapas metálicas sobre herramental plano-cilíndrico.

Los valores obtenidos son concordantes con los informados en la literatura específica.

Se puede medir la variación de lubricidad en desplazamientos reiterados de las superficies, lo que permite determinar grados de calidades de lubricantes para conformado de chapas.

Existen comportamientos diferenciados de un mismo lubricante sobre chapas de diferentes características, cuyo estudio es necesario profundizar.

## AGRADECIMIENTOS


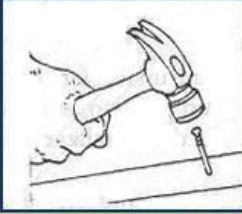
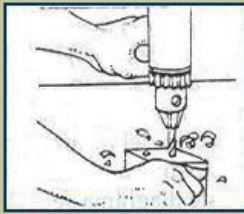










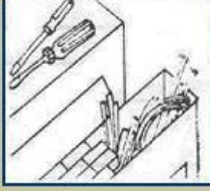

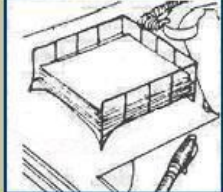



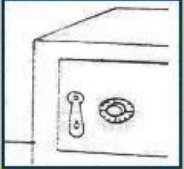
Los autores agradecen el aporte de los alumnos de Ingeniería Industrial de la U.N.S. que cursan el Seminario de Metalurgia y Tecnología Mecánica en 1º cuatrimestre del 2001, por las experiencias llevadas a cabo con la supervisión del Ingeniero Guillermo Bergé.

## REFERENCIAS

1. P. Benedetti, J. Insausti, L. Iurman, A. Lucaioli, D. Ziegler. "Influencia de la geometría, estado superficial y régimen de lubricación en la fuerza de embutido". Memoria del XX Encuentro de Investigación Metalúrgica y V Congreso Internacional de Materiales. Pp. 425-436. Instituto tecnológico de Saltillo. Noviembre de 1998. Saltillo. México.
2. F. Delamare and E. Felder, "The tribology of sheet metal forming". The Book of Steel. pp 441-465, 1996.
3. K. G. Budinski. "Laboratory Testing Methods for Solid Friction". ASM Handbook, 10 th Ed., Vol. 18, pp 45-58, 1995.
4. A. Lucaioli, L. Iurman, J. W. Insausti, G. Bergé, D. Ziegler. "Diseño y construcción de una máquina de ensayo de fricción y desgaste para chapas metálicas". CIDIM 2001.
5. Régie Nationale des Usines Renault, "Methode d'Essai D31 1738, Toles Aptitude au Glissement", 1991.
6. J. Culcasi, A. González. "Evaluación de fricción en chapas para conformado mediante ensayos de deslizamiento". Anales de las XX Jornadas Metalúrgicas SAM'96 y Encuentro Nacional de Metales Preciosos. San Salvador de Jujuy. Junio de 1996.
7. J. W. Insausti, L. Iurman, P. Benedetti, A. Lucaioli, P. Traversa, D. Ziegler. "Comparación de las curvas de Abbott en superficies de copas embutidas con diferentes regímenes de lubricación". Memoria del IBEROMET VI. Pp 117-124. Universidad de Barcelona. Junio 2000. Barcelona. España.
8. L. M. Bernick, R. R. Hilsen, C. L. Wandrei. "Development of a Quantitative Sheet Galling Test". Wear, 48 , pp 323-346. 1978.

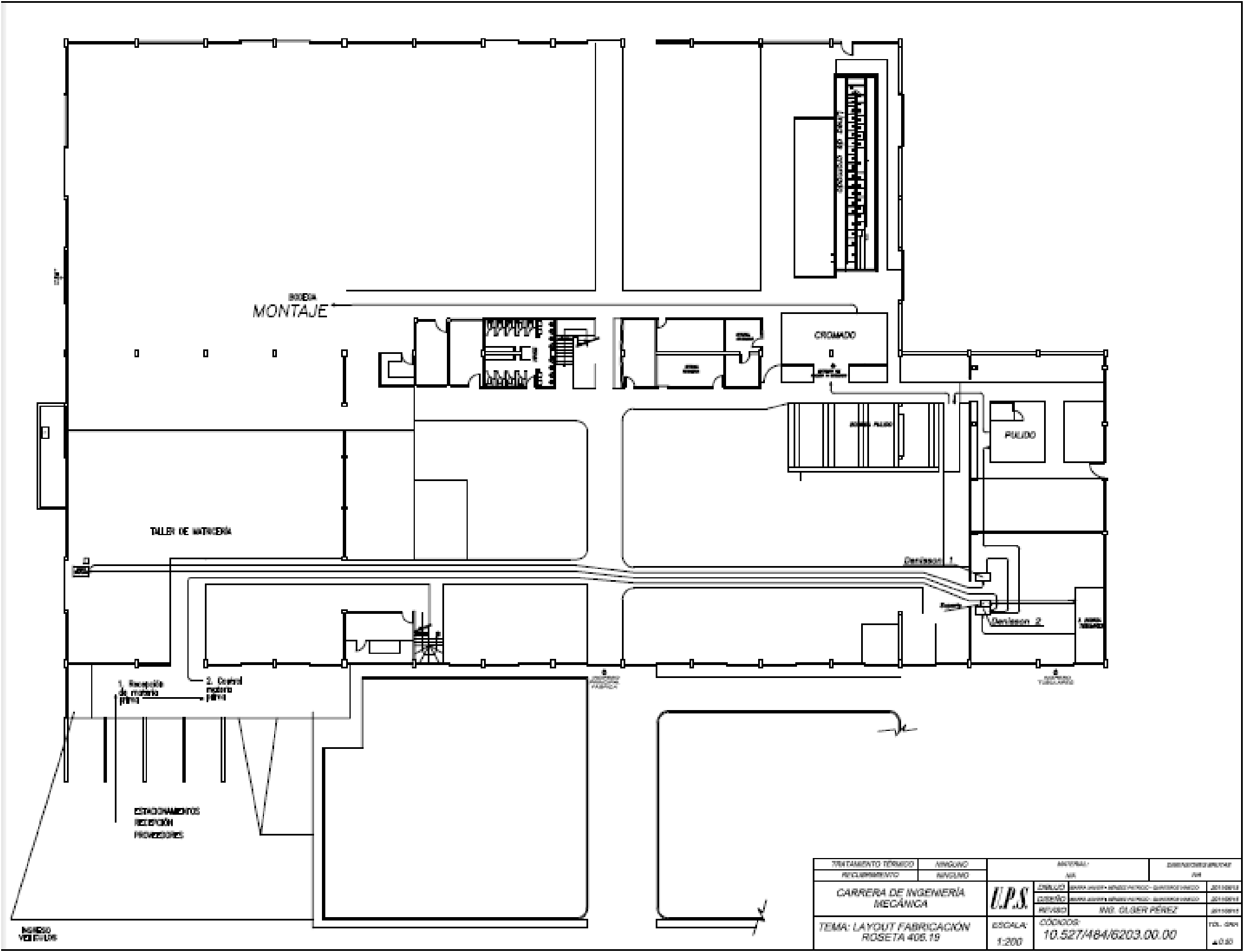
**ANEXO C.-  
CONJUNTO  
ESTÁNDAR DE  
SÍMBOLOS  
PARA  
DIAGRAMAS DE  
PROCESO  
SEGÚN ASME**

Figura 5.8

 <p>Acción</p>	 <p>Clavar</p>	 <p>Taladrar</p>	 <p>Pulsar un teclado</p>
 <p>Transporte</p>	 <p>Llevar materiales en una carretilla</p>	 <p>Elevar materiales con una polea</p>	 <p>Llevar materiales a mano (ordenanza)</p>
 <p>Inspección</p>	 <p>Examinar cantidad y calidad de ciertos productos</p>	 <p>Leer el manómetro de una caldera</p>	 <p>Examinar un impreso informativo</p>
 <p>Espera</p>	 <p>Materiales en espera de ser utilizados junto a la mesa de trabajo</p>	 <p>Empleado esperando el ascensor</p>	 <p>Documentos que esperan ser archivados</p>
 <p>Almacenamiento</p>	 <p>Materias primas</p>	 <p>Producto terminado</p>	 <p>Documentos en caja</p>

**ANEXO D.-  
DIAGRAMA DE  
CIRCULACION**

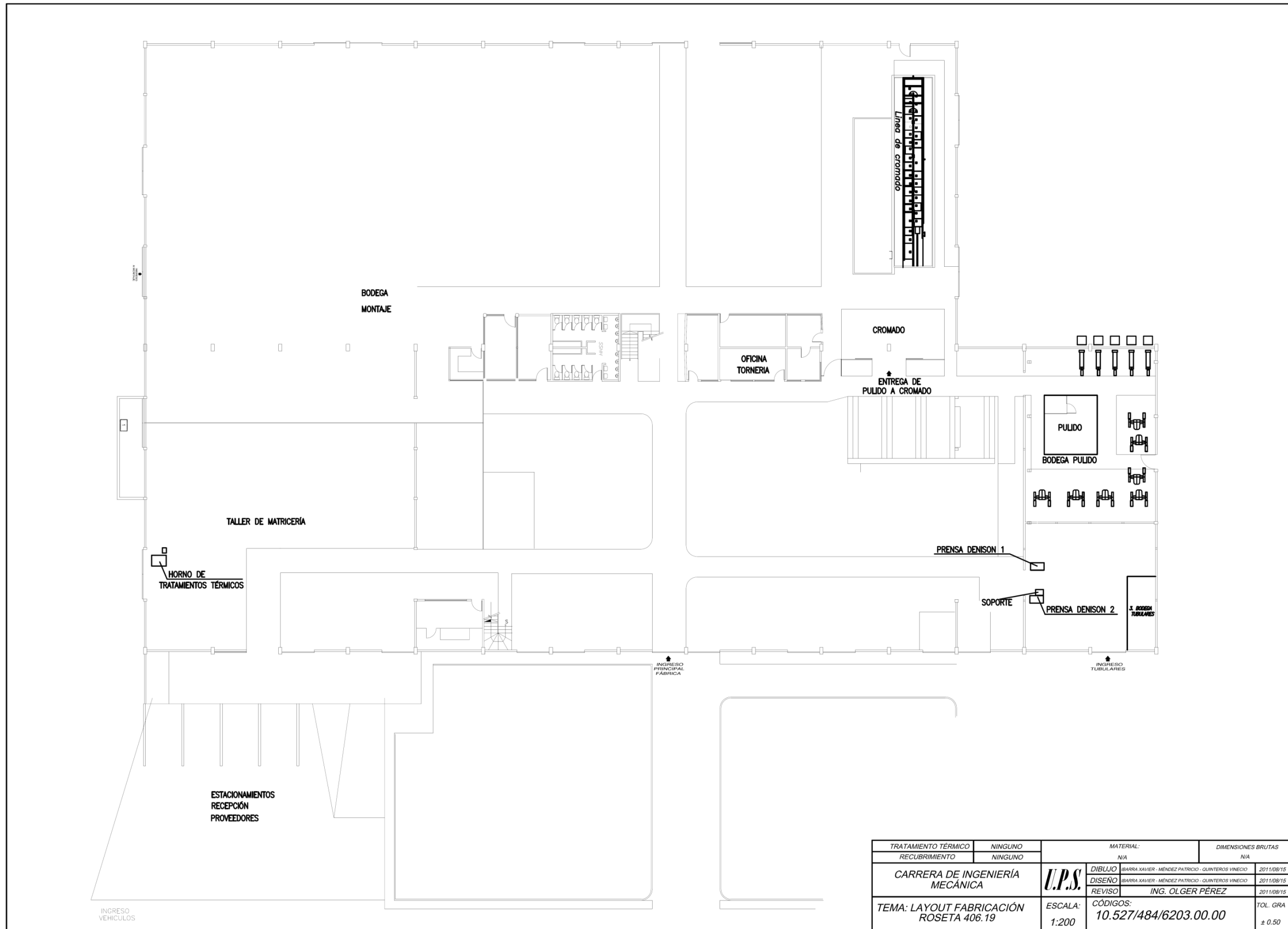




INGENIERO  
VEB EN LUIS

TREATMENT THERMAL	NINGUNO	MATERIAL:		DISPONIBILIDAD	
REQUIREMENT	NINGUNO	NO	NO	NO	
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		<b>U.P.S.</b>	ELABORADO	ING. OLGER PEREZ	20110814
			REVISADO	ING. OLGER PEREZ	20110814
			CODIGO:	10.527/484/6203.00.00	20110814
TEMA: LAYOUT FABRICACION ROSETA 405.15		ESCALA:	1:200	FOL. 004	4.0.00

# **ANEXO E.- LAYOUT**



TRATAMIENTO TÉRMICO	NINGUNO	MATERIAL:	DIMENSIONES BRUTAS
RECUBRIMIENTO	NINGUNO	N/A	N/A
<b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>		<b>U.P.S.</b>	DIBUJO: BARRA XAVIER - MÉNDEZ PATRICIO - QUINTEROS VÍNECO 2011/08/15
			DISEÑO: BARRA XAVIER - MÉNDEZ PATRICIO - QUINTEROS VÍNECO 2011/08/15
		REVISO: <b>ING. OLGHER PÉREZ</b>	2011/08/15
<b>TEMA: LAYOUT FABRICACIÓN ROSETA 406.19</b>		ESCALA: 1:200	CÓDIGOS: 10.527/484/6203.00.00 TOL. GRA ± 0.50

**ANEXO F.-  
ETIQUETA DEL  
FLEJE**

CLIENTE	FV	AREA	ANDINA
REFERENCIA	Flyc	<b>incoal</b>	100 X 040
ALEACION	260	<small>Industrias de Cobre y Aluminio S.A.</small> LOTE 11015-10	CIUDAD
BULTOS	1	UNIDADES POR BULTO	KILOS 19,8

**ANEXO G.-  
CERTIFICADO  
DEL MATERIAL**



Industria de Cables y Alambres S.A.

**CERTIFICADO DE CALIDAD**

RE0062

CLIENTE: F.V AREA ANDINA

FACTURA: 17959

PEDIDO: 15973

FECHA: 2011/05/25

DATOS BASICOS				MEDIDAS (Dimensión Real)					
Referencia	Aleación	Peso Neto Kg	Lote	Long MT	A	B	C	D	E
FLEJE C260 EN mm 100 * 0.40	C260	19.80	111015-11		99.84	0.42			

COMPOSICIÓN QUÍMICA	
Número Lote	111015-11
Número Vacuada	111015
Cobre	70.88
Zinc	28.99
Plomo	0.04
Manganeso	0.01
Estañó	0.01
Hierro	0.03
Níquel	0.00
Fosforo	0.00
Impurezas	0.13

PROPIEDADES MECÁNICAS				DATOS LABORATORIO	
Referencia	Lote	Dureza	Resistencia Tracción	Elongación	Tamaño Grano Embutición
FLEJE C260 EN mm 100 * 0.40	111015-11	97.38HV3			

APROBO

TODOS LOS RESULTADOS CONTENIDOS EN ESTE CERTIFICADO SON FIEL COPIA DE LOS REGISTROS QUE TIENE NUESTRA EMPRESA

**ANEXO H.-  
COTIZACIÓN  
DEL FLEJE**





F.V AREA ANDINA S.A  
 Ing. Paulina Montenegro  
 KM.25 Autopista Los Chillos  
 Via Sangolqui - Amaguana  
 Tel - 007 5932 2 332233  
 Fax - 007 5932 2 331777  
 Ruc 1790208087001  
 Quito - Ecuador

Calle 14 No. 51-53  
 Apartado Aereo 95050 y 3530  
 Teléfono: 3510909 Fax: 2652841  
 Email: incoal@incoal.com  
 Email: Exportacion@incoal.com  
 Medellín - Colombia

CÓDIGO: RE0045  
 REVISIÓN: 00  
 PÁGINA: 1 DE 1  
 FECHA: 10/10/03

COTIZACION No.  
 020-2011

ORDEN COMPRA	FECHA
	MARZO 23 DE 2011
VIGENCIA COTIZACION	ENTREGA EX-WORK
MARZO 25 DE 2011	A CONVENIR

CONDICIONES DE PAGO	CONDICIONES DE VENTA CPT	PUERTO DE EMBARQUE	EMBALAJE
GIRO DIRECTO 30 DIAS FECHA DE FACTURA.	Transporte pagado por Incoal hasta Tulcan	TULCAN	HUACAL EN MADERA

CANT. KG	UNID.	DESCRIPCION	ALEACION	TEMPLE	PRECIO UNITAR. USD	VALOR TOTAL USD	
20	KG	FLEJE EN mm 100 X .40	C260	ESPECIFICACION CLIENTE	12.37	247.4	
		POSICION ARANCELARIA: 74.09.21.00.00 FLEJES DE LATON CHAPAS Y TIRAS DE COBRE ESPESOR SUPERIOR A 0.15 MM COBRE REFINADO					
20	KG				VALOR FLETE	0.0	
					VALOR SEGURO	0.0	
					VENTA TOTAL USD	247.4	
OBSERVACIONES		VIGENCIA COTIZACION		Vo.Bo. GERENCIA			
SI ESTA COTIZACION ES ACEPTADA, SE DEBE DE ENVIAR CON OTROS PRODUCTOS, YA QUE NO SE LE INCLUYO EL PRECIO DEL FLETE-TRANSPORTE.		MARZO 25 DE 2011		ING.LUIS FERNANDO OSPINA R.			

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

SEDE – QUITO

FACULTAD DE INGENIERIAS

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
MECÁNICO

TEMA: “DISEÑO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN PARA ACCESORIOS  
DE GRIFERÍA DEL GRUPO F.V. Y CONSTRUCCIÓN DE LA MATRICERÍA  
DEL MODELO 406.19”

MODULO II

AUTORES:

Ibarra Salazar Xavier Felipe

Méndez Mera Patricio Xavier

Quinteros Basantes Vinicio Rodrigo

DIRECTOR: ING. OLGHER PEREZ

QUITO, OCTUBRE 2011

## INDICE GENERAL

INDICE GENERAL.....	ii
INDICE DE ILUSTRACIONES.....	v
INDICE DE TABLAS.....	xii
INDICE DE ECUACIONES.....	xv
INDICE DE ANEXOS.....	xviii
MÓDULO II DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA MATRICERÍA PARA LA PIEZA 406.19.....	1
CAPÍTULO 1.- MARCO TEORICO.....	1
1  Corte y punzonado.....	1
1.1  Troquel.....	1
1.2  Clasificación por forma su forma.....	2
1.3  Clasificación por número de cortes necesarios.....	3
1.4  Clasificación según su estructura.....	4
1.5  Clasificación por aprovechamiento del material.....	12
1.6  Partes del troquel de corte y punzonado.....	13
1.7  El paso.....	32
1.8  Aprovechamiento del fleje.....	33
1.9  Fenómenos en el corte y punzonado.....	33
1.10  Disposición de las piezas para corte.....	34
1.11  Fuerzas producidas en el corte de la chapa.....	40
1.12  Prensas para troquelado de corte y punzonado.....	45

2	Procesos de acoplamiento.....	49
2.1	Procesos de acoplamiento con elementos normalizados .....	49
3	Tratamientos térmicos .....	61
3.1	Definiciones generales de los tratamientos térmicos .....	61
3.2	Procesos de tratamiento térmico.....	63
3.3	Tratamiento completo.....	64
3.4	Tratamiento superficial .....	69
4	Conformado .....	72
4.1	Deformaciones en el conformado .....	73
4.2	Propiedades derivadas de la curva esfuerzo – deformación.....	76
4.3	Importancia del conformado.....	79
4.4	Procesos de conformado .....	79
	<b>CAPÍTULO 2.- DISEÑO DE LA MATRICERIA.....</b>	<b>132</b>
1	Matriz de embutición.....	132
1.1	Requerimientos de diseño.....	132
1.2	La prensa para embutición.....	164
1.3	Selección del tipo del troquel o matriz de embutición .....	166
1.4	Diseño y dimensionamiento de los componentes de la matriz de embutición .....	167
2	Troquel para corte de blancos .....	193
2.1	Requerimientos de diseño.....	193
2.2	Prensa para troquelado.....	199

2.3	Selección del tipo de troquel .....	201
2.4	Diseño y dimensionamiento de los componentes del troquel.....	202
3	Troquel de corte y embutido .....	220
3.1	Requerimientos de diseño para el corte.....	220
3.2	Prensa para troquelado.....	223
3.3	Selección del tipo de troquel .....	224
3.4	Requerimientos de diseño para el conformado.....	226
3.5	Diseño y dimensionamiento de los componentes del troquel de corte y doblado .....	227
	CAPÍTULO 3.- COSTOS DE FABRICACIÓN .....	242
1	Materiales .....	242
2	Mecanizado .....	242
	CONCLUSIONES .....	242
	RECOMENDACIONES.....	246
	BIBLIOGRAFÍA.....	248
	ANEXOS .....	251

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 “Pieza plana sacada de banda de chapa” .....	2
Ilustración 2 “Piezas sacadas de la pieza plana previamente cortada” .....	2
Ilustración 3 “Pieza sacada de otra previamente doblada” .....	3
Ilustración 4 “Pieza sin orificios interiores” .....	3
Ilustración 5 “Pieza con orificios interiores” .....	4
Ilustración 6 “Matriz simple de corte: sujeción de la placa matriz por tornillos” .....	5
Ilustración 7 “Matriz de corte simple: sujeción de la placa por anillo roscado” .....	5
Ilustración 8 “Matriz de corte simple: banda recortadora” .....	6
Ilustración 9 “Montaje de matrices unitarias en una prensa” .....	6
Ilustración 10 “Unidad de punzonado tipo universal” .....	7
Ilustración 11 “Unidad de punzonado tipo integral” .....	7
Ilustración 12 “Cortar simple de piezas sencillas con guías de punzón y de chapa en una misma pieza y sujeta a la matriz” .....	8
Ilustración 13 “Troquel múltiple con punzones distanciados” .....	8
Ilustración 14 “Troquel progresivo para el corte de la pieza con orificios” ....	9
Ilustración 15 “Troquel de corte con punzón auxiliar” .....	9
Ilustración 16 “Extractor con 4 guías de columna y muelles laterales” .....	10
Ilustración 17 “Extractor con muelle central regulable” .....	11
Ilustración 18 “Troquel con extractor montado sobre la matriz” .....	11

Ilustración 19 “Piezas sacadas de banda con retal continuo” .....	12
Ilustración 20 “Piezas sacadas sin retal continuo” .....	12
Ilustración 21 “Pieza sacada de otra pieza individual” .....	13
Ilustración 22 “Partes principales de un troquel de cortar” .....	13
Ilustración 23 “Formas de los interiores de las matrices para facilitar la salida de la pieza” .....	17
Ilustración 24 “Varios tipos de punzones” .....	19
Ilustración 25 “Guías de chapa” .....	21
Ilustración 26 “Buje soportante con esferas” .....	27
Ilustración 27 “Determinación del centro de gravedad de un rectángulo” ...	30
Ilustración 28 “Determinación de la posición del vástago en una pieza de forma irregular que se desea recortar” .....	31
Ilustración 29 “Pieza a recortar” .....	32
Ilustración 30 “Proceso y fuerza que se desarrollan en el corte de una pieza: A, separación; B, inicio del corte; C, en pleno trabajo; D pieza cortada; E, expulsión de la chapa.” .....	34
Ilustración 31 “Forma regular inscrita en un rectángulo” .....	35
Ilustración 32 “Pieza estrecha de base ancha que puede inscribirse en un triángulo rectángulo” .....	36
Ilustración 33 “Disposición correcta de piezas que pueden inscribirse en un triángulo rectángulo” .....	36
Ilustración 34 “Primera posición de corte” .....	36
Ilustración 35 “Segunda posición de corte” .....	37
Ilustración 36 “Cortado de piezas invertidas con dos punzones” .....	37

Ilustración 37 “Corte de piezas en disposición simple” .....	38
Ilustración 38 “Corte de piezas en disposición múltiple” .....	38
Ilustración 39 “Recortado de pieza en plena chapa” .....	42
Ilustración 40 “Fuerza de extracción para el recortado de la pieza por algunos lados” .....	43
Ilustración 41 “Recortado de pieza con sobrante mínimo” .....	43
Ilustración 42 “Esquema de funcionamiento de una prensa” .....	46
Ilustración 43 “Prensa de excéntrica con volante central en la parte posterior” .....	47
Ilustración 44 “Prensa de excéntrica de cuello de cisne con mesa inclinada y volante lateral” .....	48
Ilustración 45 “Representación esquemática de la longitud de rosca” .....	52
Ilustración 46 “Acoplamiento de dos elementos mediante perno tipo Allen en perforación roscada pasante” .....	53
Ilustración 47 “Alineamiento de dos piezas por medio de pasador cilíndrico DIN EN 22338 C” .....	55
Ilustración 48 “Juego de tres resortes” .....	60
Ilustración 49 “Trazado para el cálculo de tres resortes helicoidales” .....	61
Ilustración 50 “Diagrama Temperatura Vs Tiempo para el temple” .....	63
Ilustración 51 “Procesos de tratamientos térmicos” .....	64
Ilustración 52 “Temple en baño de sal” .....	67
Ilustración 53. “Diagrama de revenido” .....	68
Ilustración 54 “Diagrama de tratamiento térmico Böhler V 945 (Ck 45, WNr. 1.1191)” .....	68



Ilustración 55 “Curva esfuerzo deformación” .....	73
Ilustración 56 “Propiedades derivadas de la curva esfuerzo deformación” .	74
Ilustración 57 “Líneas de flujo (figuradas); a) pieza forjada (las líneas de flujo se adaptan a la estampa; b) pieza maquinada con arranque de viruta (las líneas de flujo están interrumpidas)” .....	78
Ilustración 58 “Diagrama de fases aleaciones cobre – zinc” .....	80
Ilustración 59 “Imagen de entallado” .....	82
Ilustración 60 “Doblado en estampa” .....	82
Ilustración 61 “Nomograma para la determinación de los radios de los punzones y matrices de embutir” .....	85
Ilustración 62 “Partícula P en un punto cualesquiera de un cuerpo metálico” .....	86
Ilustración 63 “Fragmento de una chapa metálica antes y después de la deformación. El espesor $s$ se considera constante” .....	88
Ilustración 64 “Gráfico en el cual se considera un elemento de chapa sometido a la acción de las fuerzas exteriores producidas durante el embutido” .....	90
Ilustración 66 “Demostración práctica de la deformación que ha experimentado el material de un recipiente embutido” .....	95
Ilustración 67 “Esquema de una estampa sencilla de embutir” .....	97
Ilustración 68 “Embutición negativa” .....	98
Ilustración 69 “Sistema sencillo de embutido con punzón de goma” .....	99
Ilustración 70 “Serie de fases de estampado para obtener un recipiente de un disco de chapa, mediante el procedimiento Hydroform” .....	100
Ilustración 71 “Matriz de acción simple” .....	101

Ilustración 72 “Matriz de doble acción, tipo directa” .....	102
Ilustración 73 “Matriz de doble acción, tipo inversa” .....	103
Ilustración 74 “Producción de un pequeño regatón en una matriz progresiva de seis estaciones. Las dimensiones se dan en pulgadas.” .....	103
Ilustración 75 “Siete estaciones de embutición y perforación de una pieza cilíndrica en una matriz múltiple con mecanismo de transferencia. Las dimensiones se dan en pulgadas” .....	105
Ilustración 76 “Nomograma para la determinación del número de operaciones y las dimensiones de las mismas, conocido el diámetro y la altura del vaso deseado” .....	110
Ilustración 77 “Transformaciones preliminares del embutido para obtener piezas de forma cónica, parabólica y semiesférica: $d$ , $d_1$ y $d_2$ diámetros logrados por la pieza; $D$ , diámetro del disco de chapa” .....	111
Ilustración 78 “Diagrama para determinar la resistencia $R_d$ a la deformación en función de $\varphi\%$ ” .....	114
Ilustración 79 “Esquema de una estampa sencilla de embutir” .....	118
Ilustración 80 “Sistema desengranado (o sistema de volante)” .....	122
Ilustración 81 “Reducción simple, sistema de engranes simples, embrague en piñón” .....	123
Ilustración 82 “Reducción simple sistema de engranajes gemelos; embrague en sistema del árbol.” .....	123
Ilustración 83 “Reducción múltiple, sistema de engranes gemelos; embrague en árbol intermedio” .....	124
Ilustración 84 “Componentes principales de una prensa hidráulica de doble acción con una matriz de almohadilla” .....	125

Ilustración 85 “Nomograma usado para estimar la fuerza de embutido necesaria basada en varios parámetros” .....	128
Ilustración 86 “Objeto en bruto obtenido mediante embutición” .....	134
Ilustración 87 “Representación dimensiones para el cálculo de la fuerza teórica de embutición” .....	135
Ilustración 88 “Representación de las dimensiones para la cara exterior del modelo” .....	136
Ilustración 89 “Representación dimensiones para la cara exterior del modelo” .....	137
Ilustración 90 “Matrices y punzones de embutición en varias etapas” .....	143
Ilustración 91 “Determinación de fases de embutición empleando nomograma” .....	143
Ilustración 92 “Representación esquemática matriz de embutición en 3 etapas y un solo punzón” .....	144
Ilustración 93 “Designación de la carrera del punzón en la primera etapa” .....	147
Ilustración 94 Designación de la carrera del punzón para la segunda etapa” .....	148
Ilustración 95 “Obtención de R primera etapa” .....	149
Ilustración 96 “Obtención de R segunda etapa” .....	151
Ilustración 97 “Obtención de R al final de la embutición etapa” .....	153
Ilustración 98 “Diagrama esfuerzo – deformación porcentual latón UNS C26000” .....	159
Ilustración 99 “Fuerza de deformación Pd en la segunda Etapa” .....	161
Ilustración 100 “Fuerza de deformación Pd al concluir la embutición” .....	161

Ilustración 101 “Disposición de fin de carrera de la prensa” .....	165
Ilustración 102 “Representación del troquel de embutido y sus partes” .....	166
Ilustración 103 “Dimensiones base de la cavidad de la matriz” .....	167
Ilustración 104 “Nomograma para determinar los radios de los punzones y matrices de embutir” .....	169
Ilustración 105 “Distribución y aprovechamiento del fleje” .....	195
Ilustración 106 “Distribución y aprovechamiento del fleje con dimensiones” .....	196
Ilustración 107 “Prensa hidráulica 15 toneladas Denison propiedad de FV Área Andina” .....	200
Ilustración 108 “Límite inferior prensa Denison” .....	201
Ilustración 109 “Troquel para corte de blancos 1MC-0001.0” .....	202
Ilustración 110 “Prensa hidráulica 15 toneladas Denison propiedad de FV Área Andina” .....	223
Ilustración 111 “Límite inferior prensa Denison” .....	224
Ilustración 112 “Troquel para corte y conformado 1ME-0002.0” .....	226

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 “Partes de un troquel auxiliar” .....	10
Tabla 2 “Partes que componen un troquel de corte y punzonado” .....	14
Tabla 3 “Espesores recomendados para placa matriz en función del espesor de la chapa a cortar” .....	15
Tabla 4 “Dimensiones normalizadas de un armazón” .....	26
Tabla 5 “Clasificación de las prensas empleadas en el trabajo de la chapa” .....	45
Tabla 6 “Clasificación de las prensas mecánicas” .....	46
Tabla 7 “Carga máxima de un perno Allen en función de su diámetro” .....	51
Tabla 8 “Longitud mínima de roscado en función del material y diámetro” ..	52
Tabla 9 “Distancia mínima de la arista de trabajo al borde de la pieza en función del espesor de la placa matriz y el tipo de contorno” .....	54
Tabla 10 “Distancia mínima borde agujero acorde al material” .....	54
Tabla 11 “Distancia mínima entre perforaciones acorde al material” .....	55
Tabla 12 “Carga admisible de un pasador en función de su diámetro” .....	56
Tabla 13 “Fórmulas de cálculo para resortes helicoidales de acero de resorte” .....	58
Tabla 14 “Relaciones de embutido para piezas cilíndricas huecas obtenidas de disco de chapa” .....	109
Tabla 15 “Propiedades mecánicas del latón UNS C26000” .....	138
Tabla 16 “Requerimientos de resistencia a la tensión y valores aproximados de dureza Rockwell para laminados templados” .....	139
Tabla 17 “Propiedades mecánicas típicas de C26000 .....	139

Tabla 18 “Determinación del número de fases por medio de tablas” .....	143
Tabla 19 “Determinación de fases de embutición empleando normas para embutición de objetos de formas rectangulares, cónicas, parabólicas y semiesféricas” .....	145
Tabla 20 “Cálculo del radio R en primera etapa de embutición” .....	151
Tabla 21 “Cálculo del radio R en la segunda etapa de embutición” .....	153
Tabla 22 “Cálculo del radio R en final de la embutición” .....	154
Tabla 23 “Deformación en el borde externo para la primera fase” .....	155
Tabla 24 “Deformación en el borde externo para la segunda fase” .....	156
Tabla 25 “Deformación en el borde externo concluido el embutido” .....	156
Tabla 26 “Deformaciones del borde interior en la primera etapa” .....	157
Tabla 27 “Deformaciones del borde interior en la segunda etapa” .....	158
Tabla 28 “Deformaciones del borde interior al concluir la embutición” .....	158
Tabla 29 “Determinación de las resistencias y media aritmética R <sub>dm</sub> ” .....	160
Tabla 30 “Fuerza de deformación P <sub>d</sub> en la primera etapa” .....	160
Tabla 31 “Control de la tensión $\sigma_r$ para la primera etapa” .....	162
Tabla 32 “Control de la tensión $\sigma_r$ para la segunda etapa” .....	162
Tabla 33 “Control de la tensión $\sigma_r$ al concluir la embutición” .....	163
Tabla 34 “Fuerza máxima de deformación y control de tensión” .....	163
Tabla 35 “Especificaciones de la prensa” .....	165
Tabla 36 “Cargas de fijación por pernos” .....	170
Tabla 37 “Distancia mínima contorno – borde aplicado a la matriz” .....	171

Tabla 38 “Distancia mínima del agujero al borde” .....	172
Tabla 39 “Distancia mínima entre perforaciones” .....	172
Tabla 40 “Longitud mínima de roscado” .....	173
Tabla 41 “Resumen de valores para el dimensionamiento de la matriz” ...	174
Tabla 42 “Resumen de valores para el dimensionamiento del punzón” ...	179
Tabla 43 “Resumen de valores para el dimensionamiento de la matriz” ...	206
Tabla 44 “Resumen de valores para el dimensionamiento de la matriz” ...	230

## INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 “Espesor de placa matriz totalmente apoyada” .....	16
Ecuación 2 “Vida útil recomendada para una matriz de corte” .....	16
Ecuación 3 “Espesor final placa matriz” .....	16
Ecuación 4 “Longitud máxima para punzones cilíndricos” .....	20
Ecuación 5 “Ancho de las guías” .....	22
Ecuación 6 “Espesor de la placa porta punzones” .....	23
Ecuación 7 “Espesor de placa guía de punzones” .....	23
Ecuación 8 “Espesor de las placas base” .....	29
Ecuación 9 “Inercia para el eje Y” .....	31
Ecuación 10 “Inercia para el eje X” .....	31
Ecuación 11 “Paso mínimo del fleje” .....	33
Ecuación 12 “Aprovechamiento del Fleje” .....	33
Ecuación 13 “Separación entre piezas” .....	39
Ecuación 14 “Separación entre la pieza y el borde con lados paralelos” ....	39
Ecuación 15 “Separación entre la pieza y el borde con proximidad en un punto” .....	39
Ecuación 16 “Esfuerzo de corte” .....	40
Ecuación 17 “Trabajo de corte” .....	41
Ecuación 18 “Fuerza de extracción para recorte en plena chapa” .....	42
Ecuación 19 “Fuerza de extracción para recorte con entradas y salidas” ..	42
Ecuación 20 “Fuerza de extracción para recortado con sobrante mínimo”	43



Ecuación 21 “Fuerza de expulsión” .....	44
Ecuación 22 “Juego punzón – matriz para acero duro .....	44
Ecuación 23 “Juego punzón matriz para latón y acero dulce” .....	44
Ecuación 24 “Juego punzón matriz para aluminio y aleaciones ligeras” .....	45
Ecuación 25 “Determinación de la fuerza en cilindro hidráulico” .....	48
Ecuación 26 “Esfuerzo de tracción” .....	51
Ecuación 27 “Distancia entre la arista de corte y el borde de la placa” .....	53
Ecuación 28 “Fuerza de separación en el corte en función del perímetro” .	56
Ecuación 29 “Carga máxima admisible de un resorte de sección circular” .	59
Ecuación 30 “Flecha para alambre de sección circular” .....	59
Ecuación 31 “Flecha para alambre de sección rectangular” .....	59
Ecuación 32 “Carga máxima para alambre de sección rectangular” .....	59
Ecuación 33 “Igualdad en juego de tres resortes” .....	60
Ecuación 34 “Relaciones de proporción para un juego de 3 resortes” .....	60
Ecuación 35 “Resistencia a la tracción” .....	75
Ecuación 36 “Deformación porcentual de un material” .....	75
Ecuación 37 “Deformación de restringimiento o estricción” .....	89
Ecuación 38 “Deformación de alargamiento” .....	89
Ecuación 39 “Fórmula desarrollada” .....	92
Ecuación 40 “Fuerza de deformación teórica” .....	94
Ecuación 41 “Obtención del número de operaciones de embutido” .....	108

Ecuación 4.8 “Deformación en el borde exterior del blanco” .....	113
Ecuación 4.9 “Deformación en el borde interior del blanco” .....	113
Ecuación 44 “Media aritmética de la resistencia a la deformación” .....	114
Ecuación 45 “Fuerza de deformación” .....	115
Ecuación 46 “Tensión en la corona de la chapa” .....	115
Ecuación 47 “Deformación máxima en el borde exterior de la chapa” .....	116
Ecuación 48 “Deformación máxima en el borde interior de la chapa” .....	116
Ecuación 49 “Fuerza máxima de embutición” .....	116
Ecuación 50 “Control de la tensión máxima” .....	116
Ecuación 51 “Huelgo de embutición” .....	117
Ecuación 52 “Presión necesaria para el prensachapas” .....	119
Ecuación 53 “Fuerza del pisón” .....	120
Ecuación 4.20 “Fuerza de embutición máxima de una prensa” .....	127
Ecuación 55 “Determinación del radio inicial $R_0$ ” .....	140
Ecuación 56 “Radio de embutición primera etapa” .....	149
Ecuación 57 “Radio de embutición segunda etapa” .....	151
Ecuación 58 “Radio de embutición concluida la embutición” .....	153
Ecuación 59 “Ecuación de la curva esfuerzo - deformación para el latón C-26000” .....	159

## **INDICE DE ANEXOS**

ANEXO 1 RESISTENCIA A LA CIZALLADURA DE LOS MATERIALES

ANEXO 2 COEFICIENTES MECÁNICOS DE LOS MATERIALES

ANEXO 3 MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN MECÁNICA

ANEXO 4 CATÁLOGOS DE ELEMENTOS NORMALIZADOS DE TROQUELES Y MATRICES

ANEXO 5 TABLA DE AJUSTES CON TOLERANCIAS, VALORES SUGERIDOS, SEGÚN DIN 7.157

ANEXO 6 RESISTENCIA PERNOS DIFERENTES NORMAS

ANEXO 7 TABLAS PARA EMBUTICIÓN

ANEXO 8 RELACIÓN DE GRADACIÓN

ANEXO 9 RESORTES

ANEXO 10 PLANOS DE CONSTRUCCIÓN Y DESPIECE

ANEXO 10.1. TROQUEL DE CORTE DE BLANCOS

ANEXO 10.2. TROQUEL DE EMBUTICIÓN

ANEXO 10.3. TROQUEL DE CORTE Y EMBUTIDO

# **MÓDULO II DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA MATRICERÍA PARA LA PIEZA 406.19**

## **CAPÍTULO 1.- MARCO TEORICO**

### **1 Corte y punzonado**

Se denomina corte a la operación mecánica de separar una sección completamente delimitada por una forma del resto de material. En este procedimiento se emplean secciones o tiras de material denominadas chapas.

El punzonado es una operación que consiste en practicar sobre una chapa un agujero de forma determinada mediante una herramienta denominada punzón.

Para realizar estas operaciones se emplean troqueles

#### **1.1 Troquel**

Se denomina troquel al instrumento o mecanismo con el cual se realizar el corte y/o punzonado; hay diferentes tipos de troqueles.

A los troqueles se les puede organizar por las siguientes categorías.

- Clasificación por su forma
- Clasificación por el número de cortes
- Clasificación por el aprovechamiento de fleje
- Clasificación según su estructura

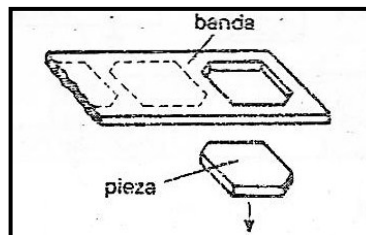
## 1.2 Clasificación por forma su forma

Mediante esta clasificación, los troqueles se agrupan en función de la forma que posee el material que se desea trabajar:

- Formas planas sacadas de banda
- Formas planas previamente cortadas
- Formas previamente dobladas, curadas o embutidas

### 1.2.1 Formas planas sacadas de banda

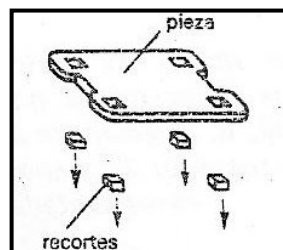
Mediante este tipo de troqueles, la pieza que se obtiene o el trabajo que se realiza se hace sobre una tira o banda que se encuentra en estado plano como se muestra en la siguiente ilustración.



*Ilustración 1 "Pieza plana sacada de banda de chapa" <sup>1</sup>*

### 1.2.2 Formas planas previamente cortadas

Mediante este tipo de troqueles, se realizan trabajos u operaciones sobre piezas que ya han trabajadas anteriormente que posee forma plana.



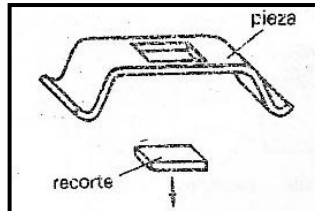
*Ilustración 2 "Piezas sacadas de la pieza plana previamente cortada" <sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Ibid. p 36, fig. 17.1

<sup>2</sup> Ibid. p 36, fig 17.2

### 1.2.3 Formas previamente doblas, curadas o embutidas.

Este tipo de troqueles, realiza trabajos complementarios que deben hacerse sobre piezas que sido previamente trabajas mediante doblez, embutido u operaciones afines como se muestra en la siguiente ilustración.



*Ilustración 3 “Pieza sacada de otra previamente doblada”<sup>3</sup>*

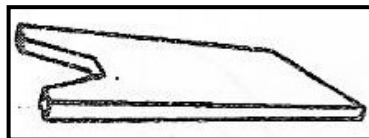
### 1.3 Clasificación por número de cortes necesarios

El número de cortes necesarios a realizarse en una pieza hacen referencia a los tipos de corte y su cantidad por cada pieza:

- Corte sin orificios interiores
- Corte con orificios interiores

#### 1.3.1 Corte sin orificios interiores

Este tipo de piezas solo requieren cortes por el contorno o perfil de la pieza que en el troquel como muestra la siguiente ilustración.



*Ilustración 4 “Pieza sin orificios interiores”<sup>4</sup>*

---

<sup>3</sup> *ibid.* p. 36, fig. 17.3

<sup>4</sup> *ibid.* p. 37, fig. 17.4

### 1.3.2 Corte con orificios interiores

Este tipo de piezas requieren uno o más cortes dentro del perímetro definido de la pieza. Generalmente se obtiene a partir de bandas o flejes de chapa y en caso de ser varios cortes no siempre se hacen simultáneamente, se hacen en fases como se muestra en la siguiente ilustración.



*Ilustración 5 "Pieza con orificios interiores" <sup>5</sup>*

### 1.4 Clasificación según su estructura

La estructura y tipo de troquel se hace en función a la forma y dimensiones de la pieza que se desea obtener; hay varios tipos de troqueles los cuales se pueden agrupar en 6 tipos principales:

- Troquel cortador sin guía de punzones
- Troquel de matriz compuesta de matrices unitarias
- Troquel con unidades de punzonado
- Troquel con guía de punzones
- Troquel con punzón auxiliar de paso de banda
- Troquel con extractor

De ellos se derivan con ciertas variaciones otros tipos de troqueles.

---

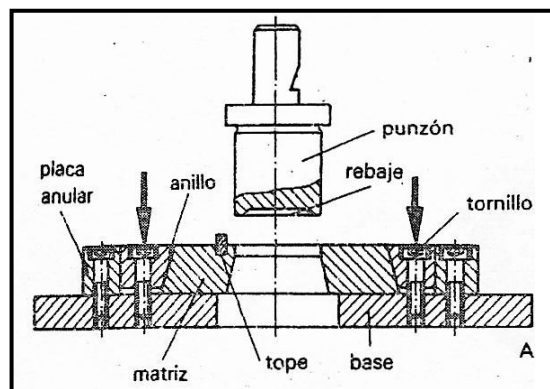
<sup>5</sup> *ibid.* p 37, fig17.5

### 1.4.1 Troquel cortador sin guía de punzones

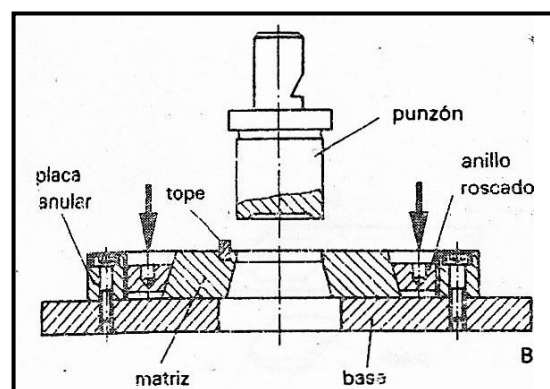
Este tipo de troqueles pueden ser de tres tipos principales, simple de corte, de matriz compuesta o unidad de punzonado.

#### Troquel cortador sin guías de punzones de corte simple

Es de configuración simple, el punzón se monta directamente al carro de la prensa y la matriz a la mesa de la prensa como se muestra en las siguientes ilustraciones.



**Ilustración 6 “Matriz simple de corte: sujeción de la placa matriz por tornillos”**<sup>6</sup>

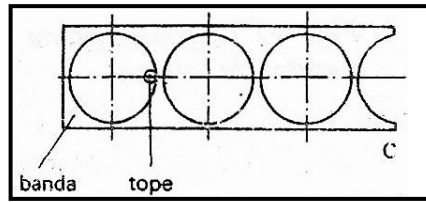


**Ilustración 7 “Matriz de corte simple: sujeción de la placa por anillo roscado”**<sup>7</sup>

<sup>6</sup> Ibid. p 37, fig. 17.9 A

<sup>7</sup> Ibid. p 37, fig. 17.9 B



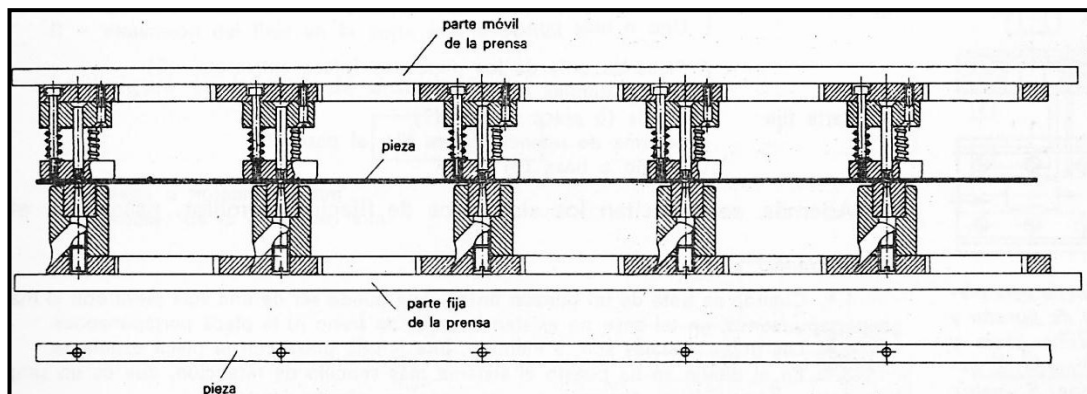


**Ilustración 8 “Matriz de corte simple: banda recortadora”<sup>8</sup>**

Este tipo de troquel se emplea para la fabricación de series pequeñas, de fácil fabricación con mayores riesgos de operación.

### 1.4.2 Troquel de matriz compuesta de matrices unitarias

Este tipo de troquel se compone de varias matrices individuales con sus respectivos punzones, las cuales van montadas sobre una misma placa base como se muestra en la siguiente ilustración.



**Ilustración 9 “Montaje de matrices unitarias en una prensa”<sup>9</sup>**

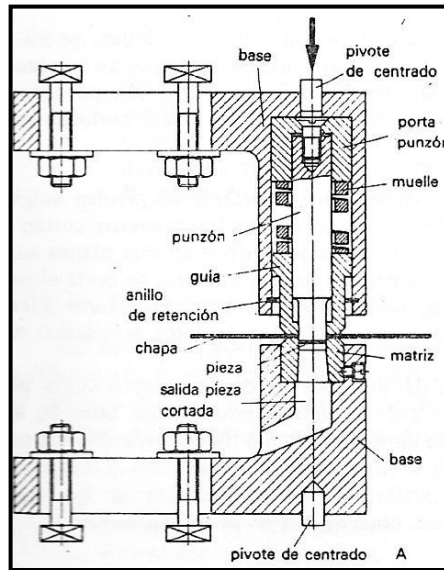
### 1.4.3 Troquel con unidades de punzonado

Este tipo de troquel consta de uno o más elementos que realizan el punzonado, puede ser de tipo universal o integral. Las unidades de tipo universal como se muestra en la siguiente ilustración, se las puede montar de forma individual sobre las mesa de la prensa y alinearlas según se necesite. Las de tipo integral como se muestra en la subsiguiente ilustración, es un conjunto formado por el punzón y la matriz en un solo cuerpo que del

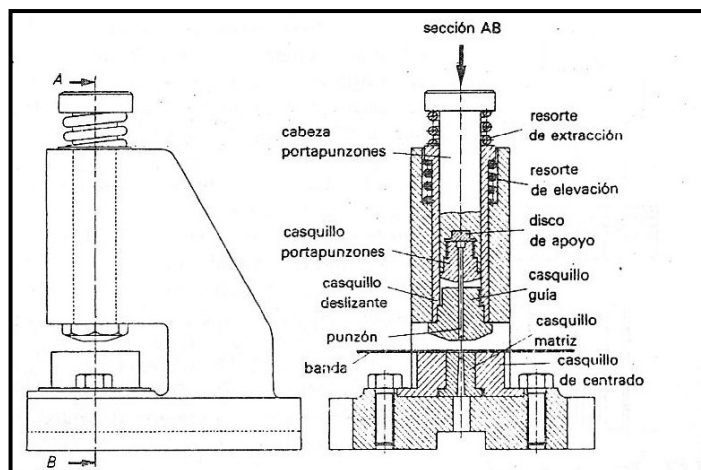
<sup>8</sup> Ibid. p. 37, fig. 17.9 C

<sup>9</sup> Ibid. p. 38, fig. 17.12

mismo modo puede emplearse por sí sola o combinada con otras en una misma mesa de la prensa.



**Ilustración 10 "Unidad de punzonado tipo universal" <sup>10</sup>**



**Ilustración 11 "Unidad de punzonado tipo integral" <sup>11</sup>**

#### 1.4.4 Troquel con guía de punzones

##### Troquel con guía de punzones fija a la matriz

Este tipo de troqueles poseen una guía para los punzones la cual se encuentra fija a la matriz; esta guía cumple a su vez la función de extractor

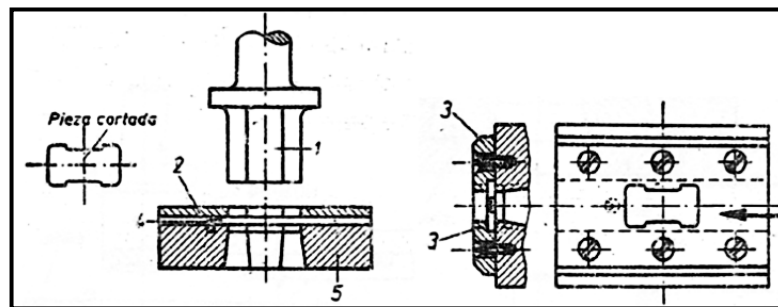
<sup>10</sup> Ibid. p 38, fig. 17.13A

<sup>11</sup> Ibid. p 38, fig. 17.13 B.

fijo de la chapa. Se pueden dar tres variantes principales de este tipo de troquel los que tienen matriz simple, matriz múltiple o matriz progresiva.

### Troquel con guía de punzones y matriz simple

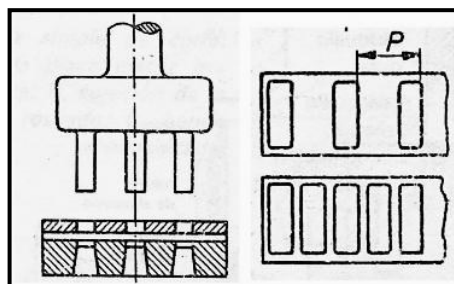
Este tipo de troquel, la pieza que se desea trabajar posee es de figura geométrica simple y no posee cortes interiores de ningún tipo como se muestra en la siguiente ilustración.



*Ilustración 12 “Cortar simple de piezas sencillas con guías de punzón y de chapa en una misma pieza y sujeta a la matriz”<sup>12</sup>*

### Troquel con guía de punzones y matriz múltiple

Cuando se desea producir grandes cantidades, y la capacidad de la máquina lo permite se puede emplear troqueles que poseen matrices varias matrices iguales con sus respectivos punzones como se muestra en la siguiente ilustración.



*Ilustración 13 “Troquel múltiple con punzones distanciados”<sup>13</sup>*

<sup>12</sup> Ibid. p 39, fig. 17.16.

<sup>13</sup> Ibid. p. 39, fig. 17.17

## Troquel con guía de punzones y matriz progresiva

Este tipo de troquel se llama así debido a la realización del punzonado en etapas, en cada cavidad se tiene una forma diferente como se muestra en la siguiente ilustración, las cuales van dando forma al conjunto final de la pieza.

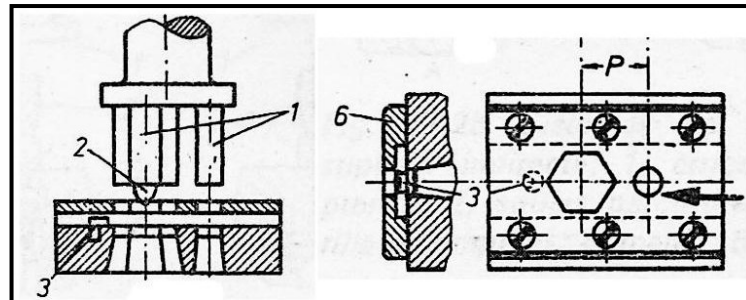


Ilustración 14 "Troquel progresivo para el corte de la pieza con orificios" <sup>14</sup>

### 1.4.5 Troquel de punzón auxiliar de paso de banda

Se emplea cuando se requiere fabricar piezas con perforaciones y conservar el paso del fleje, el troquel posee el punzón normal, pero se le añade un punzón en un lado del fleje, que retira partes del material con cada golpe del troquel lo que permite el ingreso del fleje que actúa como un tope para el fleje como se muestra en la ilustración siguiente.

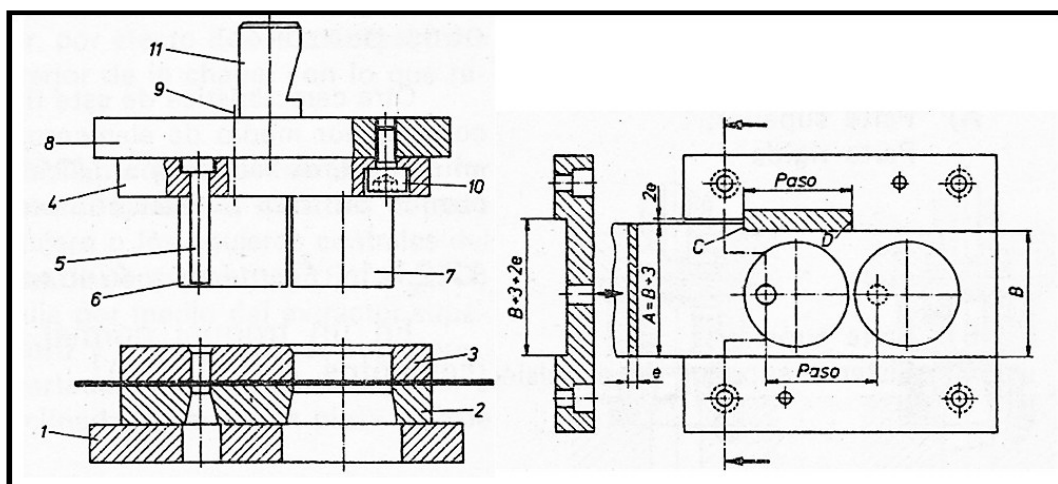


Ilustración 15 "Troquel de corte con punzón auxiliar" <sup>15</sup>

14 Ibid. p 40, fig. 17.18

15 Ibid. p 40, fig. 17.21

<b>Partes de un troquel con punzón auxiliar</b>	
<b>N° de Parte</b>	<b>Descripción</b>
1	Base
2	Matriz
3	Placa guía
4	Placa porta punzones
5	Punzón pequeño
6	Cuchilla
7	Punzón grande
8	Placa soporte
9	Pasador elástico
10	Tornillo
11	Mango

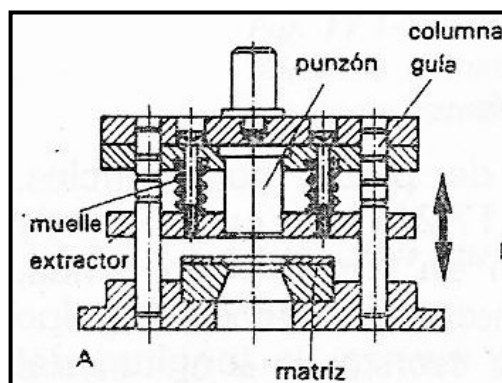
**Tabla 1 “Partes de un troquel auxiliar”<sup>16</sup>**

### 1.4.6 Troquel con extractor

Cuando se realiza el corte el material sufre una recuperación elástica, ésta recuperación provoca que el material se adhiera sobre todo al punzón en su carrera de retorno. Para evitar este problema se emplean los extractores.

#### Troquel con extractor en el punzón

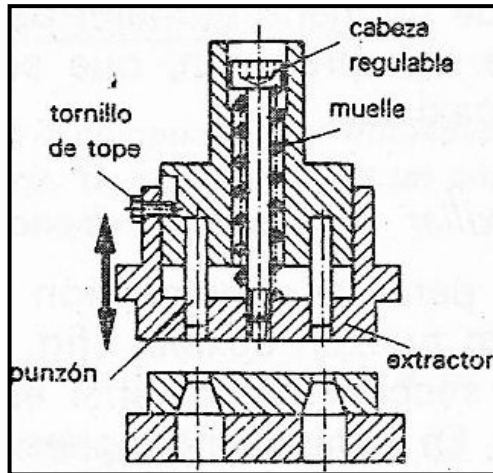
Este tipo de extractor actúa sobre la pieza que se encuentra ubicada sobre el punzón, dos formas principales de extractores en el punzón son como se indica en las siguientes ilustraciones.



**Ilustración 16 “Extractor con 4 guías de columna y muelles laterales”<sup>17</sup>**

<sup>16</sup> Ibid. p. 40, fig. 17.21

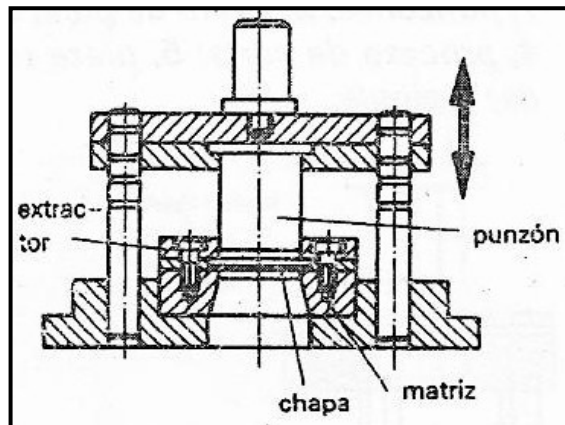
<sup>17</sup> Ibid. p. 41, fig. 17.22



**Ilustración 17 “Extractor con muelle central regulable”** <sup>18</sup>

### Troquel con extractor en la matriz

El extractor en la matriz trabaja cuando la chapa que se encuentra adherida al punzón es obligada a chocar con este elemento; la forma principal que posee este tipo de extractor es la forma de puente, es decir con un espacio en blanco bajo el cual circula el fleje y apoyos laterales, los cuales se encuentran sujetos a la matriz como se muestra en la siguiente ilustración



**Ilustración 18 “Troquel con extractor montado sobre la matriz”** <sup>19</sup>

<sup>18</sup> *Ibid.* p. 41, fig. 17.22

<sup>19</sup> *Ibid.* p. 39 fig. 17.23

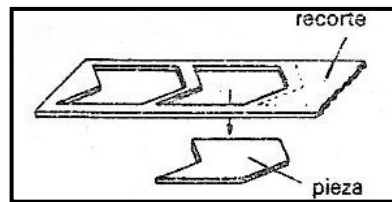
## 1.5 Clasificación por aprovechamiento del material

El aprovechamiento del material se basa en la distribución o disposición de piezas en el fleje acorde a la pieza requerida:

- Aprovechamiento del material en piezas que dejan el retal continuo
- Aprovechamiento del material en piezas sin retal continuo
- Aprovechamiento del material en piezas unitarias

### 1.5.1 Aprovechamiento del material en piezas que dejan el retal continuo

Las piezas que dejan el retal continuo, es cuando se remueve en una sola operación la pieza del retal como se muestra en la siguiente ilustración.



*Ilustración 19 “Piezas sacadas de banda con retal continuo”<sup>20</sup>*

### 1.5.2 Aprovechamiento del material en piezas sin retal continuo

Este tipo de aprovechamiento del fleje se hace cuando se puede aprovechar del ancho del fleje o banda como una dimensión de la pieza y se reduce el recorte en el troquelado como se muestra en la siguiente ilustración.



*Ilustración 20 “Piezas sacadas sin retal continuo”<sup>21</sup>*

<sup>20</sup> Ibid. p 37, fig17.6

<sup>21</sup> Ibid. p 37, fig. 17.7

### 1.5.3 Aprovechamiento del material en piezas unitarias

Este tipo de aprovechamiento del fleje permite se obtiene una pieza por cada corte o recortar piezas individuales.

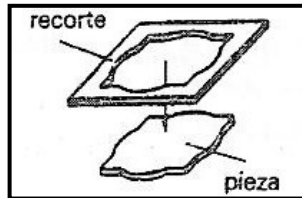


Ilustración 21 "Pieza sacada de otra pieza individual" <sup>22</sup>

### 1.6 Partes del troquel de corte y punzonado

De forma independiente a los diferentes tipos de troquel se describieron el troquel de corte y punzonado posee las siguientes partes fundamentales; la ubicación de las partes se muestra en la siguiente ilustración y se detalla en la tabla siguiente; se debe conocer su función y ubicación previa a un diseño o dimensionamiento de cada una de las partes.

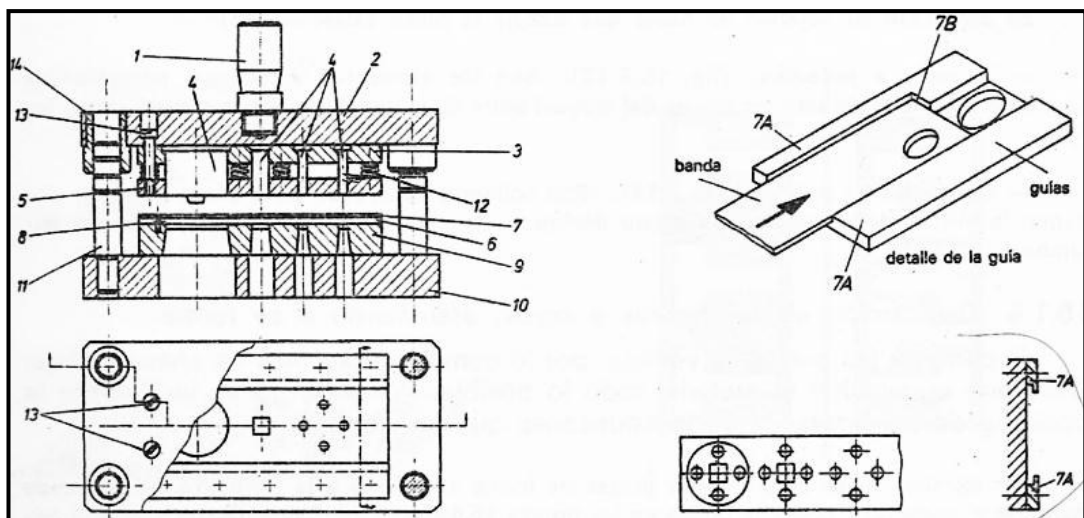


Ilustración 22 "Partes principales de un troquel de cortar" <sup>23</sup>

<sup>22</sup> Ibid. p 37, fig. 17.8

<sup>23</sup> Instituto Técnico Superior Salesiano Don Bosco, Curso Básico De Matricera, Edición Sin número, Sin Año, Quito Ecuador, Editorial Colegio Don Bosco, p. 24, fig. 15.3



Partes de la Matriz		
N°	Nombre	Descripción
1	Mango o vástago porta punzones	Es un cilindro de acero semi-duro, posee dimensiones normalizadas.
2	Placa de freno o contra placa	Tiene por objeto sostener a la parte superior del troquel así como apoyar y retener a los punzones cuando se realiza el esfuerzo de corte. Sobre ésta se sujeta el mango porta punzones.
3	Placa porta punzones	Su finalidad es la guiar y sujetar los punzones por la base de los mismos, para eliminar los efectos del pandeo, para realizar el corte sin desviaciones; se dimensionará de acuerdo a la longitud del punzón.
4	Punzones	Son prismas generalmente de acero templado, los cuales van montados sobre la placa porta punzones y son los que producen el corte por cizallado del material cuando se introducen en la cavidad de la matriz.
5	Placa guía de los punzones	Sirve para guiar a los punzones sobre la placa matriz; también se la puede emplear como extractor del material que se adhiere una vez realizado el punzonado.
6	Banda de material	Se denomina así a la tira o fleje de chapa de material sobre la cual se realizará el punzonado.
7a	Guías laterales	Su objeto es de guiar a la chapa de material para troquel.
7b	Guías laterales como topes	Además de guía se emplea a su vez se emplea como tope para el corte de cada pieza.
8	Tope para la retención de la tira de material	Sirve como tope para el posicionamiento de la chapa en cada corte
9	Placa Matriz	En ella se encuentra elaborada la figura exacta total o parcial de la pieza que se desea obtener. Soporta el mayor esfuerzo en el conjunto del troquel.
10	Base o placa porta matriz	Se emplea como apoyo de la matriz principalmente, se emplea también para el montaje y sujeción de la matriz a la mesa de la prensa.
11	Columnas de guías	Su finalidad es hacer coincidir con perfección los punzones y los orificios de la matriz, se usa en troqueles de grandes dimensiones o cuando se requiere mayor precisión.
12	Muelles	Son los elementos elásticos que se encargan de expulsar y extraer la pieza y el retal.
13	Tornillos y pasadores	Elementos de fijación para unir las placas y los componentes del troquel.
14	Casquillos de guía	Son cojinetes lisos que permiten el desplazamiento de la parte móvil del troquel.

**Tabla 2 “Partes que componen un troquel de corte y punzonado”<sup>24</sup>**

La primera parte que se analiza la matriz.

<sup>24</sup> *Ibíd.*

### 1.6.1 Matriz de corte

La matriz se denomina generalmente placa matriz ya que ella posee formas geométricas y dimensiones y se analiza tal y como se describe a continuación.

#### **Determinación del espesor de la placa matriz**

El espesor de la placa matriz se compone de sumar el espesor normal mínimo de la placa como tal y una sobre medida que permita el afilado de la matriz, se denomina vida útil.

#### ***Determinación del espesor por medio de tablas***

La determinación del espesor de la placa matriz se hace para garantizar que la misma tenga un correcto desempeño.

El método más utilizado se basa en tablas como se muestra a continuación

Espesor de la chapa		Espesor de la palca matriz	
(in)	(mm)	(in)	(mm)
0 a 1/16	1,2	15/16	23,8
1/16 a 1/8	3,2	1 1/8	28,6
1/8 a 3/16	4,8	1 3/8	35
3/16 a 1/4	6,6	1 5/8	41,3
Más de 1/4	Más de 6,4	1 7/8	47,6

**Tabla 3 “Espesores recomendados para placa matriz en función del espesor de la chapa a cortar”<sup>25</sup>**

#### ***Determinación del espesor por ecuación.***

Mediante la siguientes ecuación se obtiene un el valor más exacto para el espesor de la plaza matriz.

<sup>25</sup> Koninck J. – Gutter W. *Manual del técnico matricero.*, Tercera Edición, Barcelona – España, Editorial José Montesó 1977, pág. 92.

$$a = 0,6 * \sqrt[3]{F} [mm]$$

**Ecuación 1 "Espesor de placa matriz totalmente apoyada" <sup>26</sup>**

Siendo:

F= fuerza de corte que debe soportar la matriz en [kgf/mm<sup>2</sup>] un valor más específico del espesor mínimo sugerido de la placa matriz cuando está apoyada completamente.

a = espesor mínimo de la placa matriz.

### **Vida útil de la placa matriz**

Se denomina vida útil de la matriz a la dimensión lineal del material excedente que posee la placa matriz en su espesor y que permite el afilado de la matriz de corte. Para el dimensionamiento de la vida útil, el mínimo sugerido es el espesor de la matriz, otro valor sugerido oscila entre 3 a 4 veces el espesor de la chapa. Este valor puede incrementar acorde al criterio del diseñador, considerando que debe ser menor a ½ espesor placa matriz ya que una elevada dimensión de vida útil provoca defectos en el corte así como incremento en las fuerzas producidas en el corte.

$$\mathbf{Vida\ Útil\ Recomendada = (3\ \acute{o}\ 4) * e}$$

**Ecuación 2 "Vida útil recomendada para una matriz de corte" <sup>27</sup>**

Se tiene que el espesor resultante de la placa es:

$$\mathbf{A = Vida\ \acute{u}til + a [mm]}$$

**Ecuación 3 "Espesor final placa matriz" <sup>28</sup>**

---

<sup>26</sup> Instituto Técnico Superior Salesiano Don Bosco, Tecnología Mecánica Máquinas Herramientas, Primera Edición, Sin Año, Quito Ecuador, Editorial Colegio Don Bosco, p.69 Ec. 5

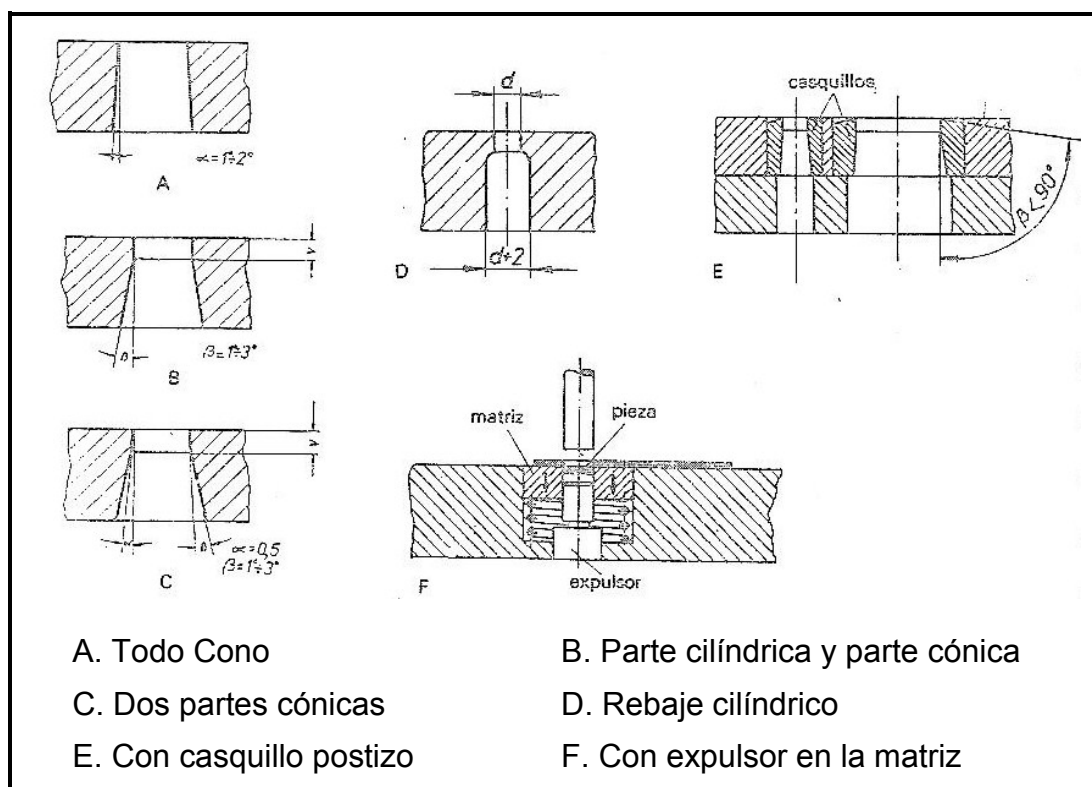
<sup>27</sup> José Guazumba, Compilado de matricería, pág. 61

<sup>28</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, Diseño e Implementación del Proceso de Embutición Modelo 406.19, Quito Ecuador, 2010.

Siendo A: Espesor final de la placa matriz.

### Angulo de salida

El ángulo de salida o desahogo es la forma o perfil a sobre medida realizado a continuación de la dimensión de la vida útil de la matriz, a lo largo del espesor restante de la matriz para facilitar la salida del recorte de la cavidad de la matriz. Se puede realizar diversos tipos de ángulos de salida o formas para permitir la salida como se muestra en la siguiente ilustración.



**Ilustración 23 "Formas de los interiores de las matrices para facilitar la salida de la pieza"<sup>29</sup>**

### Fijación y alineamiento

La fijación de la placa hacia la matriz se hace por medio de elementos normalizados, pernos, tornillos, tuercas y arandelas como medios de fijación y sujeción de los elementos. Mientras que el alineamiento y posición se lo

<sup>29</sup> Instituto Técnico Superior Salesiano Don Bosco, *Tecnología Mecánica...* Óp. Cit. p. 27G, fig. 159.2

hace por medio de pasadores; este procedimiento se analiza detalladamente en el ítem 2.1 “Procesos de acoplamiento con elementos normalizados”

### **Material de la placa matriz**

El material de la placa matriz se selecciona en base a catálogos o documentos en los cuales se describa sus propiedades, basados inicialmente en los valores de fuerzas y requerimientos obtenidos previamente. La información básica que se debe poseer de un material para su selección es como se muestra en el Anexo digital 3 “Materiales para construcción mecánica”, adicionalmente se debe prever la facilidad de su fabricación y la disponibilidad en su selección.

#### **1.6.2 Punzón.**

Para el punzón se debe también determinar sus características

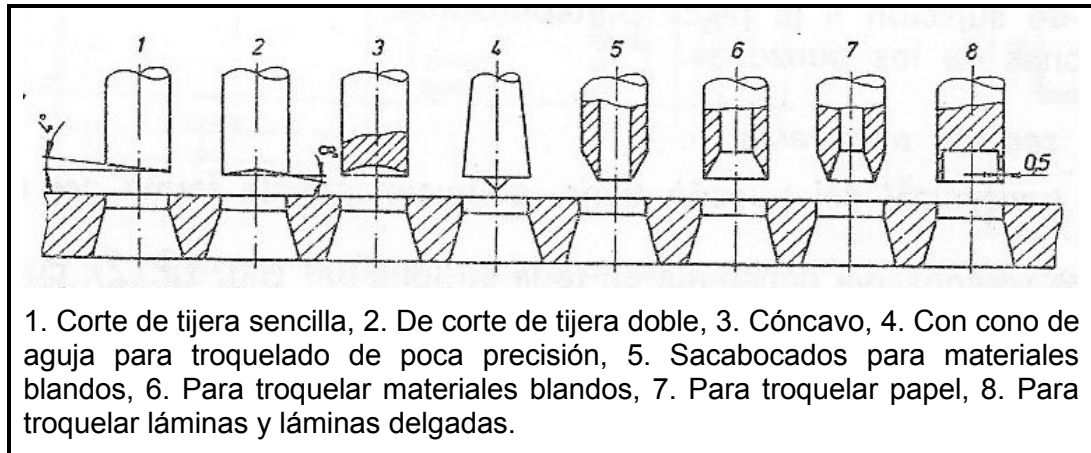
#### **Perfil**

El perfil del punzón se hace a partir de la forma que éste debe cortar, al igual que la matriz se hace a partir de la pieza que se desea obtener.

Aquí se define si ha de ser un punzón simple, compuesto o en etapas.

#### **Terminación de la parte de corte**

Como parte de corte se define a la punta o lugar que realiza el corte en el punzón; hay diversas formas de terminaciones se hacen acorde a los requerimientos del corte como se muestra en la siguiente ilustración.



**Ilustración 24 “Varios tipos de punzones”<sup>30</sup>**

### **Vida útil**

De forma general se considera una dimensión igual a la vida útil que se hace a la placa matriz.

### **Cuerpo**

El cuerpo es todo lo restante a partir de la vida útil del punzón. Dependiendo del perfil de corte, se puede realizar una variación de sección cuando el punzón es de pequeñas dimensiones o cuando el perfil es complejo y su obtención demanda procedimientos costosos es innecesario en toda la longitud del punzón.

### **Resalto o cabeza del punzón**

El resalto del punzón o cabeza del punzón es una variación de sección que se hace para una mejor distribución y aplicación de la fuerza sobre el final del punzón; para facilitar la sujeción y montaje a la placa porta punzones, la variación de sección para evitar deformaciones y fallas de sección se hace realizando una variación uniforme de sección que se consigue realizando un radio, cuanto mayor sea el radio que se aplique menor será la posibilidad de fallos por cambio de sección.

<sup>30</sup> Instituto Técnico Superior Salesiano Don Bosco, Tecnología Mecánica... Óp. Cit., pág. 59 fig. 19.16

## Ángulo de salida

Al igual que la matriz se puede aplicar ángulos de salida o desahogos para facilitar la remoción y al igual que la matriz se lo hace a partir de la vida útil de la matriz a criterio del diseñador.

## Material del Punzón

El punzón se debe hacer en lo posible del mismo material de la placa matriz, en el caso que el material exacto no se puede emplear para la elaboración del punzón, se debe seleccionar un material con características equivalentes

## Longitud máxima del punzón

La longitud máxima del punzón se hace en base a las dimensiones del perfil del punzón, material que debe trabajar, material del punzón y las fuerzas que debe soportar.

La longitud del punzón se determina en base a partir de la resistencia al pandeo del punzón, por medio de la siguiente ecuación.

$$L_{max} = \sqrt{\frac{3312 \cdot d^3}{\sigma T \cdot e}} \text{ [mm]}$$

*Ecuación 4 "Longitud máxima para punzones cilíndricos" <sup>31</sup>*

### 1.6.3 Guía de chapa

La guía de chapa es una placa que ayuda al desplazamiento uniforme de la chapa, hay diversas configuraciones de la guía de chapa.

---

31 Instituto Técnico Superior Salesiano Don Bosco, Tecnología Mecánica... Óp. Cit., p.65, Ec 2d

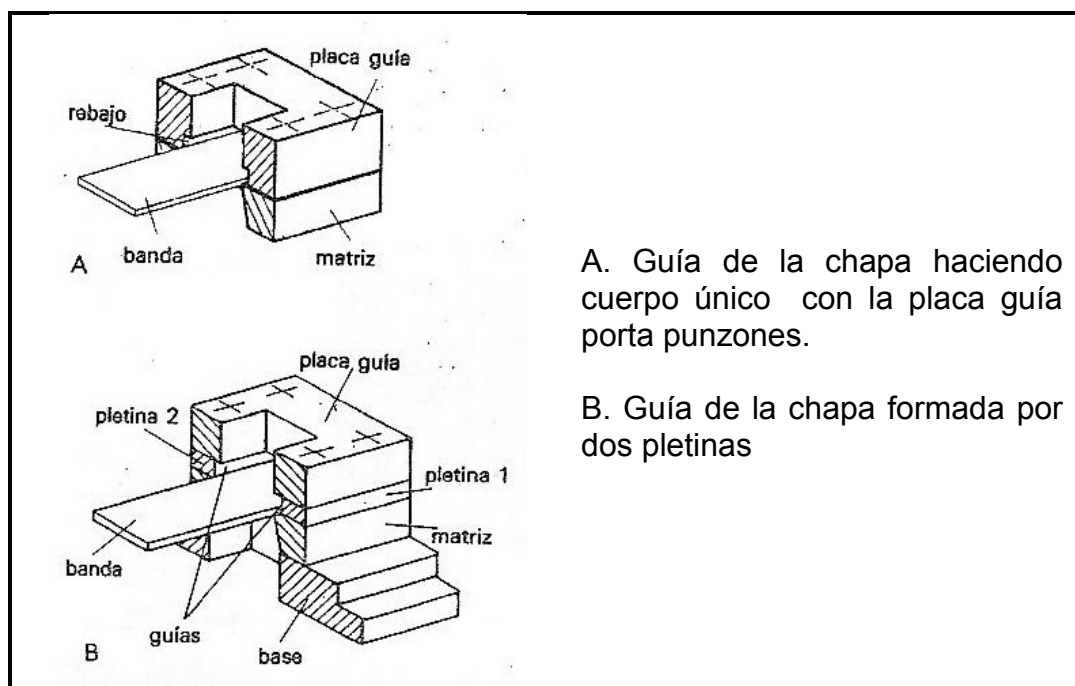
## Guías de chapa simples o abiertas

Las guías simples de la chapa o abiertas solo restringen el alineamiento de la chapa por sus bordes laterales y permiten el desplazamiento de la chapa en sentido vertical a la placa matriz.

## Guías de chapa compuestas

Este tipo de guías cumple dos funciones, se emplea en troqueles que tienen únicamente operaciones de troquelado simple, en muy pocos casos cuando se hacen operaciones que emplean troquelado coaxial al igual que en troqueles progresivos.

Esta disposición incrementa la longitud máxima que puede poseer un punzón ya que proporciona un apoyo adicional que se encuentra más cercano al fleje y punto de contacto del punzón.



**Ilustración 25 “Guías de chapa”<sup>32</sup>**

<sup>32</sup> Instituto Técnico Superior Salesiano Don Bosco, *Tecnología Mecánica...* Óp. Cit. p. 74 fig. 19.58



### ***Dimensiones de la guía de chapa***

Se considera la altura, ancho y longitud así como las dimensiones del fleje o chapa que se emplea.

#### ***Ancho de guías de chapa***

Es la distancia que se debe tener entre las guías, esta distancia se hace en base al ancho del fleje que se emplea la siguiente ecuación.

$$\mathbf{Ancho = B + 2e [mm]}$$

***Ecuación 5 “Ancho de las guías”<sup>33</sup>***

Siendo:

B= ancho del fleje

El ancho ha de acoplarse al ancho de la placa matriz mínimo

#### ***Longitud de guías de chapa***

La longitud de las guías como mínimo debe ser igual a la longitud de la placa matriz.

#### ***Altura o espesor de placa guía de chapa***

La altura o espesor de las guías se hace de 3 a 5 veces el espesor de chapa, si se emplea fleje grueso o fino respectivamente.

Así mismo depende si se ha de hacer guías simples o guías compuestas, al ser guías simples deben tener la altura; a este valor se le incrementa la necesidad de altura por los elementos de alineación y fijación.

---

<sup>33</sup> *Ibíd. pág. 75 Ec. 9*

### ***Material de las guías.***

Para las guías como se encuentran sometidas a un esfuerzo muy inferior que la matriz y/o los punzones, se hace de un acero de menor dureza que el acero de la matriz o el punzón, aceros de construcción mecánica.

### ***Fijación y alineamiento***

Se hace en base a la fijación y alineamiento de la placa matriz ya que se dispone sobre la placa matriz.

#### **1.6.4 Placa porta punzones**

La placa porta punzones es la encargada del apoyo axial y facilitar la fijación del punzón o punzones, para el dimensionamiento de esta placa se emplea la siguiente ecuación en función de la longitud del punzón.

$$L = 0,25 * l$$

***Ecuación 6 “Espesor de la placa porta punzones”<sup>34</sup>***

#### ***Material de la placa porta punzones***

Acero F-1140 sin temple para evitar tensiones.

#### **1.6.5 Placa guía de punzones**

La guía de punzones ayuda emplear punzones de menores diámetros y mayores longitudes, su objeto es minimizar el pandeo e incrementar la longitud máxima de los punzones; el espesor práctico de la placa guía de punzones se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$h = 0,4 \text{ altura de punzón}$$

***Ecuación 7 “Espesor de placa guía de punzones”<sup>35</sup>***

---

<sup>34</sup> Instituto Técnico Superior Salesiano Don Bosco, Curso Básico De Matricería, ..., Óp. Cit. pág. 66, tabla 19.32

<sup>35</sup> *Ibíd.* pág. 74, Ec. 8

### *Material placa guía de punzones*

Se hace de acero al carbono F-1140, sin aplicar tratamiento térmico de temple.

### **1.6.6 Sufridera o contra placa**

La sufridera es una placa de espesor constante que se sitúa sobre las cabezas de los punzones para recibir el esfuerzo directamente del punzón y distribuirlo mejor sobre la placa superior del bastidor.

La placa sufridera se emplea sobre todo cuando los punzones con los cuales se trabajan poseen una sección muy pequeña cerca al espesor de la chapa.

### **Espesor de la sufridera o contra placa**

Las dimensiones de las contra placas sean redondas y rectangulares se indican bajo las normas DIN 9866 y DIN 9867.

*“Las contra placas de ancho o diámetro menor o igual a 125 mm, son de 18 mm de espesor, para anchos mayores se toman espesores de 23mm.*

*La placa sufridera, que ha de soportar punzones para perforar chapa delgada, bastará que tenga 3 mm de espesor; para chapas mayores debe ser de 5 a 6 mm”<sup>36</sup>*

### *Material de la sufridera*

El material de la contra placa, se emplea un acero no demasiado duro como un F-1140. La sufridera debe ser de acero duro, templado y rectificado por dos caras.

---

36 Instituto Técnico Superior Salesiano Don Bosco, Curso Básico De Matricería, Primera Edición, Sin Año, Quito Ecuador, Editorial Colegio Don Bosco, pág. 58, Lit. 19.2.3.

### **1.6.7 Expulsores y extractores**

Los expulsos, son elementos que facilitan la extracción del recorte del material que esta alrededor del punzón y la pieza que se encuentra al interior de la cavidad de la matriz.

Se tiene en diversas disposiciones, en la placa base, placa superior; siendo fijos o móviles. Se hacen de aceros duros sin temple ya no realizan trabajo de corte.

Las dimensiones de los expulsos se hacen en función de su disposición y los esfuerzos que ha de soportar la placa.

### **1.6.8 Armazón, bastidor, bases normalizadas o porta matrices.**

El armazón o bastidor del troquel es el cuerpo donde se fijan los elementos los elementos del troquel. Teniendo sus partes fundamentales como son la base inferior, base superior, columnas y los casquillos que facilitan el desplazamiento de la placa superior.

Hay varios modelos de bases normalizadas para troqueles se muestran con detenimiento en el Anexo digital 4 extracto catálogo de elementos normalizados, su empleo y utilización se basa en las dimensiones de la placa o placas matrices que se han de emplear, del mismo modo las relaciones dimensionales de las bases normalizadas son robustos sistemas de sujeción que garantizan la alineación y trabajo de los punzones y las matrices de corte, en la siguiente ilustración se muestra un tipo de base normalizada con sus dimensiones y características principales.

Las partes y elementos constituyentes principales se describen a continuación de la ilustración.

$l$	$b_1$	$e$	$a$	$b$	$h$	$h_1$	$h_3$	$s_1$	$s_2$
80	60	101	200	95	170	50	60	18	19
100	80	125	240	115	170	50	60	24	25
120	100	145	290	145	185	55	70	24	25
150	130	178	320	175	185	55	70	30	32
180	160	208	360	205	195	60	80	30	32
200	200	228	380	245	195	60	80	30	32
225	200	253	425	245	195	60	80	40	42
250	200	278	450	245	195	60	80	40	42
300	200	328	510	245	195	60	80	40	42

**Tabla 4 “Dimensiones normalizadas de un armazón”<sup>37</sup>**

### Columnas de guía

Las guías de un troquel son elementos perfectamente cilíndricos, que poseen un acabado superficial en su área o sección de trabajo calidad de rectificado N4 a N5 según normas ISO de acabados superficiales con una tolerancia H6. Para ellos también se cuentan con normas acorde a las dimensiones de longitud, diámetros y espesores de las placas como se muestra en el Anexo digital 4

La fijación de las columnas guías como se muestra en el Anexo digital 4 se hace por ajuste por tolerancia dimensional, por ajuste mediante roscas; del mismo modo se puede realizar otros tipos de montaje siempre y cuando se garantice el alineamiento y la fijación de los mismos, en el caso de fijaciones por ajustes de tolerancias, se tiene en el Anexo digital 5 tablas con valores

<sup>37</sup> Instituto Técnico Superior Salesiano Don Bosco, Tecnología Mecánica... Óp. Cit., p. 73, tabla 19.52.

representativos de combinaciones de ajustes con tolerancias para diferentes aplicaciones.

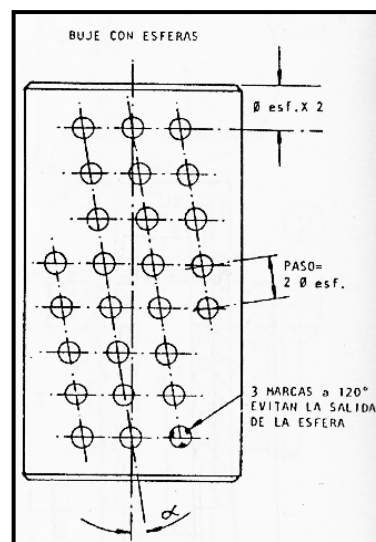
### **Bujes o bocines**

Los bocines, también se denominan bujes, estos elementos permiten desplazamiento uniforme y alineado de la base superior respecto a las guías columnas.

Hay diversos tipos de bocines o bujes normalizados que se pueden emplear a criterio del diseñador y acorde a los requerimientos de precisión, construcción y disponibilidad.

### **Bujes con esferas**

Los bujes con esferas se emplean en grandes producciones, las esferas trabajan ajustadas y van alojadas en un buje soportante como se muestra en la siguiente ilustración, el buje soportante puede ser de acero o bronce.



**Ilustración 26 "Buje soportante con esferas" <sup>38</sup>**

<sup>38</sup> SECAP, *Información Tecnológica Matriz de Corte*, Edición S.N, Ref. HIT.263. pág. 5 de 8

### ***Bujes sin resalto***

Los bujes sin resalto son piezas cilíndricas huecas, que su interior permiten desplazarse axialmente a lo largo de las guías columnas; son elementos que se fabrican de aceros o bronce según la precisión de trabajo que se requiere, aquellos que se fabrican de acero se hace en materiales con alta resistencia al desgaste por fricción y que permitan ser templados.

Los bujes van montados en la base superior con ajustes p6 en el agujero. Para evitar su desplazamiento; no son muy empleados en matricería para corte.

### ***Bujes con resalto***

El resalto en los bujes evita un desplazamiento axial del mismo, por ello son los más empleados en la matricería de corte; al igual que los bujes sin resalto se montan a la base superior con un ajuste p6 y se elaboran con los mismos materiales como aquellos sin resalto.

En el Anexo digital 4 se muestran las dimensiones y especificaciones correspondientes para un modelo de bocines con resalto.

### **Bases**

Se denomina bases a las placas o elementos sobre los cuales van montados los otros elementos, la base superior o placa móvil recibe ese nombre por acoger sobre ésta al punzón o punzones mientras que la base inferior recibe ese nombre por acoger a la matriz en el troquel de corte.

El dimensionamiento de las bases normalizadas corresponde a las dimensiones de matriz y/o punzón, al interactuar estos elementos, las dimensiones iniciales corresponden a las dimensiones de la placa matriz, al tener la placa matriz sus dimensiones en función de los esfuerzos, una base en la cual se pueda ubicar la placa matriz sin que esta exceda las

dimensiones o interfiera con las columnas guías o sistema de fijación será considerada como requisito mínimo.

### ***Espesor de las bases***

Las dimensiones de las columnas dictan las dimensiones del espesor y las consiguientes dimensiones de las bases, como se muestra en el Anexo digital 4 catálogo de elementos normalizados.

Del cual se extrae de la Fig. 6. la siguiente ecuación:

$$***Espesor bases \geq 1,5 D [mm]***$$

***Ecuación 8 “Espesor de las placas base”<sup>39</sup>***

Siendo:

D= diámetro de la columna

### **Mango o vástago de fijación**

Los mangos o vástagos de fijación para los troqueles, son los elementos que permiten unir el cabezal de la prensa con la parte móvil del troquel. Los troqueles de grandes dimensiones así como las prensas de grandes esfuerzos permiten montar la parte móvil del troquel directamente al cabezal de la misma por medio de elementos de fijación como pernos, tuercas y pasadores. Cuando se emplea vástagos o mangos se puede emplear las normas DIN 9859, extracto en el Anexo digital 4.4 ó DIN 9827 extracto en el Anexo digital 4.5. No solo se puede emplear los vástagos de acuerdo a las normas anteriores; algunos fabricantes han diseñado otras formas de vástagos, de acuerdo a sus necesidades propias.

---

39 SECAP, Información Tecnológica CBC Matriz de Corte, Edición S.N, Ref. HIT.263. p. 3/6



### 1.6.9 Acoplamiento del vástago a la placa base

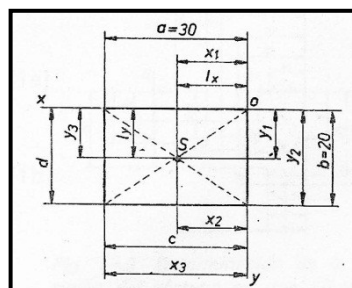
El vástago no debe solo permitir el montaje de éste por medio de un acoplamiento roscado, debe impedir que este acople se afloje, para ello se emplean diferentes los más empleados se muestran en el Anexo digital 4.6 que es un extracto de los cuatro tipos más empleados de sistemas de acoplamiento del vástago con la placa base.

#### Posición del mango

La posición del mango en el troquel, influye para la distribución uniforme del esfuerzo que recibe del cabezal de la prensa y que debe transmitir a los punzones con la finalidad de evitar esfuerzos innecesarios, deformaciones de los punzones incluso la rotura de los punzones. Por esta razón, el mango se debe ubicar en el centro de gravedad del troquel o en la prolongación de la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre los punzones. Todas las distribuciones de punzones se contienen en 5 grupos.

#### Posicionamiento del mango con un solo punzón

Cuando se emplea un solo punzón, la posición del punzón se establece fácilmente, determinando el centro de gravedad de la sección geométrica proyectada del punzón como se muestra en la siguiente ilustración; se puede emplear tablas las cuales permiten ubicar el centro de gravedad del punzón y determinar el centro de gravedad donde ha de ubicarse el mango de fijación.



**Ilustración 27 “Determinación del centro de gravedad de un rectángulo”<sup>40</sup>**

<sup>40</sup> Instituto Técnico Superior Salesiano Don Bosco, Curso Básico De Matricería, Edición Sin número, Sin Año, Quito Ecuador, Editorial Colegio Don Bosco, p 52, fig. 19.2

## Posicionamiento del mango por medio de las coordenadas del punzón

Cuando se emplea más de un punzón o este posee una forma compleja o compuesta por otros elementos se debe emplear las siguientes ecuaciones, para determinar por medio de las inercias que actúan sobre cada eje de coordenadas.

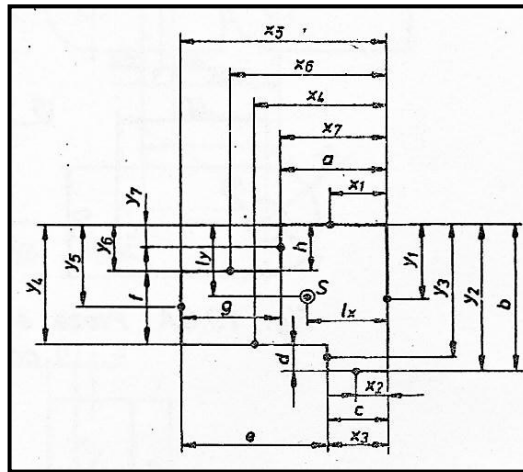
$$I_y = \frac{(a.x_1)+(c.x_2)+(d.x_3)+(e.x_4)+(f.x_5)+(g.x_6)+\dots+(n.x_n)}{P}$$

*Ecuación 9 "Inercia para el eje Y" <sup>41</sup>*

$$I_x = \frac{(b.y_1)+(c.y_2)+(d.y_3)+(e.y_4)+(f.y_5)+(g.y_6)+\dots+(n.y_n)}{P}$$

*Ecuación 10 "Inercia para el eje X" <sup>42</sup>*

Las dos ecuaciones anteriores corresponden a la simbología y distribución que se muestra en la siguiente ilustración.



**Ilustración 28 "Determinación de la posición del vástago en una pieza de forma irregular que se desea recortar" <sup>43</sup>**

Para este método también se emplean las tablas el Anexo digital 4.7 para simplificar en elementos simples conocidos y determinar la posición del vástago.

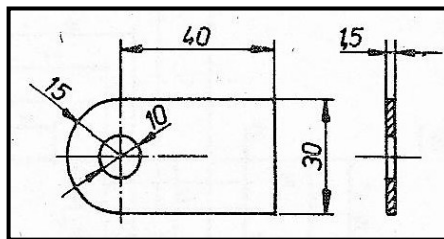
<sup>41</sup> Instituto Técnico Superior Salesiano Don Bosco, Curso Básico De Matricería, Edición Sin número, Sin Año, Quito Ecuador, Editorial Colegio Don Bosco, p 54, Ec. 1a

<sup>42</sup> Instituto Técnico Superior Salesiano Don Bosco, Curso Básico De Matricería, Edición Sin número, Sin Año, Quito Ecuador, Editorial Colegio Don Bosco, p 54, Ec. 1b

<sup>43</sup> Instituto Técnico Superior Salesiano Don Bosco, Tecnología Mecánica... Óp. Cit., p 54, fig. 19.3

## Posicionamiento del vástago para punzones situados en una misma línea

Este procedimiento se emplea sobre todo en troqueles del tipo progresivo, en los cuales los punzones actúan uno a continuación del otro, el eje que pasa por el centro de masa de los punzones es común como se muestra en la siguiente ilustración, de ahí su denominación.



*Ilustración 29* "Pieza a recortar" <sup>44</sup>

Se realiza el cálculo empleando solo una de las dos ecuaciones anteriores debido a la coincidencia de uno de los ejes de los centros de masa de los punzones dependiendo del eje que se toma como referencia.

*Posicionamiento del vástago para dos punzones que no están en línea.*- Cuando dos punzones no poseen un eje en común para sus centros de masa, es necesario determinar la posición con respecto a cada eje en correspondencia a cada figura establecida.

### Varios punzones y cuchillas de paso de banda

Al igual que las otras distribuciones es necesario obtener el centro de masa formado por los punzones y la cuchilla de paso; la cuchilla de paso se puede considerar como un punzón auxiliar.

#### 1.7 El paso

Es la separación que deben tener las piezas unas con otras conservando la separación mínima entre las piezas, se emplea para determinar el consumo

<sup>44</sup> Instituto Técnico Superior Salesiano Don Bosco, *Tecnología Mecánica...* Op. Cit., p 55, fig. 19.6A

de material; se toma en sentido longitudinal del fleje. Cuando son piezas que se pueden hacer con una distribución de forma normal.

Se expresará como sigue:

$$p = l_{max} + s$$

**Ecuación 11 “Paso mínimo del fleje”** <sup>45</sup>

Siendo:

p= paso de la piezas

$l_{max}$  = longitud máxima de la pieza

s = separación mínima de la pieza

## 1.8 Aprovechamiento del fleje

El aprovechamiento del fleje se obtiene en recortes completos al fleje o chapa por medio de una operación matemática que relaciona el área total del fleje con la sumatoria del área total de las piezas obtenidas y se expresa de forma porcentual.

$$\text{Aprovechamiento} = \frac{\text{Área individual cortada} * \# \text{ de piezas}}{\text{Área del fleje}} * 100\%$$

**Ecuación 12 “Aprovechamiento del Fleje”** <sup>46</sup>

## 1.9 Fenómenos en el corte y punzonado

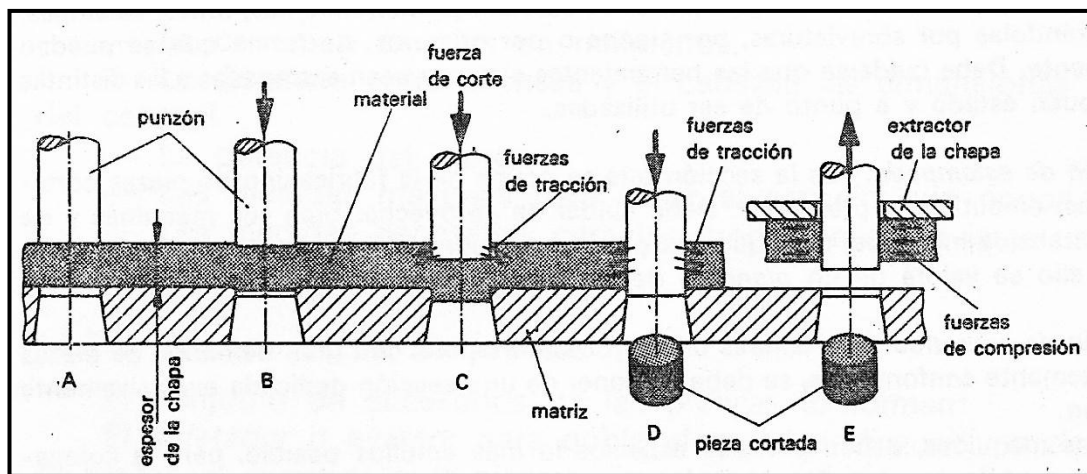
Al realizar el corte por punzonado, la chapa experimenta algunos fenómenos, como se muestra en la ilustración siguiente en sus literales A, B y C, donde al iniciar el proceso de punzonado, el material se comprime entre el punzón y la matriz obligando a la deformación de las fibras del material hasta superar la resistencia a la cizalladura del material produciendo

---

<sup>45</sup> *Ibíd.* p 28, Ec 5

<sup>46</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, Diseño e Implementación del Proceso de Embutición Modelo 406.19, Quito Ecuador, 2010,

la rotura por desgarramiento. Cuando concluye el corte del material las fibras que se encuentran en la zona de deformación plástica permanecen inalterables, mientras las fibras que no han superado su límite elástico retornan a su posición y se adhieren al punzón y a la matriz lo cual permite obtener una perforación de las mismas dimensiones del punzón y la pieza removida con dimensiones iguales a la matriz. Las dimensiones del punzón y la perforación de la matriz no son iguales deben tener un espacio entre los dos; a este espacio se denomina juego u holgura entre punzón y matriz.



**Ilustración 30** "Proceso y fuerza que se desarrollan en el corte de una pieza: A, separación; B, inicio del corte; C, en pleno trabajo; D pieza cortada; E, expulsión de la chapa." <sup>47</sup>

### 1.10 Disposición de las piezas para corte

Generalmente el corte de las piezas se lo hace en tiras, bandas o flejes de chapa de material, por lo cual se debe aprovechar al máximo el material evitando el desperdicio de material.

Para la ubicación y distribución de las formas se debe considerar los siguientes factores:

- Silueta exterior de la pieza y su ubicación sobre el fleje.
- Importancia de la serie.

<sup>47</sup> *Ibíd.* p 23, fig. 15.1

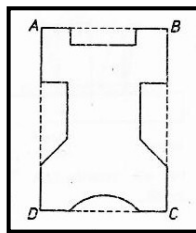
- Separación entre las piezas.
- Distancia del extremo de la pieza al borde de la banda o fleje.
- Distancia consecutiva de una pieza a la otra, a este factor se lo denomina el paso.

### 1.10.1 Distribución acorde a la geometría de la pieza

Hay tres tipos de disposición del material para realizar el corte del mismo, la distribución normal, oblicua y la invertida.

#### Distribución tipo normal

La disposición de las piezas a cortar de tipo normal se emplea cuando la forma geométrica que se desea obtener puede contenerse en otra figura geométrica como un rectángulo, cuadrado o paralelogramo. Como se muestra en la siguiente ilustración.

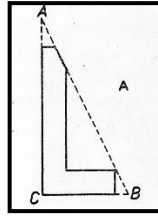


*Ilustración 31 "Forma regular inscrita en un rectángulo"<sup>48</sup>*

#### Distribución tipo oblicua

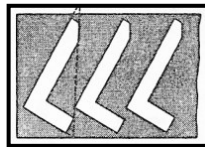
La distribución tipo oblicua de las piezas se emplea cuando la pieza tiene poco ancho en relación a su longitud, de esta manera la pieza puede ser inscrita en un triángulo rectángulo como se muestra en la siguiente ilustración.

<sup>48</sup> Instituto Técnico Superior Salesiano Don Bosco, *Curso Básico De Matricería*. Edición Sin número, Sin Año, Quito Ecuador, Editorial Colegio Don Bosco, p 25, fig. 15.5



**Ilustración 32 “Pieza estrecha de base ancha que puede inscribirse en un triángulo rectángulo”<sup>49</sup>**

Para esta distribución, cada pieza debe ubicarse con un ángulo de inclinación respecto a las caras paralelas del fleje de chapa como se muestra en la siguiente ilustración.



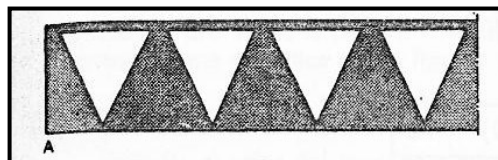
**Ilustración 33 “Disposición correcta de piezas que pueden inscribirse en un triángulo rectángulo”<sup>50</sup>**

### Distribución tipo invertida

La distribución tipo invertida se hace para aprovechar mejor haciendo una serie de cortes cuando la chapa ingresa en un sentido y otra serie de corte cuando la chapa ingresa en el sentido contrario, las piezas se corresponden unas a otras de forma alternativa.

Para emplear este tipo de distribución, hay dos formas:

- Pasar el fleje dos veces por el mismo troquel cortador, en la primera pasada se realiza el corte del fleje de las piezas que se corresponden en una misma posición como se muestra en la siguiente ilustración.



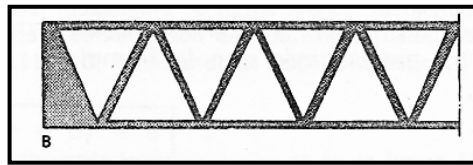
**Ilustración 34 “Primera posición de corte”<sup>51</sup>**

<sup>49</sup> *Ibid.* p. 26, fig. 15.6A

<sup>50</sup> *Ibid.* p. 26, fig. 15.6B

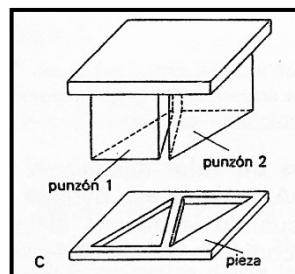
<sup>51</sup> *Ibid.* p. 26, fig. 15.7A

- Para la segunda pasada, el fleje se invierte de para realizar el corte de la otra serie de piezas como muestra en la siguiente ilustración.



**Ilustración 35 “Segunda posición de corte”<sup>52</sup>**

Otra forma de realizar el corte con una distribución invertida es emplear dos punzones que deben estar debidamente colocados como se muestra en la siguiente ilustración, lo cual permite realizar los dos cortes en un solo golpe de trabajo.



**Ilustración 36 “Cortado de piezas invertidas con dos punzones”<sup>53</sup>**

### 1.10.2 Distribución de acuerdo a la importancia

Adicionalmente a la distribución de las piezas en función de su geometría, se hace la distribución del fleje para la realización de la serie de cortes considerando la cantidad de piezas que se debe realizar; ésta distribución puede ser una distribución simple, o una distribución múltiple.

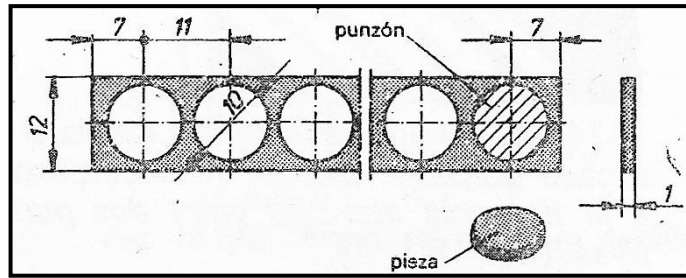
#### **Distribución simple**

Este tipo de distribución se hace cuando se requiere fabricar pequeñas series, ya que el gasto inicial para la elaboración de un útil múltiple no se compensa con una distribución múltiple. Solo hay una serie de piezas para el corte en el fleje como se muestra en la siguiente ilustración.

<sup>52</sup> Ibid. p. 26, fig. 15.7B

<sup>53</sup> Ibid. p 26, fig. 15.7C

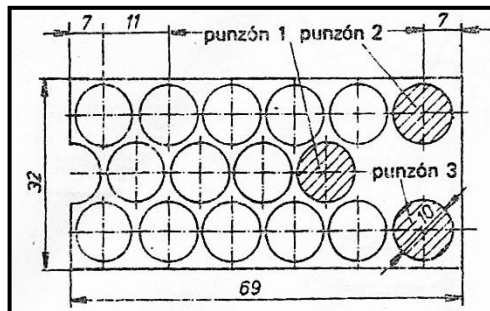




**Ilustración 37 “Corte de piezas en disposición simple”<sup>54</sup>**

### Distribución múltiple

La distribución múltiple se hace cuando se desea realizar una mayor producción, cuando se requiere aprovechar al máximo el material se hace un troquel que realice el corte de varias piezas por cada golpe, de esta forma se puede emplear un mayor ancho de fleje como se muestra en la siguiente ilustración dependiendo del tipo de las capacidades de las prensas.



**Ilustración 38 “Corte de piezas en disposición múltiple”<sup>55</sup>**

### 1.10.3 Separación entre las piezas

La distancia mínima recomendada que debe existir entre las piezas es una consideración que debe tenerse para seleccionar o aplicar una distribución de las piezas.

La separación entre las piezas debe permitir un corte sin defectos, sin piezas defectuosas y sin atascos en el troquel. La separación mínima que se emplea es una distancia igual al espesor de la chapa pero nunca menor a 1mm. La distancia también se puede obtener mediante la siguiente fórmula:

<sup>54</sup> *Ibid.* p. 26, fig. 15.8

<sup>55</sup> *Ibid.* p. 26, fig. 15.9

$$s = \frac{(5e + 9)}{12}$$

**Ecuación 13 “Separación entre piezas”<sup>56</sup>**

Siendo:

e = espesor de la chapa en mm

s = distancia mínima entre las piezas a cortar en mm

Esta distancia mínima sugerida se emplea solo en casos que la pieza tenga un solo punto más próximo (formas circulares, elípticas y curvas); cuando se trata de trayectorias lineales de proximidad se incrementa esta distancia a 1,5 veces el espesor de la chapa; al incrementar la distancia se evita producir torceduras o fallas del fleje al momento del corte.

#### **1.10.4 Separación entre la pieza y el borde el fleje**

Al igual que la distancia mínima que debe dejarse entre las piezas a cortar se debe tener una separación mínima con respecto al borde del fleje; se puede tener las siguientes distancias.

Cuando el extremo de la pieza es paralelo al lado del fleje se emplea la siguiente ecuación.

$$s' = 1,5 * e \geq 1 \text{ mm}$$

**Ecuación 14 “Separación entre la pieza y el borde con lados paralelos”<sup>57</sup>**

Si el lado de la pieza se aproxima solo en ciertos puntos, se emplea la siguiente ecuación.

$$s' = e \geq 1 \text{ mm}$$

**Ecuación 15 “Separación entre la pieza y el borde con proximidad en un punto”<sup>58</sup>**

---

<sup>56</sup> *Ibíd.* p. 27, Ec. 2

<sup>57</sup> *Ibíd.* p 27, Ec 3

<sup>58</sup> *Ibíd.* p 27, Ec 4

## 1.11 Fuerzas producidas en el corte de la chapa

Cuando se realiza el corte de la chapa se producen los siguientes esfuerzos

- Esfuerzo de corte
- Trabajo de corte
- Esfuerzo de extracción
- Esfuerzo de expulsión

La suma de estos esfuerzos da como resultado la fuerza mínima requerida que debe suministrar la prensa para realizar el corte de la chapa; este valor debe ser inferior al que se emplea en la práctica ya que debe ajustarse a los valores reales que en función del tipo de prensa con la que se cuenta o si se desea adquirir una nueva.

### 1.11.1 Esfuerzo de corte

Es el esfuerzo que se necesita para efectuar el corte; depende del tipo de material, su espesor y las dimensiones de la pieza; se expresa de la siguiente manera.

$$F = \sigma_T * l * e$$

*Ecuación 16 “Esfuerzo de corte”*<sup>59</sup>

Siendo:

F = esfuerzo de corte en (kgf.)

$\sigma_T$  = Resistencia del material a la cizalladura (kgf/mm<sup>2</sup>); el valor se toma del Anexo digital 1 “Resistencia a la cizalladura de los materiales que pueden ser cortados con un troquel” o a su vez emplearlo directamente si conocemos dicho valor exacto.

---

<sup>59</sup> *Ibíd.* p 30, Ec 1

$l$  = Longitud del perímetro de corte de la material en (mm)

$e$  = Espesor de la chapa en (mm)

Para aplicar la ecuación anterior se debe considerar:

Conocer el valor de  $\sigma_T$  si no se posee el valor de  $\sigma_T$  se puede emplear el valor de la resistencia a la tracción del Anexo digital 2 “Coeficientes mecánicos de los materiales” expresado en (kgf/mm<sup>2</sup>).

La fuerza de corte calculada empleando la ecuación anterior representa sólo la fuerza mínima de resistencia que pone el material cuando actúa el punzón al realizar el corte de la chapa.

A estas fuerzas se debe adicionar el valor de la fuerza o fuerzas producidas por parte de elementos como resortes y/o muelles que pueden emplearse dentro del troquel.

### 1.11.2 Trabajo de corte

Es el producto de la fuerza por la distancia recorrida, para el punzonado se considera distancia de recorrido al espesor de la chapa; se expresa por medio de la siguiente ecuación.

$$T = F * e$$

*Ecuación 17 “Trabajo de corte”<sup>60</sup>*

Siendo:

T= trabajo de corte en (kgf/mm)

F= Esfuerzo de corte obtenido de ítem anterior en (kgf)

e = espesor de la chapa en (mm)

---

<sup>60</sup> *Ibíd. p 30, Ec 2.*

### 1.11.3 Fuerza de extracción

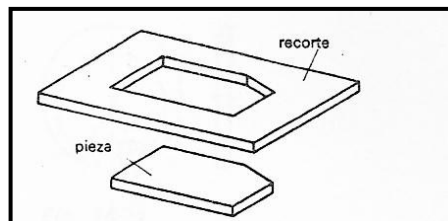
Es la fuerza necesaria para separar la pieza que se queda sujeta a los punzones cuando el punzón termina el corte y retrocede; esta incrementa conforme incrementa la sección de material sobrante alrededor del punzón.

La fuerza de extracción está dada en función de las dimensiones del material sobrante que se encuentra alrededor del punzón adicionando un porcentaje del esfuerzo de corte de acuerdo a las siguientes ecuaciones.

$$F_{ex} = 7\% * F$$

**Ecuación 18 “Fuerza de extracción para recorte en plena chapa”<sup>61</sup>**

Se emplea esta ecuación cuando el recorte se ha realizado en toda la chapa y queda mucho material alrededor de como se muestra en la siguiente ilustración.



**Ilustración 39 “Recortado de pieza en plena chapa”<sup>62</sup>**

Se emplea la siguiente ecuación cuando el recorte tiene importancia sólo en algunos lados o si la pieza tiene entradas como se muestra en la siguiente ilustración.

$$F_{ex} = 4\% * F$$

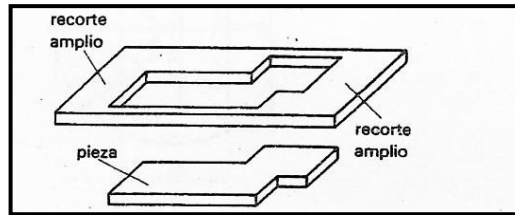
**Ecuación 19 “Fuerza de extracción para recorte con entradas y salidas”<sup>63</sup>**

---

<sup>61</sup> *Ibíd.* p 34, Ec 6

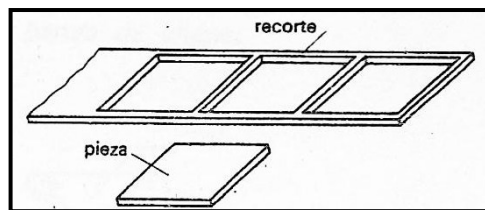
<sup>62</sup> *Ibíd.* p 34, fig. 16.15

<sup>63</sup> *Ibíd.* p 34, Ec 7



**Ilustración 40 “Fuerza de extracción para el recortado de la pieza por algunos lados”<sup>64</sup>**

Se emplea la siguiente ecuación cuando el material sobrante posee sólo las dimensiones mínimas de separación obtenidas previamente como se muestra en la siguiente ilustración, el recorte tiene importancia sólo en algunos lados o si la pieza tiene entradas.



**Ilustración 41 “Recortado de pieza con sobrante mínimo”<sup>65</sup>**

Se emplea la siguiente ecuación.

$$F_{ex} = 2\% * F$$

**Ecuación 20 “Fuerza de extracción para recortado con sobrante mínimo”<sup>66</sup>**

Siendo para las tres ecuaciones:

$F_{ex}$  = Fuerza de extracción en (kgf)

$F$  = Esfuerzo de corte en (kgf)

<sup>64</sup> Ibid. p 23, fig. 15.3

<sup>65</sup> Ibid. p 34, fig. 16.18

<sup>66</sup> Ibid. p 34, Ec. 8

#### 1.11.4 Fuerza de expulsión

La fuerza de expulsión es la fuerza mínima que se requiere para que la pieza cortada sea retirada de la cavidad de la matriz.

Se calcula empleando la siguiente ecuación.

$$F_{exp} = 1,5\% * F$$

*Ecuación 21 “Fuerza de expulsión”*<sup>67</sup>

#### 1.11.5 Juego entre el punzón y la matriz

Entre el punzón y la matriz debe existir una separación; a esta separación se la denomina juego, permite un corte perfecto.

El juego oscila entre los valores del 0,05 al 0,10 del espesor del material y se resta o suma tanto al punzón como a la matriz dependiendo cual objeto que se necesita a medida. Este valor depende directamente del espesor y tipo de material, para lo cual dividimos los materiales en tres grupos.

*Acero duro*

$$j = \frac{5 + 2 e^2}{100}$$

*Ecuación 22 “Juego punzón – matriz para acero duro”*<sup>68</sup>

*Latón y acero dulce*

$$j = \frac{4 + 1,5 e^2}{100}$$

*Ecuación 23 “Juego punzón matriz para latón y acero dulce”*<sup>69</sup>

---

67 *Ibíd.* p.35, Ec 9

68 *Instituto Técnico Superior Salesiano Don Bosco, Curso Básico De Matricería, Edición Sin número, Sin Año, Quito Ecuador, Editorial Colegio Don Bosco, p 32, Ec 3*

69 *Ibíd.* p. 32, Ec 4

*Aluminio y aleaciones ligeras*

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

**Ecuación 24 “Juego punzón matriz para aluminio y aleaciones ligeras”<sup>70</sup>**

Siendo para las tres ecuaciones:

e = espesor de la chapa

j = juego tomado sobre el diámetro; en figuras no cilíndricas el juego se toma sobre todo el perímetro del perfil.

### **1.12 Prensas para troquelado de corte y punzonado**

Hay diferentes tipos de prensas empleadas para trabajar bajo este procedimiento con diversas dimensiones y constituciones se encuentran dentro de los grupos de las máquinas de movimiento rectilíneo alternativo debido a transformación de movimiento que hacen; a partir de esta división se clasifican de la siguiente manera.

Máquinas de movimiento rectilíneo alternativo	Prensas	Excéntrica	Simple efecto Doble efecto
		Hidráulicas	Simple efecto Doble efecto
		De fricción	
		Manual	De husillo De palanca

**Tabla 5 “Clasificación de las prensas empleadas en el trabajo de la chapa”<sup>71</sup>**

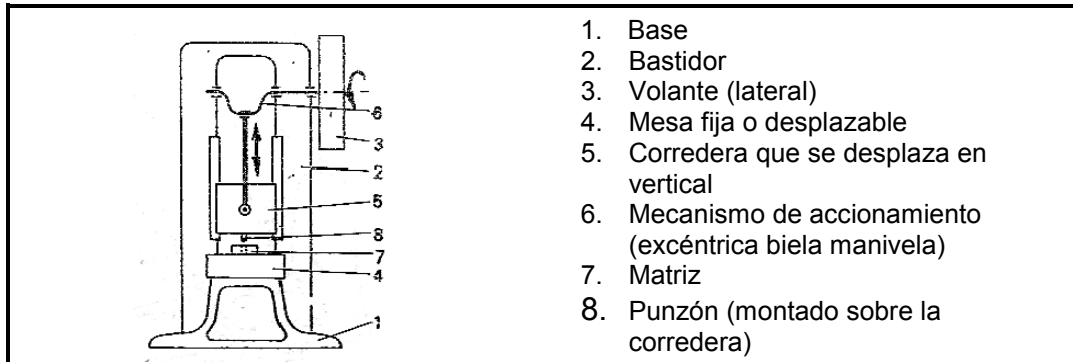
<sup>70</sup> *Ibid.* p. 32, Ec 5

<sup>71</sup> *Ibid.* p. 43, fig.15



### 1.12.1 Constitución de una prensa

De forma independiente al tipo de prensa que se esté o se desee emplear, esta posee las siguientes partes básicas, las mismas que varían en dimensiones, geometría o accionamiento. Para el trabajo de chapa en frío, se emplean prensas como la siguiente ilustración que muestra una prensa de excéntrica y volante lateral.



**Ilustración 42 “Esquema de funcionamiento de una prensa”<sup>72</sup>**

Las prensas empleadas en matricería seguido se clasifican por su sistema de accionamiento, como prensas mecánicas o hidráulicas.

### 1.12.2 Prensas mecánicas

Hay diversos tipos de prensas de accionamiento mecánico, ellas como se clasifican como se describe a continuación.

Prensas de excéntrica	Cuello de cisne	Inclinada	Volante Lateral
		Fija	Volante frontal
Prensas de rodilla	Dos o más montantes	De una biela	
Prensas de husillo		Bielas independientes	
Prensas de palanca			
Prensas de disco de fricción a motor			

**Tabla 6 “Clasificación de las prensas mecánicas”<sup>73</sup>**

<sup>72</sup> *ibid.* p 15, fig. 14.24

<sup>73</sup> *Ibid.* p 15

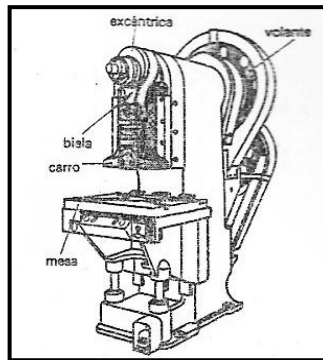
## **Prensas de excéntrica**

En el corte de chapa las prensas más utilizadas son las de excéntrica; dentro de las prensas mecánicas de excéntrica las más utilizadas son las prensas de excéntrica de cuello de cisne como la mostrada en la ilustración anterior.

Dentro de estas prensas de excéntrica se tiene las siguientes descripciones.

### ***Prensas de excéntrica con volante central***

Las prensas de excéntrica con volante central son de baja potencia ya que la biela queda soportada en un solo punto como se muestra en la siguiente ilustración.



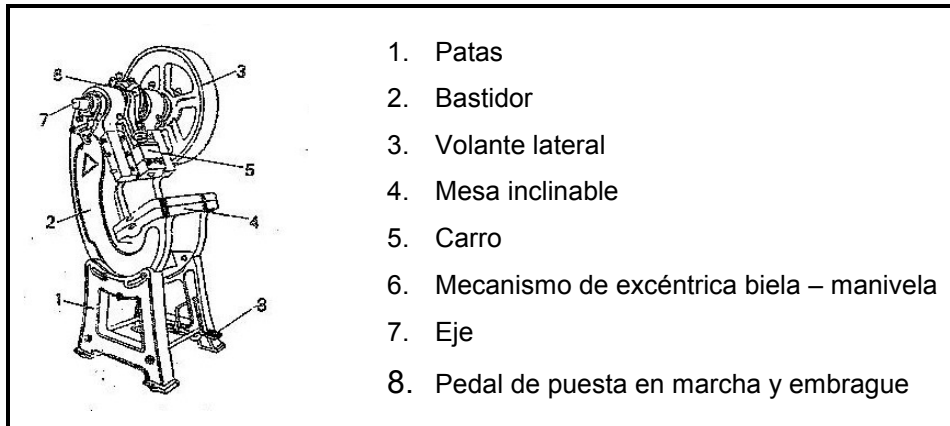
***Ilustración 43 “Prensa de excéntrica con volante central en la parte posterior”<sup>74</sup>***

### ***Prensas de excéntrica con volante lateral***

Las prensas de excéntrica con volante lateral se las emplea para trabajos que requieren una potencia que oscila entre 10 y 100 Tm, debido a la disposición del volante permite tener dos apoyos para la biela como se muestra en la siguiente ilustración.

---

<sup>74</sup> *Ibíd.* p 16, fig. 14.27



1. Patas
2. Bastidor
3. Volante lateral
4. Mesa inclinable
5. Carro
6. Mecanismo de excéntrica biela – manivela
7. Eje
8. Pedal de puesta en marcha y embrague

**Ilustración 44 “Prensa de excéntrica de cuello de cisne con mesa inclinada y volante lateral”<sup>75</sup>**

### **Prensas hidráulicas**

Las prensas hidráulicas para trabajo de chapa se emplean mayoritariamente para procesos de conformado; no obstante si se emplean prensas hidráulicas cuando se requiere de grandes fuerzas y que permanezcan constantes; así como carreras o velocidades de trabajo menores a las que se puede alcanzar empleando prensas mecánicas.

La fuerza suministrada por una prensa hidráulica va en función de la siguiente ecuación.

$$F = P \left[ \frac{kg}{mm^2} \text{ ó } \frac{lb}{pulg^2} \right] \cdot A [mm^2 \text{ ó } pulg^2]$$

**Ecuación 25 “Determinación de la fuerza en cilindro hidráulico”**

Siendo: P= presión apreciada de forma manométrica

A= Área de trabajo del pistón hidráulico

F = fuerza aplicada

---

<sup>75</sup> *Ibíd.* p 15, fig. 14.25

## **2 Procesos de acoplamiento**

Los procesos de acoplamiento son aquellos en que se unen dos o más piezas entre sí de tal forma que ajustan exactamente.

Los procesos de acoplamiento se pueden dividir en dos grupos; acoplamientos por soldaduras y acoplamientos por medio de elementos normalizados.

### **2.1 Procesos de acoplamiento con elementos normalizados**

Los acoplamientos por medio de elementos normalizados abarcan los procedimientos de acoplamiento por medio de pernos en conjunto con tuercas y arandelas.

#### **2.1.1 Acoplamiento por medio de pernos, tuercas y arandelas**

En la matricería, los pernos que se emplean reciben el nombre de tornillos al no emplearse tuercas, en su lugar se realiza la rosca que aloja al perno en partes o componentes que conforman el conjunto de la matriz o troquel.

Los elementos roscados normalizados como su nombre lo indica son elementos que han sido fabricados bajo normas o estándares; de estos estándares se destacan las normas ISO<sup>76</sup>, ANSI<sup>77</sup> y DIN<sup>78</sup>, en función de ellas, se han desarrollado tablas y fórmulas experimentales aproximadas las cuales contienen los valores y datos relevantes como cargas mínimas de apriete, cargas máximas de apriete así como las fuerzas de separación que se producen a causa de agentes externos como un corte de chapa y propiedades físicas y mecánicas del material del perno.

---

<sup>76</sup> Organización Internacional de Normalización

<sup>77</sup> Instituto Nacional Estadounidense de Estándares

<sup>78</sup> Deutsches Institut für Normung (*Instituto Alemán de Normalización*)

Al ser el objeto de estudio en la matricería los componentes, su forma, dimensiones y materiales entre los principales, se empleará tablas para la selección y dimensionamiento de los elementos normalizados.

Así también se emplean en algunos casos los componentes complementarios de diseño que posee la gran mayoría de software para diseño en diversas aplicaciones en la ingeniería como son Solid Works ® cuyos paquetes complementarios de diseño son Tool Box ®, Smart Fasteners® los cuales poseen una amplia variedad de elementos normalizados, con sus respectivos tipos y calidades y materiales conforme a la norma seleccionada; Solid Edge ®; Autodesk Inventor ®; todos ellos con complementos de estudios de fuerzas, y cargas aplicadas los cuales permiten agilizar el proceso de diseño y selección de componentes normalizados.

La base de diseño son las fórmulas mediante las cuales los elementos normalizados se fabrican, para para nuestra matricería se seleccionó elementos de las normas ISO.

### **Cálculo de tornillos**

Para el cálculo de tornillos, en el caso de la matricería, los elementos estarán sometidos a cargas de tracción y compresión, no van a trabajar a cizallamiento.

Como datos iniciales se debe conocer:

F= fuerza en N

$A_s$ = sección transversal de tensión

p= presión superficial en  $N/mm^2$

$\sigma_z$ = Tensión por tracción en  $N/mm^2$

$\tau_s$ = Tensión de cizallamiento

P= paso de rosca

$H_1$ = profundidad portante

i= número de filetes portantes

m= altura de la tuerca

$m = p \cdot i \approx 0,8 \cdot d$

Siendo para el esfuerzo a tracción:

*F = sección transversal de tensión x tensión admisible*

$$F = A_s \cdot \sigma_{zul}$$

**Ecuación 26 “Esfuerzo de tracción”<sup>79</sup>**

Importante: El esfuerzo último se encuentra bajo las normas de fabricación de los elementos normalizados; se encuentra en el Anexo digital 6.

### **Carga permisible de los elementos roscados**

La resistencia de los elementos roscados que se considera necesaria no se basa en su resistencia sin cargas, la resistencia que se debe considerar es la resistencia que el mismo puede proporcionar una vez que se aplica la carga.

Se parte de la resistencia a la rotura que tiene el elemento roscado; en el Anexo digital 6 se muestra los valores de resistencia específicos de los elementos roscados de acuerdo a distintas normas.

En la matricería, se emplean mayoritariamente los pernos tipo Allen; y se emplean tablas de cargas mínimas como se muestra en el siguiente extracto de una tabla.

Tamaño de la rosca	Carga	
	Mínima	Máxima
M4 x 0,70	540 [kgf ]	585 [kgf]
M6 x 1,00	810 [kgf]	910 [kgf]
M8 x 1,25	1250 [kgf]	1315 [kgf]
M10 x 1,5	1565 [kgf]	1790 [kgf]
M12x1,75	1860 [kgf]	2325 [kgf]

**Tabla 7 “Carga máxima de un perno Allen en función de su diámetro”<sup>80</sup>**

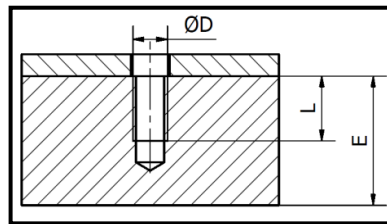
<sup>79</sup> Instituto Técnico Superior Salesiano Don Bosco, *Tecnología Mecánica Máquinas Herramientas*, Primera Edición, Sin Año, Quito Ecuador, Editorial Colegio Don Bosco, p. 27G, fig. 159.2

<sup>80</sup> *Ibíd.* pág. 187

Acorde a estas cargas, y el dimensionamiento de los componentes con los cuales va a interactuar, se selecciona los componentes.

**Profundidad mínima recomendada de roscado**

La profundidad mínima de roscado es un valor recomendado para permitir la mejor eficiencia y aproximación a los valores tabulados de las fuerzas reales que se desarrollan sobre la unión emperrada así como las materiales que deben unirse.



**Ilustración 45 “Representación esquemática de la longitud de rosca”<sup>81</sup>**

La siguiente tabla muestra los valores sugeridos de longitudes de roscas.

Material	Longitud (L)
Acero	1 ½ D
Fundición	2 D
Magnesio	2 ¼ D
Aluminio	2 ½ D
Plásticos	3D

**Tabla 8“Longitud mínima de roscado en función del material y diámetro”<sup>82</sup>**

**Distancia entre la arista de trabajo y el borde de la placa**

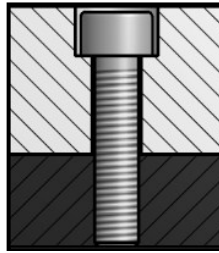
En matricería para que un elemento cumpla su función, se debe tener una separación mínima desde la arista de corte de la matriz hasta el borde más próximo de la placa.

Este procedimiento de acoplamiento se hace perforando los materiales base que deben unirse entre sí, estas perforaciones pueden ser pasantes o

<sup>81</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.

<sup>82</sup> *Ibid.* pág. 181

parciales; deben permitir el paso del elemento normalizado llamado perno hasta permitir la colocación de la tuerca, entre los dos elementos normalizados sujetos a la pieza o piezas; una pieza también puede cumplir las funciones de la tuerca si posee una perforación roscada apropiada para el perno que deseamos colocar. Las siguientes ilustraciones muestran el acoplamiento por medio de un perno.



**Ilustración 46 “Acoplamiento de dos elementos mediante perno tipo Allen en perforación roscada pasante”<sup>83</sup>**

Hay dos formas de obtener este distanciamiento.

- Determinación por ecuación
- Determinación por tablas

#### Determinación por ecuación

La siguiente ecuación calcula la distancia mínima que debe tenerse en referencia a la arista de corte hasta el borde de la placa.

$$m = 1,5 * a \text{ [mm]}$$

**Ecuación 27 “Distancia entre la arista de corte y el borde de la placa”<sup>84</sup>**

Siendo:

$a$  = espesor de la placa

$m$  = distancia mínima de la arista de corte al borde de la placa.

---

<sup>83</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso de Embutición Modelo 406.19*, Quito Ecuador, 2010.

<sup>84</sup> *Ibíd.* pág. 69, Ec 6.



### Determinación por tablas

Mediante tablas; a continuación se muestra los valores en función del espesor de la placa matriz para separación entre el perfil de corte y las perforaciones.

Para emplear y dimensionar los acoplamientos empleando elementos roscados normalizados.

Espesor de la placa		Distancia mínima contorno - borde		
in	mm	Contorno sin ángulos (mm)	Contorno con ángulos rectos (mm)	Contorno con ángulos agudos (mm)
15/16	23.8	26.8	35.7	47.6
1 1/8	28.6	32.2	42.9	57.6
1 3/8	35	39.4	52.5	70
1 5/8	41,3	46.5	63	82.6
1 7/8	47,6	53.6	71.4	95.2

**Tabla 9 “Distancia mínima de la arista de trabajo al borde de la pieza en función del espesor de la placa matriz y el tipo de contorno”<sup>85</sup>**

### **Distancia mínima agujero borde de la pieza**

Toda perforación que se realice sobre la placa debe tener una separación mínima al borde la pieza para evitar defectos sobre todo el en las placas o elementos que se deban realizar un tratamientos térmico. La siguiente tabla muestra los valores mínimos de separación a los bordes de la pieza.

	MATERIAL	
	Acero de Máquinas	Acero de Herramientas
L	1 1/8 D	1 ¼ D

**Tabla 10 “Distancia mínima borde agujero acorde al material”<sup>86</sup>**

<sup>85</sup> Koninck J. – Gutter W. *Manual del técnico matricero.*, Tercera Edición, Barcelona – España, Editorial José Montesó 1977, pág. 145

<sup>86</sup> *Ibid.* pág. 177

### ***Distancia entre perforaciones***

Las perforaciones sean para roscas o pasadores, han de tener una separación mínima entre sí el método más empleado son tablas por medio de las cuales en función de los diámetros nominales de los elementos que se emplean y el material de la placa, se dan valores mínimos sugeridos.

	MATERIAL	
	Acero de Máquinas	Acero de Herramientas
L	D	1 1/8 D

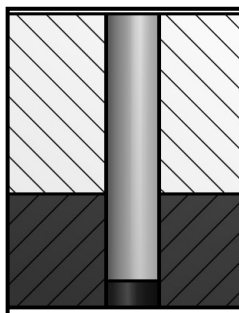
**Tabla 11 “Distancia mínima entre perforaciones acorde al material”<sup>87</sup>**

### ***Alineamiento por medio de pasadores cilíndricos.***

Los pasadores son elementos normalizados que al igual de los elementos roscados, obedecen a diferentes normas.

Se emplean estos elementos en matricería para facilitar y garantizar el alineamiento entre la matriz y el punzón así como los otros elementos contenidos en el bastidor del troquel, se los emplea en la parte superior del bastidor así como en la parte inferior del bastidor.

En la siguiente ilustración se muestra un pasador cilíndrico alineando dos piezas.



**Ilustración 47 “Alineamiento de dos piezas por medio de pasador cilíndrico DIN EN 22338 C”<sup>88</sup>**

<sup>87</sup> *Ibíd.* pág. 179

<sup>88</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.

Los pasadores trabajan a la cizalladura, para su selección se emplean tablas como la siguiente; a pesar que no se encuentran sometidos a cargas de cizallamiento en la matricería.

φ Pasador	Carga admisible
Ø 4 [mm]	117 [kgf]
Ø 6 [mm]	265 [kgf]
Ø 8 [mm]	417 [kgf]
Ø 10 [mm]	738 [kgf]
Ø 12 [mm]	1060 [kgf]
Ø 1/8 "	164 [lb.]
Ø 3/16 "	368 [lb.]
Ø 1/4 "	655 [lb.]
Ø 5/16 "	1022 [lb.]
Ø 3/8 "	1473 [lb.]
Ø 7/16 "	2004 [lb.]
Ø 1/2 "	2618 [lb.]

**Tabla 12 "Carga admisible de un pasador en función de su diámetro" <sup>89</sup>**

### **Fuerza de separación**

La fuerza de separación que se genera en matrices de corte está dada en función del perímetro de corte, se emplea la siguiente ecuación.

$$F_{sep} = 4,22 * p [kg]$$

**Ecuación 28 "Fuerza de separación en el corte en función del perímetro" <sup>90</sup>**

Siendo:

p = perímetro de corte en mm

<sup>89</sup> Koninck J. – Gutter W. *Manual del técnico matricero.*, Tercera Edición, Barcelona – España, Editorial José Montesó 1977, pág. 188

<sup>90</sup> *Ibíd.* pág. 187

### **2.1.2 Muelles y resorte**

Los muelles y resortes no son propiamente elementos de acoplamiento, pero ellos son elementos auxiliares para el acoplamiento por medio de pernos, tuercas y arandelas, ya que permiten desplazamientos y la aplicación de fuerzas de bajas y medias intensidades donde no permiten el empleo de elementos rígidos para la aplicación de esta fuerza por dimensiones o espacios, y adicionalmente la sustitución o reemplazo de estos elementos sea un requisito.

Hay diferentes tipos de muelles y resortes, en matricería la mayor parte de los esfuerzos que deben soportar los muelles y resortes son los esfuerzos de compresión y permiten pequeñas longitudes de desplazamiento, debido a ello los más utilizados son los resortes tipo platillos porque soportan grandes esfuerzos de compresión y permiten mínimos desplazamientos.

Del mismo modo se emplean resortes helicoidales, estos pueden tener diferentes tipos de secciones, la sección que más se emplea es la sección cuadrada ya que ella soporta mayores esfuerzos que la sección cilíndrica.

Su dimensionamiento y/o selección, se hace en base a las necesidades de longitud inicial, longitud con precarga, la precarga, la carga que debe soportar, tipo de material.

#### **Resortes helicoidales**

Son los más empleados como se indica anteriormente, y tienen sección redonda o rectangular para soportar mayores sollicitaciones, estas secciones corresponden a las normas DIN 2088 a la DIN 2099. Los resortes que se emplean en matricería al soportar los esfuerzos de forma repetitiva se han de seleccionar del mayor diámetro exterior posible para evitar su rotura; para su diseño y dimensionamiento se emplean las ecuaciones que se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 25. Fórmulas de cálculo para resortes helicoidales de acero de resorte**

		<i>Sección del alambre</i>				
		a) circular			b) rectangular	
I	Carga máxima admisible, $P_{m\acute{a}x}$	mm	$\frac{14 \cdot d^3}{r}$	(130)	$\frac{18 \cdot b^2 \cdot h}{r}$	(131)
II	Fuerza del resorte, $P$	kp	$\frac{117 \cdot f \cdot d^4}{n \cdot r^3}$	(132)	$\frac{250 \cdot f \cdot b^3 \cdot h}{n \cdot r^3}$	(133)
III	Flecha, $f$	mm	$\frac{0,0085 \cdot P \cdot n \cdot r^3}{d^4}$	(134)	$\frac{0,004 \cdot P \cdot n \cdot r^3}{b^2 \cdot h}$	(135)
IV	Radio medio, $r$	mm	$\sqrt[3]{\frac{117 \cdot f \cdot d^4}{P \cdot n}}$	(136)	$\sqrt[3]{\frac{250 \cdot f \cdot b^3 \cdot h}{P \cdot n}}$	(137)
V	Espesor del alambre del resorte, $d$ o $h$	mm	$\sqrt[4]{\frac{0,0085 \cdot P \cdot n \cdot r^3}{f}}$	(138)	$\frac{0,004 \cdot P \cdot n \cdot r^3}{f \cdot b^2}$	(139)
VI	Número de espiras, $n$		$\frac{117 \cdot f \cdot d^4}{P \cdot r^3}$	(140)	$\frac{250 \cdot f \cdot b^3 \cdot h}{P \cdot r^3}$	(141)

**Tabla 13 "Fórmulas de cálculo para resortes helicoidales de acero de resorte"<sup>91</sup>**

Siendo para la tabla:

$P$ = carga en kPa

$n$ = número de espiras

$f$ = acortamiento o flecha total

$r$ = radio medio del resorte (desde eje central a fibra neutra del alambre)

$d$ = diámetro del alambre para sección circular

$b$ = altura para sección rectangular

$h$ = espesor para sección rectangular

Todas las dimensiones anteriores desde  $f$  a  $h$  se expresan en mm, para emplear las ecuaciones, se ha considerado el módulo de elasticidad  $G =$

<sup>91</sup> Rossi Mario, Estampado En Frio De La Chapa, Novena Edición, ..., Óp. Cit. pág. 617, *Tabla 25*

7500 kPa/mm<sup>2</sup> y una carga admisible o resistencia a la torsión de  $k_d$  de 70 kPa/mm<sup>2</sup>. Estos valores se adoptan para garantizar al máximo. Se ha de verificar calculando carga máxima admisible a partir de las consideraciones anteriores.

$$P_{max} = \frac{0,1 d^3 (275 - 25d)}{r}$$

**Ecuación 29 “Carga máxima admisible de un resorte de sección circular”<sup>92</sup>**

De la tabla anterior cuando el módulo de elasticidad G es distinta a la descrita anterior y la resistencia a la torsión también varía; para las ecuaciones II a v se debe emplear las siguientes ecuaciones.

$$f = \frac{64. n. r^3 . P}{d^4 . G}$$

**Ecuación 30 “Flecha para alambre de sección circular”<sup>93</sup>**

$$f = 7,2 . \pi . n . r^3 . \frac{p(b^2 + h^2)}{G . b^3 . h^3}$$

**Ecuación 31 “Flecha para alambre de sección rectangular”<sup>94</sup>**

Se sustituye del mismo modo para obtener la carga máxima admisible las siguientes ecuaciones.

$$P_{max} = \frac{0,26 . b^2 . h . k_d}{r}$$

**Ecuación 32 “Carga máxima para alambre de sección rectangular”<sup>95</sup>**

En matricería el espacio es una limitación para la el empleo de resortes de secciones mayores o dimensiones mayores, en su lugar se puede emplear sistemas denominados juego de resortes, consiste en introducir resortes de menor sección uno dentro del otro para incrementar la carga que pueden

---

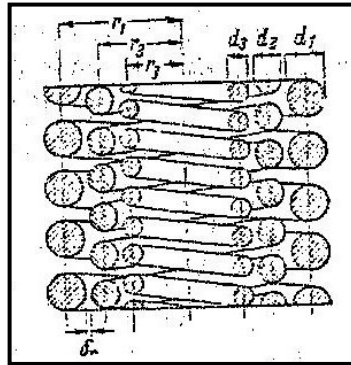
<sup>92</sup> *Ibíd.* pág. 616, Ec. 130a.

<sup>93</sup> *Ibíd.* pág. 616, Ec. 142

<sup>94</sup> *Ibíd.* pág. 616, Ec. 143

<sup>95</sup> *Ibíd.* pág. 616, Ec. 144

soportar en menores dimensiones de espacio como se muestra en la siguiente ilustración.



**Ilustración 48 “Juego de tres resortes”<sup>96</sup>**

Este sistema se dimensiona mediante la siguiente igualdad.

$$\frac{n_1 \cdot r_1^2}{d_1} = \frac{n_2 \cdot r_2^2}{d_2} = \frac{n_3 \cdot r_3^2}{d_3}$$

**Ecuación 33 “Igualdad en juego de tres resortes”<sup>97</sup>**

Para aplicar esta igualdad, a partir de la ilustración anterior que  $\delta_r$  es igual a  $0,1 d$ , siendo  $d$  el diámetro del alambre del mayor resorte, se supone inicialmente que todos los resortes han de resistir esfuerzos iguales por lo cual se debe escalonar correctamente las secciones de alambre; la carga de torsión que soporta se supone igual. Así también el número de espiras por el diámetro del alambre sea igual como se muestra en la siguiente ecuación.

$$n_1 \cdot d_1 = n_2 \cdot d_2 = n_3 \cdot d_3$$

Al tener un esfuerzo de torsión y la constante  $k_1$  sea igual en todos los resortes se cumple la siguiente igualdad.

$$\frac{r_1}{d_1} = \frac{r_2}{d_2} = \frac{r_3}{d_3}$$

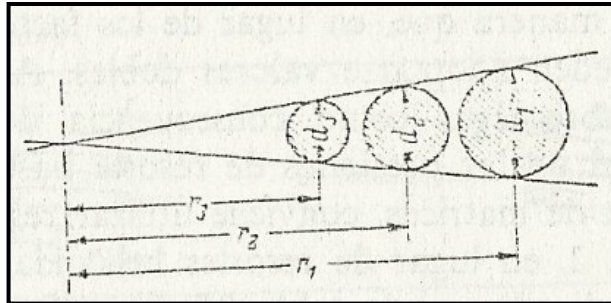
**Ecuación 34 “Relaciones de proporción para un juego de 3 resortes”<sup>98</sup>**

<sup>96</sup> Rossi Mario, *Estampado En Frio De La Chapa*, Novena Edición, ..., Óp. Cit. pág. 618, Fig. 594

<sup>97</sup> *Ibíd.* pág. 618, Ec.146

<sup>98</sup> *Ibíd.* pág. 618, Ec.148

De esta forma los resortes cumplen la relación de proporción acorde a las dimensiones del primer resorte, así a partir del resorte exterior, se van dimensionando los otros resortes, la relación se muestra en la siguiente ilustración.



*Ilustración 49 "Trazado para el cálculo de tres resortes helicoidales"<sup>99</sup>*

### **Muelles para expulsores.**

Estos resortes requieren una precarga baja, la fuerza requerida que debe ejecutar el expulsor parte de vencer la fuerza propia del peso de la pieza que debe remover y se adiciona el valor de la fuerza de expulsión propiamente.

## **3 Tratamientos térmicos**

### **3.1 Definiciones generales de los tratamientos térmicos**

El término tratamiento térmico se describe como un proceso mediante el cual un elemento o parte de él, es sometido a una secuencia específica de tiempo temperatura. Adicionalmente también puede ser sometida a otras influencias químicas y físicas.

El tratamiento térmico tiene como objetivo conferirle a la pieza propiedades distintas provocando transformaciones de los constituyentes estructurales, sin modificar la composición química promedio del material.

---

<sup>99</sup> *Ibíd.* pág. 619, Fig. 595



Mediante el tratamiento térmico también se puede cambiar el tamaño, forma o distribución de los componentes estructurales, sin cambiar el tipo de constituyente (recocido).

Además es posible cambiar el contenido de ciertos elementos y con esto, el tipo de determinados constituyentes estructurales en la zona superficial (cementación), o cambiar la intensidad y distribución de las tensiones internas (distensionado).

Todo proceso de tratamiento térmico consiste de los siguientes pasos individuales:

**Calentamiento.**- Elevación de la temperatura de una determinada pieza.-

**Pre calentamiento.**- Es un calentamiento seguido de un mantenimiento a una o varias temperaturas por debajo de la máxima seleccionada para reducir tensiones y evitar la formación de fisuras ocasionadas por las tensiones térmicas.

**Calentamiento Superficial.**- Es un calentamiento hasta que la zona superficial de la pieza obtiene una temperatura específica.

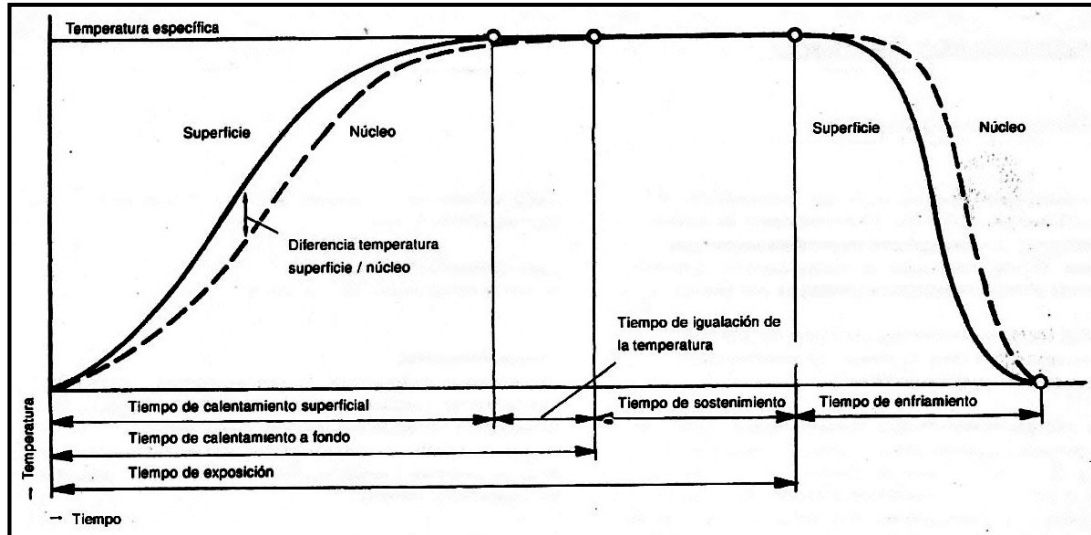
**Igualación de la Temperatura.**- Luego de alcanzar la temperatura superficial específica se continúa calentando hasta obtener la misma temperatura en la sección transversal de la pieza e incluso el núcleo.

**Calentamiento a Fondo.**- Calentamiento superficial más igualación de la temperatura.

**Mantenimiento.**- Mantener una cierta temperatura constante sobre toda la sección.

**Enfriamiento.**-Disminuir la temperatura de una pieza. Todo enfriamiento producido violentamente es denominado temple.

**Tiempo de Exposición.-** Es todo el tiempo transcurrido desde la introducción de la pieza en el horno y su retiro, comprende el tiempo de calentamiento a fondo y el tiempo de mantenimiento.

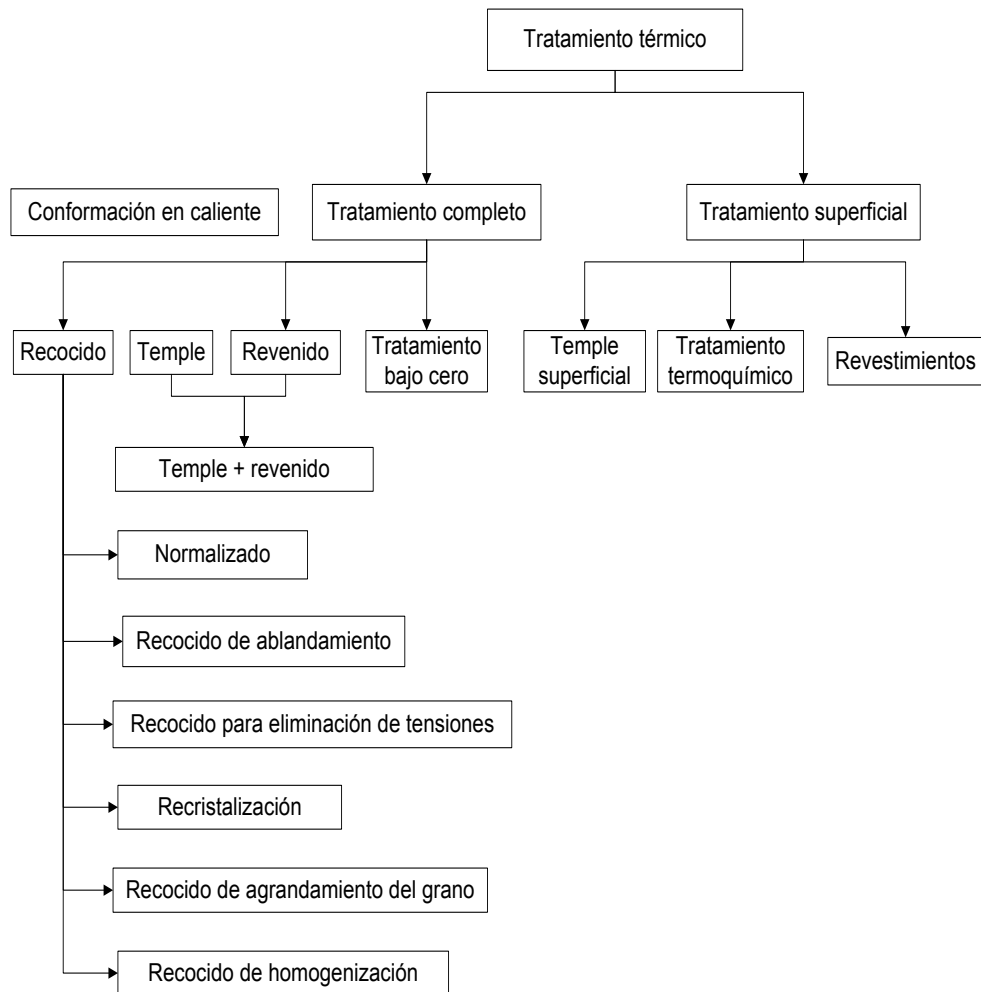


*Ilustración 50 "Diagrama Temperatura Vs Tiempo para el temple"<sup>100</sup>*

### 3.2 Procesos de tratamiento térmico

La siguiente tabla resume la mayoría de los tratamientos térmicos existentes, los que serán vistos en detalle posteriormente.

<sup>100</sup> Böhler, *Manual de aceros*, 2006 Quito Ecuador, pág. 22



**Ilustración 51 “Procesos de tratamientos térmicos”<sup>101</sup>**

Los tratamientos térmicos son varios procedimientos que tienen por objeto modificar la geometría y posicionamiento de los cristales que conforman las fibras de los materiales por cambios de temperatura. Hay diferentes tratamientos térmicos de los cuales destacan, el recocido, temple, cementado y revenido.

### 3.3 Tratamiento completo

El tratamiento térmico completo se divide en:

- Recocido

<sup>101</sup> *Ibíd.* pág. 25

- Temple
- Revenido
- Tratamiento bajo cero

### **3.3.1 Recocido**

#### **Recocido de ablandamiento**

Se define como el proceso realizado para reducir los niveles de dureza de un material hasta llegar a un valor específico.

Consiste en un calentamiento a fondo, seguido de una a dos horas de tiempo de mantenimiento en el rango de temperaturas de transformación  $A_{c1}$ , con un enfriamiento lento a una velocidad aproximada de  $10^\circ$  a  $20^\circ\text{C/h}$  hasta los  $500^\circ\text{C}$ . Se lo conoce también como recocido de globalización.

El estado blando es el más apropiado para operaciones de mecanizado y procesos de conformación en frío así como para el temple.

#### **Recocido para relevo de tensiones.**

Es el proceso en el cual las tensiones internas del material se reducen en gran medida, sin presentar ningún cambio importante en otras propiedades.

Consiste en un calentamiento a fondo a temperaturas suficientemente altas (por debajo de  $A_{c1}$ ) alrededor de  $600^\circ\text{C}$ , seguido de un sostenimiento y un posterior enfriamiento lento (en el horno).

Las tensiones suelen conducir a formación de fisuras o torceduras severas durante el temple, son resultado de un calentamiento o un enfriamiento no uniforme (operaciones de soldadura), de trabajos en frío (enderezado, conformado) o de operaciones de mecanizado.

### **Recristalización**

Al contrario del normalizado, la formación de nuevos granos durante la recristalización sucede por nucleación y crecimiento del grano sin transformación de fase.

La temperatura a la cual empieza este proceso se llama temperatura de recristalización y depende de cada tipo de acero.

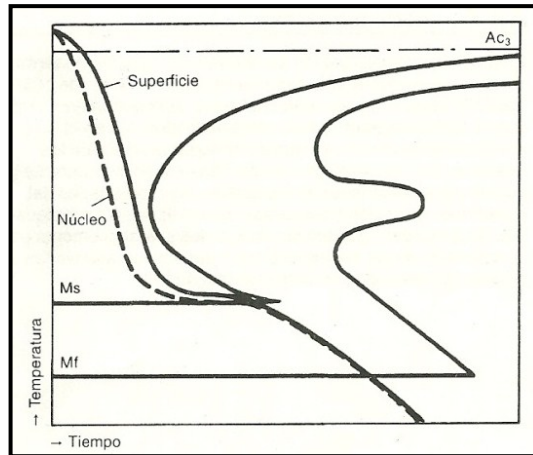
El tratamiento de recristalización reversa la distorsión de los granos de cristal, su elongación y su dirección de deformación, las cuales son el resultado del trabajo en frío y que están acompañadas por un incremento en las dislocaciones y tensiones de la red, seguidas a su turno por un incremento en la resistencia y una reducción de la tenacidad.

Los tratamientos de recristalización se realizan principalmente entre los procesos individuales de laminado en frío y estirado en frío.

### **3.3.2 Temple**

El temple es un tratamiento térmico mediante el cual se austeniza (calentamiento a fondo y mantenimiento a una temperatura  $A_{c1}$  o  $A_{c3}$  temperatura de austenización, para formar austenita) y enfría una pieza con una velocidad tal, que la dureza aumenta considerablemente, debido a la formación de martensita.

La temperatura de temple es aquella desde la cual una pieza se enfría durante el temple, normalmente corresponde a la temperatura de austenización.



**Ilustración 52 "Temple en baño de sal" <sup>102</sup>**

Dependiendo de la velocidad crítica de enfriamiento como de la forma y dimensiones de la pieza, el enfriamiento se realiza en diferentes medios de enfriamiento:

- Temple en agua
- Temple en aceite
- Temple en baño de sales
- Temple al aire
- Temple en chorro de aire

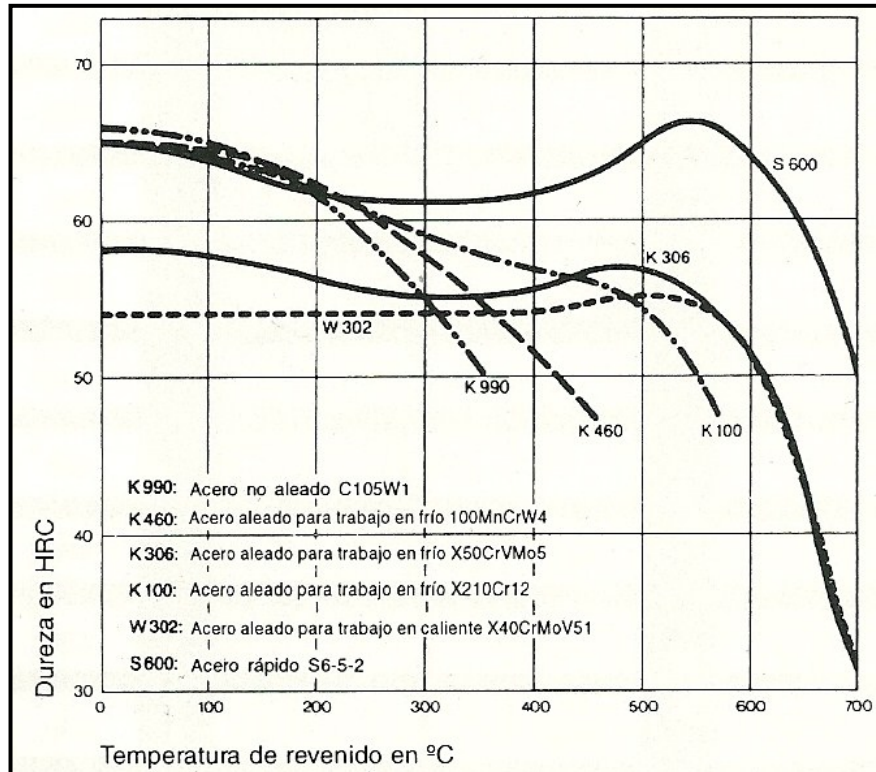
Otros términos comunes para las operaciones de temple son por la forma como se ejecutan:

### 3.3.3 Revenido

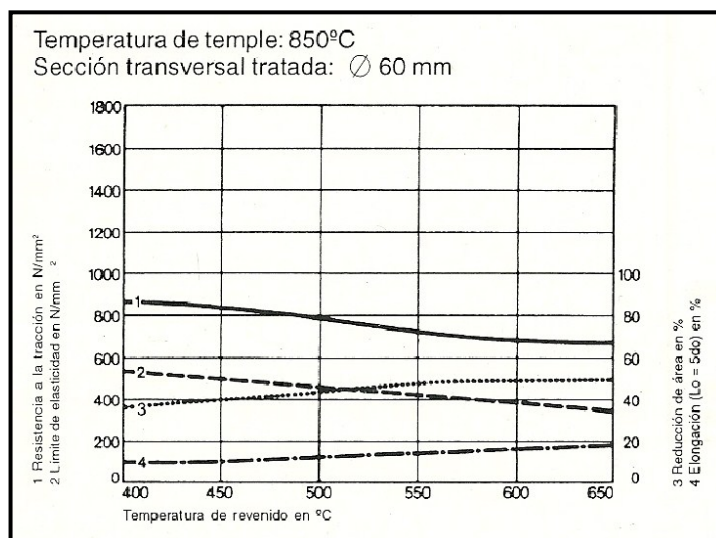
Este tratamiento térmico se lo realiza mediante un calentamiento a fondo o por etapas a una temperatura comprendida entre la temperatura del ambiente y  $Ac_1$ , seguido de un mantenimiento a esta misma temperatura y un enfriamiento apropiado.

<sup>102</sup> *Ibíd.* pág. 28

La finalidad de este tratamiento es neutralizar lentamente las tensiones internas producidas durante el temple. El revenido conduce a una reducción de la dureza y a un aumento de la tenacidad



**Ilustración 53. "Diagrama de revenido" <sup>103</sup>**



**Ilustración 54 "Diagrama de tratamiento térmico Böhler V 945 (Ck 45, WNr. 1.1191)" <sup>104</sup>**

<sup>103</sup> *Ibíd.* pág. 29

<sup>104</sup> *Ibíd.* pág. 29

### **3.3.4 Temple y revenido**

El temple y revenido es un tratamiento de temple seguido de un tratamiento de revenido, realizado en la más alta zona posible de temperatura, logrando con esto obtener una buena tenacidad y adicionalmente una resistencia a la tracción específica.

### **3.4 Tratamiento superficial**

Los tratamientos térmicos superficiales se dividen en tres tipos

- Temple superficial
- Tratamiento termoquímico
- Revestimientos

#### **3.4.1 Cementación y carbonitruración**

Es el enriquecimiento de carbono de la capa superficial de una pieza (carburización), o el enriquecimiento de carbono y nitrógeno (carbonitruración) por difusión con temple posterior.

#### **Cementación**

La cementación consiste en carburar la capa superficial de la pieza, cubriendo de un producto carburante a una temperatura adecuada. Luego de la cementación se temple y reviene la pieza, quedando con gran dureza superficial y buena tenacidad en el núcleo.

Los aceros utilizados son de bajo contenido de carbono, no deben superar el 0.3%, también se utiliza aceros aleados con Níquel, Cromo y Molibdeno especialmente adecuados para cementación.



El cementado se realiza entre 850° a 950°C de temperatura, es decir con el acero en estado austenítico y el hierro en forma de hierro Gamma, momento en que tiene mayor capacidad de disolución de carbono. Una vez absorbido el carbono en la capa superficial tiene lugar un proceso de difusión hacia el interior de la pieza.

La proporción de carbono de la capa cementada aumenta con la temperatura, pudiendo llegar hasta 1.76 % de carbono a 1130°C.

Las proporciones de carbono que se consideran más adecuadas oscilan entre 0.50% y 0.90%, consiguiendo después del temple durezas de 60 a 62 Rockwell-C. No es recomendable pasar del 0.9% de carbono, pues a partir del 1% se forman carburos y redes de cementita, que debilitan la capa cementada y tiende a descascararse.

El espesor de la capa cementada está en función de la temperatura y el tiempo de exposición. El espesor más corriente varia de 0.5 a 1.5 mm Sin embargo se utilizan espesores inferiores a 0.5 mm para piezas pequeñas que no han de sufrir rectificado posterior.

Las materias cementantes, pueden ser:

- Cementantes sólidos
- Cementantes líquidos ( baños de sales), y
- *Cementantes gaseosos.*

### ***Cementantes sólidos***

Se emplea como cementantes el carbón vegetal, cok, huesos calcinados, etc. Sin embargo, solamente con carbón no se obtienen porcentajes de carbono superiores al 0,60%, razón por la cual se mezcla con carbonatos alcalinos y alcalino - térreos.

Una mezcla muy usada es el 60% de carbón vegetal y 40% de carbonato bórico; se puede sustituir el carbonato bórico por carbonato cálcico o carbonato sódico.

### ***Cementantes líquidos***

El baño de sales para cementar está formado generalmente por cianuro sódico y otras sales, en proporción variable según la profundidad de penetración que se desea obtener, una composición muy usada es: Cianuro Sódico 20 % Cloruro Barico 30 % Cloruro Sódico 25% Carbonato Sódico 25%.

Es indispensable controlar el porcentaje de Cianato Sódico que se forma en el baño, este no debe sobrepasar del 0.3 % en los baños de gran penetración y del 1 % en los baños de poca penetración. El espesor de la capa cementada depende, además de la composición del baño, de la temperatura y sobretodo del tiempo de exposición del tratamiento.

### ***Cementantes gaseosos***

Se realiza colocando las piezas en una atmósfera carburante a temperatura de cementación, es decir entre 850°C y 950°C.

La atmósfera carburante está formada por una mezcla de gas activo y gas portador. El gas activo es generalmente el Metano, aunque se puede utilizar también Propano y Butano. El gas portador es una mezcla de óxido de Carbono, Hidrogeno y Nitrógeno, con pequeños porcentajes de vapor de agua, anhídrido carbónico.

El gas portador se prepara quemando incompletamente un gas combustible, como gas de alumbrado, con lo que se forma CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O y cantidades variables de hidrocarburos. Esta mezcla gaseosa se hace pasar por carbón vegetal a alta temperatura, óxido de Bario u otro catalizador, con lo que se transforma el anhídrido carbónico en óxido de carbono y se disocia el vapor de agua.

Después de incorporar el metano desde la botella en que está almacenado a presión, se conducen los gases al horno de cementación.

Las misiones del gas portador son las siguientes:

- Desplazar el aire o gases que existan dentro del horno, sobre todo el vapor de agua y el anhídrido carbónico, que son muy perjudiciales para la buena marcha de la cementación.
- Reducir el depósito de hollín que inevitablemente se forma en la cementación gaseosa.
- Economizar Metano, ya que se consigue el mismo efecto empleando pequeñas cantidades de este gas que si la totalidad de la atmósfera del horno estuviese formada por él.

El espesor de la capa cementada depende como siempre, en su mayor parte del tiempo de exposición, logrando obtener en ocho horas hasta 1.5 mm de espesor.

El porcentaje de carbono de la capa cementada depende de la temperatura de cementación.

En muchos casos, después de haber carburado a elevada temperatura se mantienen las piezas a unos 800° en atmósfera neutra, para mejorar la difusión del carbono en la capa cementada.

#### **4 Conformado**

El conformado es un proceso de fabricación mediante el cual se somete un cuerpo sólido a deformaciones. Esta deformación se realiza aplicando fuerzas exteriores que pueden ser de compresión, tracción y cizallamiento principalmente; de acuerdo a los tipos de fuerzas externas que intervienen se puede clasificar en cuatro grupos los procesos de conformado por

compresión, conformado por flexión, conformado por deformación retorcido y conformado por tracción y compresión.

#### 4.1 Deformaciones en el conformado

Todo material puede sufrir dos tipos de deformación la deformación elástica y la deformación plástica antes que se produzca la fractura del material como se muestra en la esfuerzo deformación.

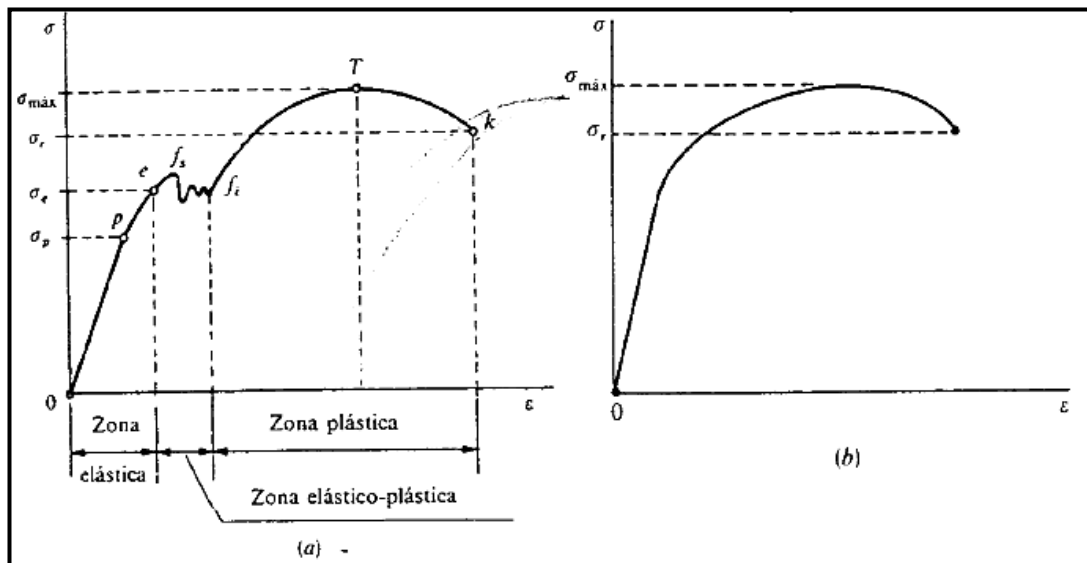


Ilustración 55 "Curva esfuerzo deformación" <sup>105</sup>

El gráfico de la curva esfuerzo deformación expresa el comportamiento de las fibras del material a distintas magnitudes de esfuerzos en el litera a se aprecia el comportamiento real de un material mientras se incrementa la fuerza aplicada al material, el esfuerzo aplicado es un esfuerzo de tracción; hay diferentes procedimiento y normas bajo las cuales se realizan estos ensayos, con dimensiones, equipos y probetas completamente definidas para su ensayo.

El literal a) de la gráfica esfuerzo deformación muestra tres zonas definidas de comportamiento de un material, la primera zona elástica, la segunda zona elástico plástica y la tercera la zona plástica. En la práctica la zona elástico plástica se considera mayoritariamente como una zona de deformación

<sup>105</sup> Berrocal Luis Ortiz, *Resistencia de Materiales*, Mayo 1990, Madrid España, Editorial McGraw Hill. p 21, fig. 118

plástica y se la incluye como tal. En la gráfica esfuerzo deformación en el literal b) se muestra la curva esfuerzo deformación idealizada para cualquier material, todo material pasa por las tres etapas de deformación, sin embargo la cantidad porcentual de su zona de deformación plástica es la que define si un material es más o menos plástico.

La deformación en la zona plástica una vez iniciada tiene tres límites principales, como se muestra en la gráfica esfuerzo deformación en el literal "a" el punto "e" en este punto se termina de deformación elástica pura del material, por lo tanto se considera como el fin de zona de comportamiento elástico del material, y el punto "k"; el punto "T" representa el esfuerzo máximo que puede soportar un material antes que la capacidad de sufrir una deformación plástica disminuya, en relación al esfuerzo aplicado, si sobrepasamos dicho punto la deformación sufrida por el material requiere un menor esfuerzo para conseguir la deformación, hasta alcanzar el segundo punto crítico k que es el instante en el cual el material sufre la fractura de sus fibras.

La curva esfuerzo deformación se obtiene mediante el ensayo de tensión; pero a su vez se obtiene otras propiedades propias de cada material; como se muestra la siguiente ilustración.



**Ilustración 56 "Propiedades derivadas de la curva esfuerzo deformación" <sup>106</sup>**

106 Askeland Donald R, *Ciencia de Ingeniería e Materiales*, Tercera edición, 1998, México, International Thomson Editores S.A. p 132.

El ensayo de esfuerzo de tensión, se realiza aplicando una carga de tensión que puede ser creciente o estática a una pieza llamada probeta, la probeta se encuentra normalizada al igual que la máquina por medio de la cual se aplica la carga y se debe establecer una relación entre la magnitud de la carga aplicada con la magnitud de distancia que se va alcanzando por estiramiento de la probeta hasta el momento de su fractura.

Para aplicar los resultados obtenidos mediante un ensayo de tensión, es necesario transformar la fuerza aplicada de tensión en un esfuerzo y la magnitud lineal de distancia en deformación. El esfuerzo se representa por “ $\sigma$ ” y sus magnitudes se representan en el eje de las ordenadas; mientras que la deformación se ha de expresar como una magnitud a dimensional en el eje de las abscisas. Su obtención se expresa en las siguientes ecuaciones.

$$\text{Esfuerzo: } \sigma = \frac{F}{A_0}$$

***Ecuación 35 “Resistencia a la tracción”<sup>107</sup>***

Siendo: F = fuerza aplicada (kg)

$A_0$  = Área inicial de la sección de la probeta

$$\text{Deformación: } \epsilon = \frac{l - l_0}{l_0}$$

***Ecuación 36 “Deformación porcentual de un material”<sup>108</sup>***

Siendo:

$l$  = longitud alcanzada por la probeta una vez aplicada la fuerza F (mm)

$l_0$  = longitud inicial de la probeta (mm)

---

<sup>107</sup> *Ibíd.* p 131.

<sup>108</sup> *Ibíd.* p 131.

El esfuerzo se expresa en  $\frac{lb}{pulg^2}$  (psi) o en  $\frac{N}{mm^2}$  (MPa); al relacionar la fuerza de tensión aplicada para expresarla como un esfuerzo y la deformación ser adimensional, se pueden obtener las propiedades que se muestran en la ilustración anterior.

#### **4.1.1 Deformación elástica**

Es la primera etapa de comportamiento del material cuando se deforma. En la deformación elástica, el cuerpo retorna a su forma original cuando cesa la acción de la fuerza externa sobre este, perdiendo la forma obtenida por acción de la fuerza.

#### **4.1.2 Deformación plástica**

Es la segundo tipo de deformación que sufren los materiales, se la denomina deformación plástica debido a la permanencia de la deformación incluso cuando se ha cesado de aplicar una fuerza externa.

Los procesos de conformado al ser procesos de transformación de forma y geometría de la pieza requieren que se hagan en la zona de deformación plástica del material.

### **4.2 Propiedades derivadas de la curva esfuerzo – deformación**

Como se muestra en la figura de la curva esfuerzo deformación; se pueden obtener mediante ésta las siguientes propiedades

#### **4.2.1 Esfuerzo de Cedencia**

Es la magnitud de esfuerzo que marca una división entre el comportamiento elástico y el comportamiento plástico del material, esta propiedad debe considerarse mucho en los procesos de conformado para prever el comportamiento que puede dar el material que deseamos trabajar.

#### **4.2.2 Resistencia a la tensión**

La resistencia a la tensión es la magnitud del esfuerzo máximo de tensión que soporta un material hasta el momento que se produce la disminución considerable y marcada de la sección de la probeta; esta sección se llama zona de estricción, al tener una menor sección transversal de probeta se requiere un menor esfuerzo para continuar deformando el material hasta producir la fractura de la probeta.

#### **4.2.3 Módulo de elasticidad**

El módulo de elasticidad es la pendiente de la curva esfuerzo deformación en la zona de comportamiento elástico del material; a la relación que se expresa la pendiente se la conoce como la ley de Hooke, y se expresa en función únicamente de las unidades que se tenía del esfuerzo

#### **4.2.4 Esfuerzo de ruptura**

El esfuerzo de ruptura es un punto que expresa la deformación máxima que puede tener un material al instante de su fractura con su correspondiente esfuerzo de tensión.

#### **4.2.5 Ductilidad**

La ductilidad es una propiedad cuantitativa del material la cual expresa en forma porcentual el grado de deformación que puede alcanzar un material sin que se produzca fractura.

Estas propiedades que se obtienen del diagrama esfuerzo deformación son fundamentales para la selección de materiales; pero no son las únicas propiedades que deben considerar para seleccionar un material a trabajar; el tipo de proceso que se debe aplicar al material es otra condición importante.

Cada propiedad definida sobre un material se relaciona con un determinado esfuerzo que le ha sido aplicado al material que se expresan en función de



los esfuerzos aplicados o relacionan de forma adimensional ciertas dimensiones o magnitudes producto de sus correspondientes ensayos; de esta forma tenemos la resistencia a la compresión, resistencia a la cizalladura, resistencia a la torsión, resistencia a la flexión.

#### 4.2.6 Plasticidad

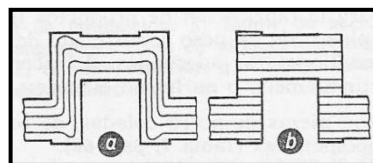
La plasticidad es una propiedad cualitativa de los materiales, la cual se puede definir como la facilidad de un material a deformarse permanentemente cuando la aplicación de un esfuerzo sobre este ha cesado. Una propiedad que es inversamente proporcional a la plasticidad es la fragilidad, de esta forma un material con una alta plasticidad tiene una baja fragilidad.

De acuerdo a esta propiedad cualitativa, los materiales que mejor se identifican para este tipo de proceso son los materiales metálicos maleables no ferrosos y los aceros.

#### 4.2.7 Estructura mecánica

Por medio de los procesos de conformado podemos se puede obtener una estructura de grano fino, así como acoplar las líneas de flujo o las fibras del material con la forma, mejorando las propiedades mecánicas del material.

La siguiente ilustración muestra una distribución idealizada del comportamiento de las líneas de flujo o líneas de trayectoria que adoptan las fibras cuando se realiza un proceso de conformado y un proceso de corte.



**Ilustración 57** “Líneas de flujo (figuradas); a) pieza forjada (las líneas de flujo se adaptan a la estampa; b) pieza maquinada con arranque de viruta (las líneas de flujo están interrumpidas)”<sup>109</sup>.

<sup>109</sup> Heinrich Gerling, *Moldeo y Conformación*, Primera Edición, 1979, Barcelona España, Editorial Reverté S.A, p 51

### **4.3 Importancia del conformado**

Los procesos de conformado se destacan cuando se tiene la necesidad de fabricar o manufacturar partes u objetos en serie con dimensiones, forma y características en todos los objetos fabricados.

### **4.4 Procesos de conformado**

Hay cinco clases de procesos de conformado. El conformado por compresión, el conformado por cizallamiento, el conformado por doblado y el conformado por compresión y tracción.

Las cinco clases de procesos de conformado pueden hacerse por dos tipos de procesos de conformado, el conformado en frío y el conformado en caliente.

#### **4.4.1 Procesos de conformado en caliente**

Para realizar el conformado por este proceso, el material debe haber alcanzado una temperatura por encima de la temperatura de recristalización, la cual es propia de cada material.

Cuando el material se encuentra a un rango propio de temperatura por encima de la temperatura de recristalización, la resistencia a la deformación disminuye y por consiguiente la plasticidad del material incrementa.

#### **4.4.2 Procesos de conformación en frío**

Para realizar este proceso de conformado, el material se encuentra en condiciones normales, la temperatura del material es la temperatura ambiente, el material no se encuentra a una temperatura como en la conformación en caliente.

Las principales ventajas del trabajo en frío son: mejor precisión, menores tolerancias, mejores acabados superficiales, posibilidades de obtener

propiedades de dirección deseadas en el producto final y mayor dureza de las partes.

Sin embargo, el trabajo en frío tiene algunas desventajas ya que requiere mayores fuerzas porque los metales aumentan su resistencia debido al endurecimiento por deformación, produciendo que el esfuerzo requerido para continuar la deformación se incremente y contrarreste el incremento de la resistencia; la reducción de la ductilidad y el aumento de la resistencia a la tensión limitan la cantidad de operaciones de conformado que se puedan realizar a las partes.

#### 4.4.3 Procesos de conformado por compresión

La siguiente ilustración muestra el diagrama de fases que poseen las aleaciones de cobre - zinc "latones y bronce", para estas aleaciones.

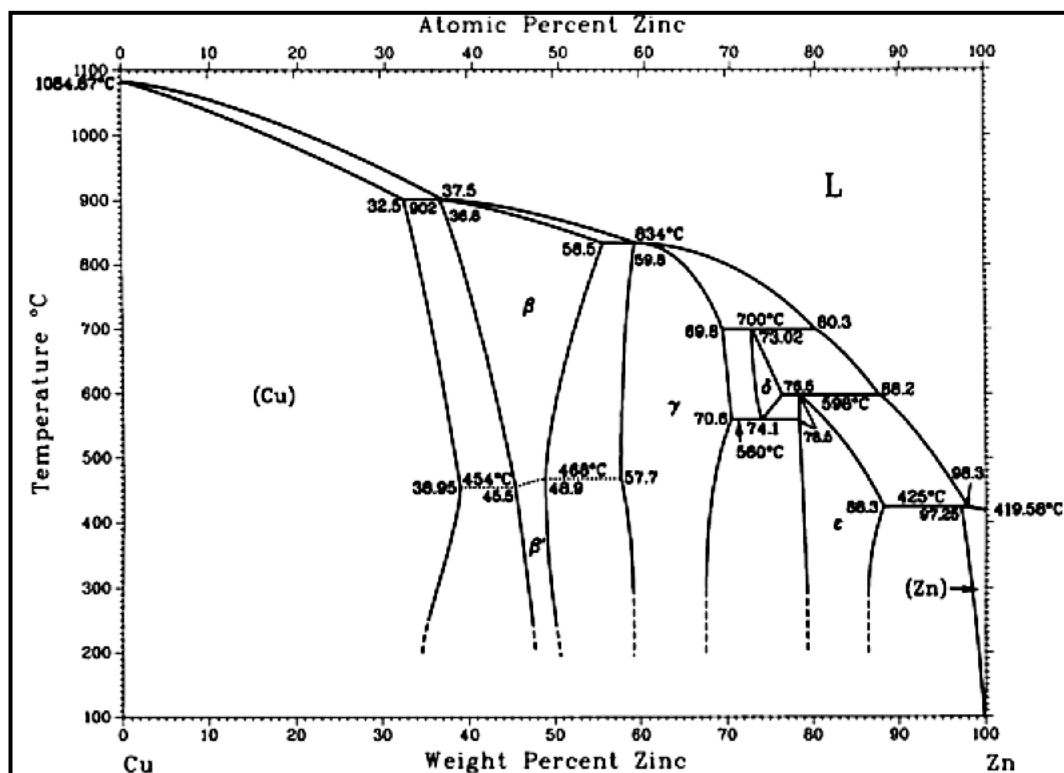


Ilustración 58 "Diagrama de fases aleaciones cobre - zinc" <sup>110</sup>

110 ASM International Handbook Committee, *Alloy Phase Diagrams Vol. 3*, Primera Impresión (1992), United States Of America: Editorial ASM International 0-87170-377-7 (v.1) 0-87170-381-5 (v.3), p 780

Debido al calentamiento del objeto sobre el punto de recristalización, para la fabricación de las estampas se debe considerar la dilatación y contracción del material al dimensionar las mismas.

Este proceso es adecuado cuando se requiere partes u objetos de dimensiones moderadas o un alto volumen de producción; principalmente cuando se requiere realizar trabajos en serie.

Las estampas se pueden clasificar a su vez en dos grupos estampa cerrada y estampa abierta.

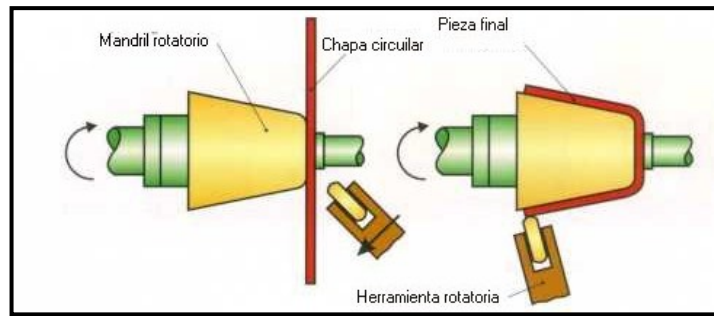
En conformado con estampas se realiza casi en su totalidad con la ayuda de máquinas en consideración de las dimensiones y de las estampas además de ser trabajos en serie.

#### **4.4.4 Conformado por tracción**

La fluencia del material se produce en gran parte por solicitaciones de esfuerzos de tracción aplicados sobre el material de trabajo. Entre los procesos de conformado por tracción se destacan la embutición con estirado, la entalla, la estampación, el bordonado, rebordeado y mandrinado.

##### **La entalla**

Se hace de forma similar a la embutición con estirado; se diferencia de ésta por las dimensiones de trabajo de la chapa, con este procedimiento se puede trabajar chapas de mayores dimensiones superficiales, la chapa se sujeta por sus extremos y se estira sobre la forma del punzón que se desea obtener como se muestra en la siguiente ilustración.



**Ilustración 59 “Imagen de entallado”** <sup>111</sup>

#### **4.4.5 Conformación por doblado**

En la conformación por doblado, la fluencia del material es producida por un momento de flexión, provocado por fuerzas de compresión y de tracción que son aplicadas desde el exterior.

En la conformación por doblado, las fibras del material se estiran por la parte exterior y sufren una compresión por la parte interna mientras que las fibras neutras permanecen sin alterarse. A estas fibras que permanecen sin alterarse se las denomina fibras neutras.

El alargamiento y la compresión de las fibras incrementan conforme disminuye el radio de curvatura en relación al espesor del material.

#### **Doblado en estampa**

La estampa y la matriz para este procedimiento tienen la forma como se muestra en la siguiente ilustración.



**Ilustración 60 “Doblado en estampa”** <sup>112</sup>

<sup>111</sup> <http://www.monografias.com/trabajos23/embutido-chapas/embutido-chapas.shtml>

<sup>112</sup> <http://spanish.alibaba.com/products/metal-stamping-bending.html>

En el doblado, el material experimenta una recuperación elástica de las fibras, cuando las fuerzas dejan de actuar. El grado de recuperación elástica depende del grado de dureza del material, ángulo del doblado y el espesor de la chapa. Para diseñar una pieza con las dimensiones exactas se debe considerar esta recuperación elástica del material.

#### **4.4.6 Conformado por tracción y compresión**

En este procedimiento la fluidez del material es provocada por acción de los esfuerzos de tracción y de compresión que actúan sobre el material.

Dentro de estos procedimientos se destacan el estirado o trefilado, la entalla y la embutición.

#### **Embutición**

La embutición es un proceso de conformado de chapa en el cual una figura geométrica plana es obligada a través por una fuerza externa a introducirse en una cavidad denominada matriz

#### ***Embutido profundo***

El embutido profundo es un procesos de conformado que se realiza formas redondas, tales como ollas de cocina, cajas o contenedores como carcasas por un proceso en el cual una porción del plano de la hoja es forzado por un punzón a ingresar dentro de una matriz y adquirir la forma deseada sin plegar las esquinas..

El término embutido profundo implica que en la pestaña del metal ocurre algún embutido y que las partes formadas son más profundas que las que se puede obtener por un estirado simple del metal sobre una matriz. El espacio en blanco entre el punzón y la matriz se controla estrechamente para que no exista ninguna plegadura de la pared lateral; este espacio en blanco debe ser suficiente para prevenir el planchado del material que ha de ser embutido dentro de las paredes en el proceso de embutido profundo. Si el planchado

de las paredes ha de ser una parte del proceso, este se hace en los procesos subsecuentes al embutido profundo.

### ***Fundamentos de embutición***

Para realizar este procedimiento se emplean máquinas especiales llamadas prensas, las cuales proporcionan el desplazamiento y fuerza al punzón de embutición.

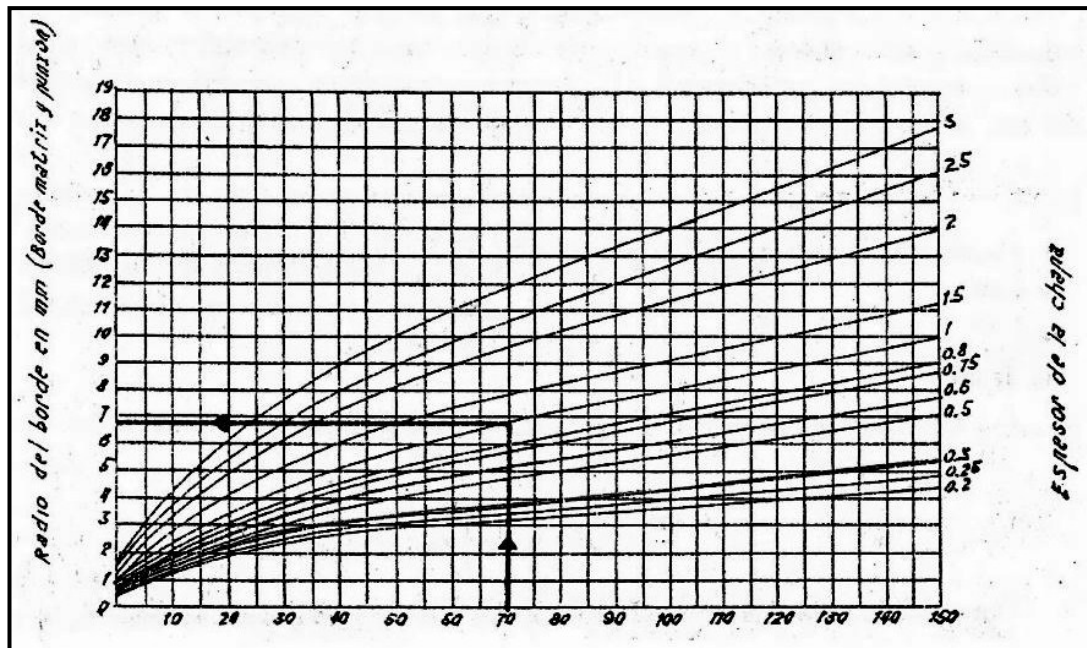
Todo material que se pueda ser obtenido en forma de hoja, plancha o lámina ya sea por laminado en frío o laminado en caliente puede tener la suficiente ductilidad para ser procesado por embutido profundo.

Las láminas u hojas obtenidas por laminado en frío deben ser recosidas para eliminar los efectos del laminado en frío aliviando las tensiones y aumentando la ductilidad del material. Este procedimiento en algunos casos puede aplicarse a las piezas que ya han sido embutidas y puedan o no requerir un nuevo procedimiento de embutición.

### ***Radio de embutición***

Los radios en el fondo del punzón para el lado del borde, así como la aproximación de la abertura de la matriz deben permitir formar la hoja del metal sin rasgarlo.

Estos han de ser lo suficientemente amplios para permitir el ingreso de la chapa en la matriz en las fases siguientes de la embutición; emplearemos el siguiente nomograma para determinar los radios que han de tener los punzones y las matrices; al ser obtenidos por apreciación visual, se los puede aproximar a unidades enteras.



**Ilustración 61 “Nomograma para la determinación de los radios de los punzones y matrices de embutir”<sup>113</sup>**

### **Presión necesaria para el embutido tensión en la sección del recipiente**

*“Este problema en el ámbito de las determinaciones prácticas, se ha mostrado siempre como el más difícil y el menos convincente. Nosotros nos proponemos sin pretender emplear la balanza del farmacéutico, encontrar una fórmula que nos ofrezca la posibilidad de determinar fácilmente la fuerza necesaria para embutir un determinado disco de chapa con los procesos ya vistos”<sup>114</sup>*

Se basa en los principios físicos cuando un cuerpo metálico es sometido progresivamente a esfuerzos exteriores, este se deforma elásticamente al inicio de la aplicación de los esfuerzos, después esta deformación se vuelve permanente, es cuando se produce la fluidez del material.

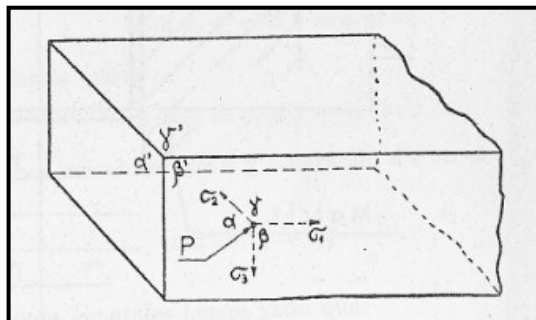
<sup>113</sup> López Navarro Tomás, *Troquelado Y Estampación*, Sexta Edición 1981, Barcelona España, Editorial Gustavo Gili. S.A, pág. 138. fig. 182

<sup>114</sup> Rossi Mario, *Estampado En Frio De La Chapa*, Novena Edición... Óp. Cit. , pág. 85



A partir de la teoría de elasticidad de los metales se conoce que un cuerpo metálico que es sometido progresivamente a fuerzas exteriores se deforma elásticamente al principio y, después, permanentemente; se ha producido la fluidez del material.

Partimos de un punto P, es cual se encuentra el interior de un cuerpo metálico como se muestra en la siguiente ilustración, podemos considerarlo el equilibrio bajo la acción del sistema de fuerzas exteriores.



**Ilustración 62 “Partícula P en un punto cualesquiera de un cuerpo metálico” <sup>115</sup>**

Por éste. Podemos imaginar que pasan tres planos  $\alpha, \beta$  y  $\gamma$  los cuales son normales entre sí y sobre los mismos actúan tres fuerzas unitarias (tensiones) normales, expresadas respectivamente por  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ , ósea, tres tensiones generales, ya sean de compresión o de tracción, referidas a la unidad de superficie.

Estas tensiones las consideramos opuestas a las fuerzas exteriores. Se tiene presente que al embutir chapa, la tensión reactiva no existe porque no viene del exterior ejercida ninguna fuerza transversal que permita modificar el espesor; más bien pretendemos que la deformación ocurra a espesor constante. En este caso tendremos tensión. Las tensiones, corrientemente, podemos ponerlas en relación entre sí aun cuando sean diferentes teniendo presente que pueden variar de  $+\infty$  a  $-\infty$ :

$$\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$$

<sup>115</sup> Rossi Mario, *Estampado En Frio De La Chapa*, Novena Edición... Óp. Cit. , pág. 86

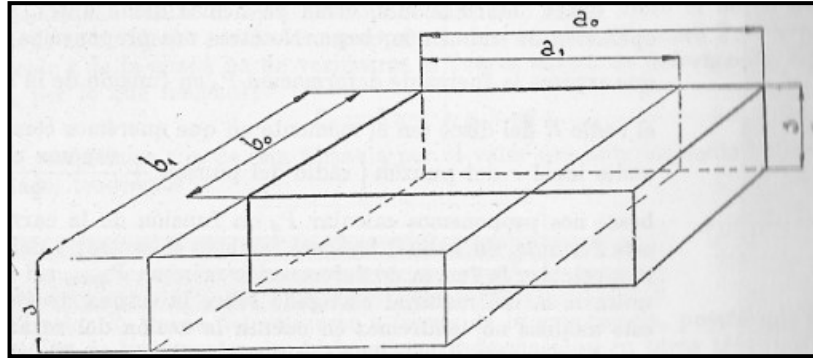
Es útil recordar ahora que los cuerpos metálicos tienen una estructura cristalina, es decir, están constituidos por muchos granos iguales entre sí, dispuestos uno a continuación del otro bajo un orden no establecido de antemano. Son estos granos cristalinos muy finos que constituyen una masa metálica homogénea la cual está dotada de las mismas propiedades en todas las direcciones.

En cada punto de sólido metálico existen tensiones máximas orientadas a según direcciones definidas, si las acciones externas a toma un conveniente valor, las referidas tensiones producen el desplazamiento de los cristales de la masa cuyos planos de desplazamiento son orientados según la dirección de las tensiones máximas. Para la realización de los cálculos se considera de aquí en adelante que la deformación de la chapa se realizará a espesor constante. Y se expresa como  $r_d$  a la resistencia ideal a la deformación es decir la fuerza interior que resiste a los desplazamientos antes mencionados y que es vencida en un determinado instante por la acción de la de la fuerza exterior, se puede expresar como:

$$r_d = \sigma_1 - \sigma_2$$

Al incrementarse las fuerzas exteriores, de todos los cristales de la masa según la dirección longitudinal de la plancha se da origen al desplazamiento longitudinal de la plancha. De esta forma se verifica una deformación superficial; el material se ha vuelto fluido. Al ser una deformación superficial por consiguiente el volumen se mantiene constante. El valor de  $r_d$  no es un valor único y determinado para cada material, sin tener en cuenta otros factores como temperatura que adquiere el material durante la deformación así como la importancia de las deformaciones y la velocidad de las deformaciones.

Para el análisis, partimos de un trozo de chapa metálica el cual posee como dimensiones iniciales  $a_0$  y  $b_0$  como se muestra en la siguiente ilustración.



**Ilustración 63 “Fragmento de una chapa metálica antes y después de la deformación. El espesor  $s$  se considera constante”<sup>116</sup>**

Cuando la hipótesis de la deformación superficial tiene lugar en sentido normal a las aristas, las nuevas dimensiones que se tiene son  $a_1$  y  $b_1$ , si se considera el espesor  $s=1$  y el volumen constante como  $V_c$ , se puede expresar de la siguiente manera.

$$a_0 \cdot b_0 = a_1 \cdot b_1 = V_c$$

Si se divide los dos primeros miembros de la ecuación para  $a_0 \cdot b_0$ , se tiene la siguiente expresión

$$\frac{a_1}{a_0} = \frac{b_1}{b_0} = 1$$

Para resolver el sistema de ecuaciones se emplea logaritmos.

$$\ln \frac{a_1}{a_0} + \ln \frac{b_1}{b_0} = 0$$

De las integrales se conoce que

$$\int \frac{dx}{x} = \ln x$$

Al emplear en el sistema de ecuaciones, se tiene:

<sup>116</sup> Rossi Mario, *Estampado En Frio De La Chapa*, Novena Edición... Óp. Cit. , pág. 87

$$\int_{a_0}^{a_1} \frac{da}{a} = [\ln a]_{a_0}^{a_1} = \ln a_1 - \ln a_0 = \ln \frac{a_1}{a_0} = \int_{a_0}^{a_1} \frac{da}{a}$$

De la misma forma para

$$\ln \frac{b_1}{b_0} = \int_{b_0}^{b_1} \frac{db}{b}$$

Al sustituir ambos miembros en la ecuación se tiene:

$$\int_{a_0}^{a_1} \frac{da}{a} + \int_{b_0}^{b_1} \frac{db}{b} = 0$$

Si se denomina  $\varphi$  a la deformación, se tiene:

$$\varphi_a = \ln \frac{a_1}{a_0} = \int_{a_0}^{a_1} \frac{da}{a}$$

**Ecuación 37 "Deformación de restringimiento o estricción"<sup>117</sup>**

$$\varphi_b = \ln \frac{b_1}{b_0} = \int_{b_0}^{b_1} \frac{db}{b}$$

**Ecuación 38 "Deformación de alargamiento"<sup>118</sup>**

Teniendo de esta forma:

$$\varphi_a + \varphi_b = 0$$

Ambas deformaciones se verifican durante la operación de embutido de la chapa. Se parte de estas deformaciones para alcanzar una ecuación la cual exprese la deformación  $P_d$  a partir de la relación  $\frac{R}{r}$ , la cual relaciona el radio R del disco a embutir con el radio r del punzón adicionado la mitad del

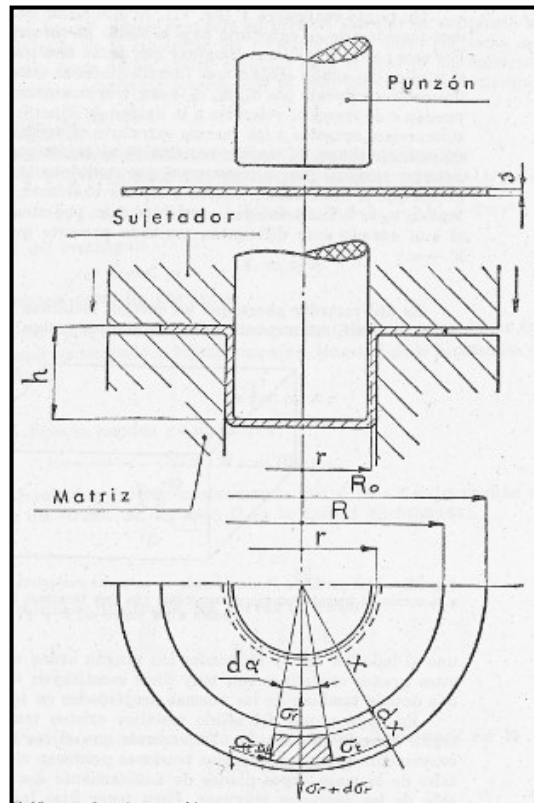
<sup>117</sup> Rossi Mario, *Estampado En Frio De La Chapa*, Novena Edición... Óp. Cit. , pág. 88

<sup>118</sup> Rossi Mario, *Estampado En Frio De La Chapa*, Novena Edición... Óp. Cit. , pág. 88

espesor de la chapa. Con ello se pretende calcular  $P_d$  en función de la altura  $h$  del punzón.

Con la fórmula en la cual figura también el espesor de la chapa  $s$  se puede calcular la fuerza de deformación máxima  $P_{dmax}$ , y la correspondiente tensión unitaria  $\sigma_r$  del material sobre la corona de área  $s$  del recipiente. No se considera para el análisis el rozamiento.

El elemento que se muestra en la siguiente ilustración en parte inferior de la misma, en la zona rayada está sometido a acciones radiales de estiramiento y a acciones tangenciales de compresión, las cuales tienen correspondientemente signos contrarios.



**Ilustración 64** "Gráfico en el cual se considera un elemento de chapa sometido a la acción de las fuerzas exteriores producidas durante el embudo" <sup>119</sup>

<sup>119</sup> Rossi Mario, Estampado En Frio De La Chapa, Novena Edición... Óp. Cit. , pág. 89

De la ilustración se observa que mientras las fuerzas tangenciales  $\sigma_t$  son iguales respecto a la dirección radial, la fuerza radial considerada en dirección normal es diferente.

Se considera a las tensiones que actúan sobre las superficies elementales  $x \cdot d \alpha$  y  $(x + dx) \cdot d \alpha$  sobre las cuales obran respectivamente las tensiones  $\sigma_r$  y  $\sigma_r + d \sigma_r$  donde  $d \sigma_r$  es la variación elemental de la tensión sobre el correspondiente espacio elemental  $dx$ . Así mismo como  $\sigma_r > \sigma_t$ , tal como se tiene en las consideraciones de carácter general.

De esta forma el elemento está sometido a la fuerza radial expresada como:

$$(x + dx) \cdot d \alpha \cdot (\sigma_r + d \sigma_r) - x \cdot d \alpha \cdot \sigma_r$$

Mientras que la fuerza tangencial se expresa como:

$$2 \cdot dx \cdot \text{sen} \frac{d \alpha}{\alpha} \cdot \sigma_t$$

Para que el elemento permanezca en equilibrio, se debe realizar la igualación de las dos ecuaciones.

$$(x + dx) \cdot d \alpha \cdot (\sigma_r + d \sigma_r) - x \cdot d \alpha \cdot \sigma_r = 2 \cdot dx \cdot \text{sen} \frac{d \alpha}{\alpha} \cdot \sigma_t$$

Del desarrollo de las ecuaciones se tiene:

$$x \cdot d \alpha + x \cdot d \alpha \cdot d \sigma_r + dx \cdot d \alpha \cdot \sigma_r + dx \cdot d \alpha \cdot d \sigma_r - x \cdot d \alpha \cdot \sigma_r = 2 \cdot dx \cdot \text{sen} \frac{d \alpha}{\alpha} \cdot \sigma_t$$

En el primer miembro de la ecuación se puede eliminar los infinitesimales de orden superior porque son muy pequeños; mientras que en el segundo miembro, dado el pequeño valor que tiene  $d \alpha$ , se puede simplificar el valor de 2 tanto en el numerador como el denominador, mientras que el  $\text{sen} \alpha$  (en

el límite  $d \alpha = 0$  se confunde con  $d \alpha$  debido a que  $\lim_{\alpha \rightarrow 0} \frac{\text{sen } \alpha}{\alpha} = 1$ , lo cual se tiene:

$$x \cdot d \alpha \cdot d \sigma_r + dx \cdot d \alpha \cdot \sigma_r = dx \cdot d \alpha \cdot \sigma_t$$

Al dividir los dos miembros para  $d \alpha$  se tiene:

$$x \cdot d \sigma_r + dx \cdot \sigma_r = dx \cdot \sigma_t$$

Que se puede expresar de la siguiente manera:

$$x \cdot d \sigma_r = dx \cdot \sigma_t - dx \cdot \sigma_r$$

Al dividir para  $x$  y colocando por serado  $dx$  se tiene:

$$d \sigma_r = (\sigma_t - \sigma_r) \cdot \frac{dx}{x}$$

**Ecuación 39 "Fórmula desarrollada"<sup>120</sup>**

Como se plantea inicialmente

$$(\sigma_r - \sigma_t = r_d)$$

La resistencia ideal a la deformación, se tiene:

$$(\sigma_t - \sigma_r = -r_d)$$

Para designar con  $R_d$  al valor de la resistencia real a la deformación que tiene en cuenta los valores prácticos y con  $\eta$  al rendimiento se tiene la siguiente relación:

$$R_d = \frac{r_d}{\eta}$$

Se puede escribir:

---

<sup>120</sup> Rossi Mario, Estampado En Frio De La Chapa, Novena Edición... Óp. Cit. , pág. 90

$$(\sigma_r - \sigma_t = R_d)$$

O también

$$(\sigma_t - \sigma_r = -R_d)$$

Los valores correspondientes para  $R_d$  se pueden establecer enseguida con resultados teórico – prácticos para los cuales es posible también calcular pérdidas interiores.

De la Fórmula desarrollada al sustituir los valores que se le atribuyen a  $(\sigma_r - \sigma_t)$  se tiene:

$$(d\sigma_r = -R_d \frac{dx}{x})$$

Se desea conocer la tensión radial que corresponde al borde de la matriz del radio ideal  $r$  (radio del punzón + semi espesor de la chapa), al integrar se tiene:

$$\int_R^r d\sigma_r = \int_R^r -R_d \frac{dx}{x}$$

Al resolver las integrales se tiene:

$$\sigma_r = R_d \cdot \ln \frac{R}{r}$$

Esta ecuación que se desarrolló a partir de los criterios de aproximación que indica la práctica, se presenta de forma sencilla siempre que se considere un valor medio de  $R_d$  el cual se designará como  $R_{dm}$ ; se supone, en efecto que la resistencia a la deformación  $R_d$  varía constantemente para cada sección elemental según se haya dividido la chapa.

La tensión radial se considera en un punto sobre el borde de la matriz del radio ideal  $r$ ; se debe verificar en toda la circunferencia de la chapa y para el



espesor de la chapa la fuerza entera de deformación teórica  $P_d$  por lo cual se tiene:

$$P_d = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot s \cdot R_{dm} \cdot \ln \frac{R}{r}$$

**Ecuación 40 "Fuerza de deformación teórica"<sup>121</sup>**

El valor de  $R_d$  se puede determinar por medio de la experiencia, ya que depende de la misma deformación, la resistencia  $R_d$  a la deformación se incrementa con el aumento de la deformación, por esta razón se debe considerar un valor  $R_{dm}$  como media de los valores de la resistencia a las deformaciones radiales en relación a las zonas elementales externas de la chapa, o sea, al borde exterior del disco de embutir, es decir al radio  $R_0$  y al borde interior del disco embutido de radio  $r$ . Para el cálculo se puede considerar las peores condiciones y también el embutir sobre una matriz con cantos casi vivos.

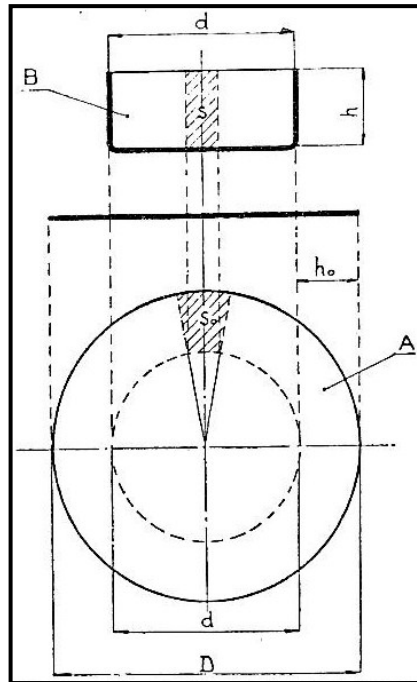
**Deformación en la embutición**

En la embutición actúan fuerzas de tracción y de compresión sobre la chapa, las cuales provocan la deformación de la chapa, la deformación se puede realizar en una o más pasadas.

Para definir a las deformaciones durante la embutición se considera inicialmente a una pieza embutida con un diámetro  $d$  y altura  $h$  como lo muestra la siguiente ilustración en su literal "B" la cual se obtiene a partir de la chapa en forma de disco con una dimensión de diámetro  $D$ .

---

<sup>121</sup> Rossi Mario, Estampado En Frio De La Chapa, Novena Edición... Óp. Cit. , pág. 91



**Ilustración 65 “Demostración práctica de la deformación que ha experimentado el material de un recipiente embutido” <sup>122</sup>**

Para objeto de análisis el espesor de la chapa antes y después de ser embutida se considera constante y el fondo de la pieza embutida que posee un diámetro  $d$  como una sección sin deformación; por lo contrario las paredes del recipiente han sido deformadas ya que antes formaban la corona circular con un ancho  $h_0$ , esta sección se delimita por el diámetro  $D$  de la chapa y el diámetro  $d$  del fondo del recipiente.

Se observa que la sección marcada como **So** en el literal A de la ilustración anterior cambia de una forma geométrica trapezoidal a una forma rectangular como se proyecta en el literal B de la figura cuando ésta sección se dobla a  $90^\circ$ .

Esta variación se verifica al comparar la altura del recipiente una vez embutido con la altura del trapecoide. De esta forma se comprueba que todos los elementos de la chapa cuando se produce la embutición se someten a esfuerzos de tracción que actúan de forma radial y esfuerzos de compresión que actúan tangencialmente.

<sup>122</sup> Heinrich Gerling, *Moldeo y Conformación*, Primera Edición, 1979, Barcelona España, Editorial Reverté S.A, p 51

La chapa debe soportar la fuerza de compresión en todo el borde del recipiente mientras que el fondo embutido debe soportar la fuerza de tracción aplicada por el punzón.

Una forma práctica para demostrar el comportamiento de las fibras del material es trazar sobre la chapa una cuadrícula; a través de las dimensiones y geometría finales de la cuadrícula se puede determinar en qué secciones el material se comporta a tracción y en qué secciones el material se comporta a compresión como se muestra en la siguiente ilustración.

### ***Velocidad de embutición***

La velocidad de embutición es un factor muy importante a considerar cuando se realiza este procedimiento de conformado.

La velocidad de embutición es la velocidad de desplazamiento en m/min que posee el punzón al momento de hacer contacto con la chapa e iniciar la embutición; hay diversos criterios sobre las velocidades de embutición recomendadas.

Se recomienda una velocidad de 45 m/min para chapa de latón.

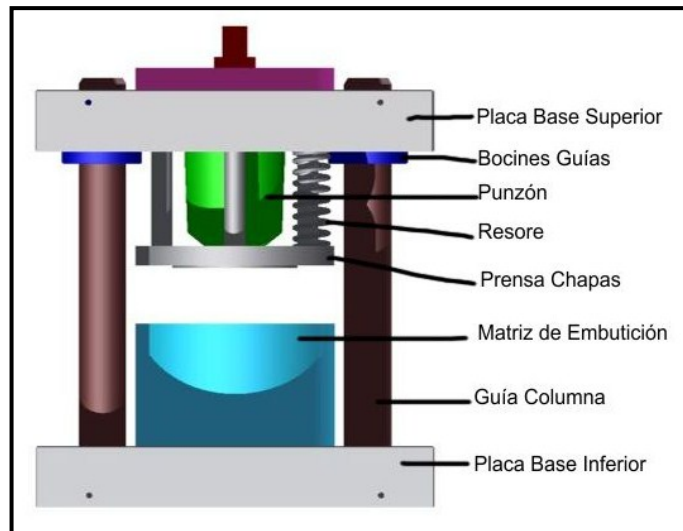
*“Según Barbier y Lühber, sólo es importante realizar la embutición muy lentamente cuando se trata de chapas de cinc o aleaciones con un notable contenido de cinc”<sup>123</sup>*

### ***Descripción de una matriz de embutición***

A la matriz de embutición se le suele denominar estampa para embutir y se compone generalmente de las partes que se describen en la siguiente figura.

---

<sup>123</sup> Oehler – Kaiser, *Herramientas De Troquelar Estampar y Embutir*, Sexta Edición, 1977, Barcelona España, Editorial Gustavo Gili S.A. pág. 335, Literal 10.



**Ilustración 66 “Esquema de una estampa sencilla de embutir”<sup>124</sup>**

En la estampa de embutir, la chapa a la cual denominada “disco o blanco” se introduce en la pieza “G” denominada disco de retención. El punzón “A” que se encuentra firmemente sujeto al porta punzón B por medio de uno o varios pernos y forman un conjunto, el cual se sujeta a la parte móvil de la prensa. El punzón desciende y obliga a la chapa a introducirse dentro de la cavidad de la matriz y obliga a descender al casquillo “C” y comprimir al muelle “E” contra la base “F” hasta que el punzón descienda completamente introduciendo la chapa en la cavidad de la matriz; cuando concluye la embutición este casquillo expulsa la chapa embutida de la cavidad de la matriz.

### ***Procedimientos de embutición***

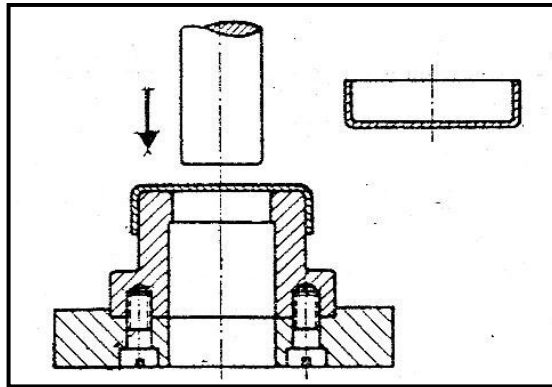
La embutición se puede realizar de dos formas principales o una combinación de ambas, la embutición directa, la embutición inversa y con prensa chapas.

<sup>124</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso de Embutición Modelo 406.19*, Quito Ecuador, 2010,

### *Procedimiento de embutición Inversa*

La embutición inversa se puede considerar como un procedimiento de conformado por tracción si no se considera las fuerzas de compresión que actúan sobre las fibras de la chapa. Únicamente a las piezas que han sido embutidas previamente se les puede practicar una embutición inversa.

En la embutición inversa se modifica el flujo de la trayectoria de las fibras del material al realizar la embutición en sentido contrario al proceso anterior de embutición como se muestra en la siguiente ilustración.



**Ilustración 67 "Embutición negativa"<sup>125</sup>**

Con este procedimiento es posible obtener espesores uniformes con grandes profundidades de embutición empleando pocas fases de embutición.

### *Procedimiento de embutición directa*

La embutición directa es un procedimiento de embutición en el cual trayectoria de las fibras del material no se ve modificada ésta permanece constante en todas las fases de la embutición.

<sup>125</sup> López Navarro Tomás, *Troquelado Y Estampación*, Sexta Edición 1981, Barcelona España, Editorial Gustavo Gili. S.A p.145 Fig. 192 A.

Mediante este procedimiento se puede elaborar piezas de grandes dimensiones pero de poca profundidad de embutición por cada etapa de embutición.

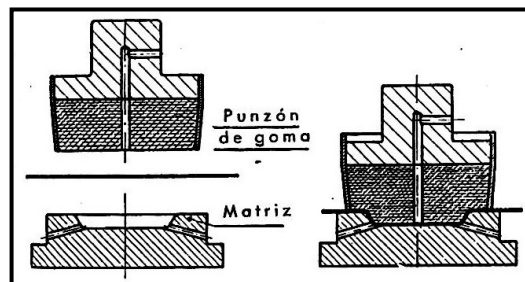
Las piezas elaboradas bajo este procedimiento pueden ser recortadas a medidas o tener exceso de material en forma de pestañas.

Es el proceso de embutición más empleado.

### *Procedimiento de embutición mediante punzón de goma*

La embutición empleando el punzón de goma, es un procedimiento que permite el conformado de materiales ligeros como aleaciones de aluminio, con bajos espesores, es un procedimiento muy empleado en la industria de la aviación.

Este procedimiento emplea una matriz rígida generalmente metálica o de materiales resistentes con la forma requerida de la pieza a embutir mientras que el punzón es de goma semidura como se muestra en la siguiente ilustración.



**Ilustración 68 “Sistema sencillo de embutido con punzón de goma”<sup>126</sup>**

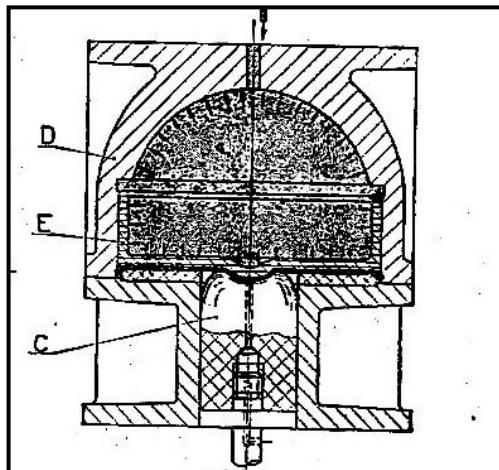
El punzón dependiendo de sus dimensiones puede poseer un contorno metálico que restringe su desplazamiento lateral e incrementa la durabilidad del punzón.

<sup>126</sup> López Navarro Tomás, *Troquelado Y Estampación*, Sexta Edición 1981, Barcelona España, Editorial Gustavo Gili. S.A p.145 Fig. 192.

### *Procedimiento de embutición hydroform*

El procedimiento de embutición hydroform adquiere su nombre al emplear la fuerza hidrodinámica para realizar el conformado de la chapa en una cámara que posee una membrana elástica que realiza la función de la cavidad de la matriz acoplándose con exactitud a la forma del punzón por la presión hidrodinámica ejercida sobre esta.

Cuando el punzón ejerce la fuerza sobre la chapa que se encuentra en contacto con la membrana elástica empiezan a actuar simultáneamente sobre la chapa la presión hidrodinámica en la membrana elástica y la presión sobre el punzón. Como se muestra en la siguiente ilustración.



***Ilustración 69 “Serie de fases de estampado para obtener un recipiente de un disco de chapa, mediante el procedimiento Hydroform”<sup>127</sup>***

Estas presiones ejercidas sobre la chapa se debe controlar para permiten una deformación constate y uniforme de la chapa.

### ***Tipos de matrices de embutición***

Las matrices para embutir pueden ser uno de los cinco tipos que se describen a continuación o una modificación de estos; la mayoría de los

<sup>127</sup> López Navarro Tomás, *Troquelado Y Estampación*, Sexta Edición 1981, Barcelona España, Editorial Gustavo Gili. S.A p.145 Fig. 192.

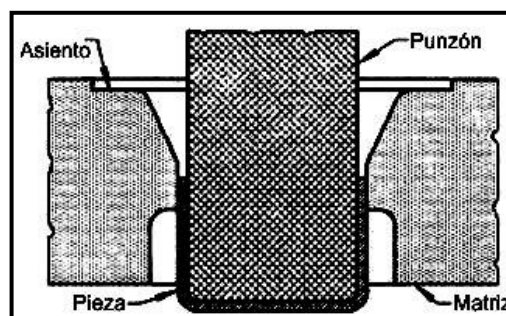
procedimientos de embutición adquieren su nombre a partir de la matriz que emplean para realizarlo.

- Matrices de acción simple
- Matrices de doble acción
- Matrices compuestas
- Matrices progresivas
- Matrices múltiples con mecanismos de transferencia.

La selección de la matriz depende enormemente del tamaño de la parte, la severidad del embutido y la cantidad de partes a ser producida.

#### Matrices de acción simple

Las matrices de acción simple son las más simples de todas las matrices de embutición, y tienen un solo punzón y matriz. Un detector de nido se proporciona para posicionar el modelo. La parte a embutir es empujada a través de la matriz y es retirada de la matriz por la contra perforación en el fondo de la matriz. El margen de la copa se expande para hacer esto posible. Las matrices de simple acción pueden ser usadas solo cuando el límite de formado permite acopamiento sin el uso de el sujetador de modelo.



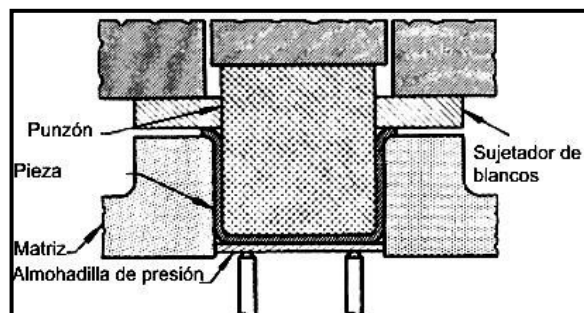
**Ilustración 70 "Matriz de acción simple" <sup>128</sup>**



## Matrices de doble acción

Los troqueles de doble acción tienen un sujetador del modelo. Esto permite mayores reducciones y embuticiones de partes con pestañas. La siguiente ilustración muestra un troquel de doble acción del tipo usado en prensas de doble acción. En este diseño, el troquel es montado en la zapata inferior de la prensa, el punzón es sujetado al interior, o punzón transversal; y el sujetador del modelo es sujetado al lado exterior. La almohadilla de presión se usa para sostener el modelo firmemente contra la nariz del punzón durante la operación de embutición y alzar la copa embutida de la matriz.

Si no está disponible una matriz de cojín, puede usarse resortes, cilindros hidráulicos o neumático, sin embargo estos son menos efectivos que una matriz de cojín, especialmente para embutidos profundos.



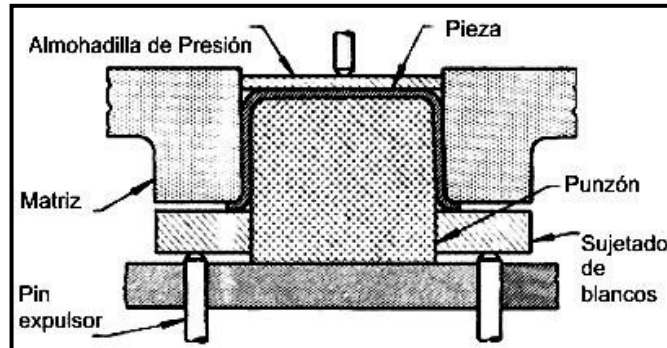
**Ilustración 71 “Matriz de doble acción, tipo directa”** <sup>129</sup>

La siguiente ilustración muestra un tipo de matriz invertida de doble efecto, que se usa en prensas de acción simple. En este diseño, el punzón está montado en la zapata inferior; la matriz en la zapata superior. Una matriz de cojín puede reemplazar la fuerza del sujetador del modelo, o resortes, o cilindros de aire o hidráulicos están incorporados en la matriz para suplir la fuerza necesaria del sujetador del modelo.

Edición, Tercera Impresión (Noviembre 1998), United States Of America: Editorial ASM International ISBN 0-87170-007-7 (v. 1), p 1271, fig 4a.

129 ASM International Handbook Committee , *Introduction to Workability*, .... Op. cit. p 1271, fig 4b.

La copa embutida es removida de la matriz en la carrera de ascenso del apisonador, cuando la extensión del expulsor del agujero ciego golpea una barra hueca estacionaria adjunta a la armadura de la prensa.

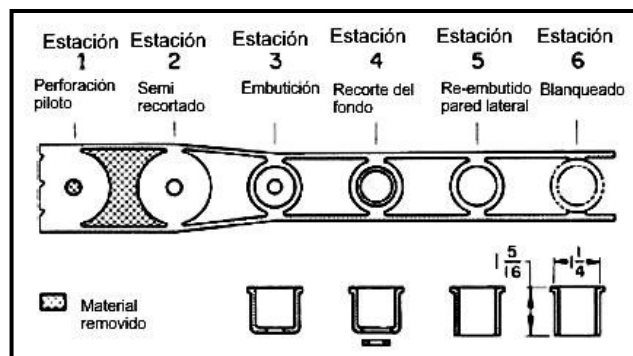


**Ilustración 72** “Matriz de doble acción, tipo inversa” <sup>130</sup>

### Matrices progresivas

El costo inicial y la longitud de cama normalmente necesarias para los troqueles progresivos limitan su aplicación a piezas trabajadas relativamente pequeñas. La figura siguiente muestra una típica pieza con progresión de seis estaciones para piezas trabajadas como cáscaras en una base de fabricación en serie.

Sin embargo, las partes más grandes, como las cubiertas para los faros de los automotores, han sido embutidas en troqueles progresivos.



**Ilustración 73** “Producción de un pequeño regatón en una matriz progresiva de seis estaciones. Las dimensiones se dan en pulgadas.” <sup>131</sup>

<sup>130</sup> ASM International Handbook Committee , *Introduction to Workability*, .... Op. cit. p 1271, fig 4c.

<sup>131</sup> ASM International Handbook Committee , *Introduction to Workability*, .... Op. cit.), p 1272, fig 5.

El número total de partes que pueden ser producidas y la tasa de producción a menudo determinan si se utilizará o no una matriz progresiva, cuando se requiera de dos o más operaciones.

Hay, sin embargo un poco de consideraciones prácticas que pueden regir contra una matriz progresiva, in tener en cuenta la cantidad:

- La pieza trabajada debe permanecer unida al armazón de chatarra hasta la estación final sin impedir las operaciones de embutido.
- Las operaciones de embutido deben ser completadas antes de llegar a la estación final.
- En embutido profundo, a veces es difícil mover la pieza trabajada a la próxima estación.
- Si el embutido es relativamente profundo, el desmontaje a menudo es un problema.
- La longitud de golpe de la prensa debe ser mayor a dos veces la profundidad de embutido.

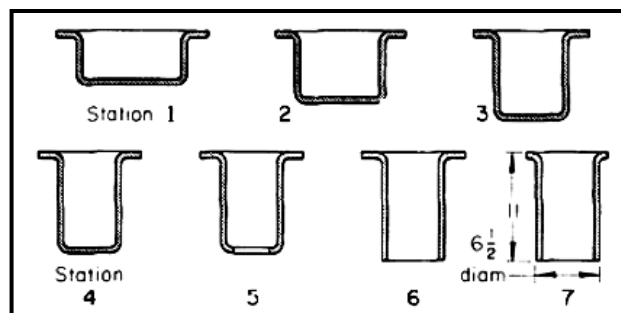
Asumiendo que una matriz progresiva puede usarse para hacer aceptables las partes embutidas, el costo de la pieza usualmente es la consideración final. Una matriz progresiva de embutición generalmente se considera económica si los ahorros en material y trabajo pueden pagar la matriz en 1 año. Ordinariamente, los ahorros logrados por el uso de una matriz progresiva son el resultado de la disminución de trabajo.

### Matrices múltiples

A menudo se usan matrices múltiples, junto con mecanismos de transferencia, en lugar de los troqueles progresivos para la producción en masa de partes más grandes. Las matrices múltiples y los mecanismos de transferencia son prácticos para un rango de piezas trabajadas más anchas que en los troqueles progresivos.

Aunque el método de transferencia tipo ojal es el más ampliamente usado para hacer partes menores de 25 mm (1in.) de diámetro, los troqueles de transferencia son prácticos para piezas trabajadas mucho más largas. La siguiente figura muestra la operación de una matriz de 7 estaciones para hacer un bocín cilíndrico de (6 ½") de diámetro exterior, representa una secuencia típica para el método de transferencia de la matriz.

La pieza de trabajo se transfiere mecánicamente, de una matriz a la otra. Una ventaja del método de transferencia de matriz, a diferencia del método de troquel progresivo, es la mayor flexibilidad permitida en el procedimiento de procesamiento, principalmente porque en los troqueles de transferencia la pieza no permanece unida al esqueleto de armazón durante el conformado. Debido a esto, los modelos pre-cortados pueden ser embutidos por el método de transferencia.



**Ilustración 74** “Siete estaciones de embutición y perforación de una pieza cilíndrica en una matriz múltiple con mecanismo de transferencia. Las dimensiones se dan en pulgadas”<sup>132</sup>

Secuencia de operaciones: 1- Copa, 2- Embutido progresivo, 3-Embutido progresivo, 4-Embutido progresivo, 5-Perforación en el fondo, 6- Alargamiento del fondo, 7-recorte de flancos.

Las preformas también pueden ser usadas como modelo. Por ejemplo, recipientes de aceite para automóviles son cortados y parcialmente embutidos en un troquel compuesto, luego la forma final, perforado, y recortado por el método de transferencia.

<sup>132</sup> ASM International Handbook Committee , *Introduction to Workability*, .... Óp. cit. p 1273, fig. 6

Los troqueles para producir una parte dada usualmente cuestan más por el método de troquel de transferencia que en operaciones de troqueles separados, pero aproximadamente el mismo como una operación de troquel progresivo. El costo de adaptar la unidad de transferencia no se incluye en el costo de la matriz.

De forma similar el promedio de producción por el método de transferencia es usualmente mayor que un troquel de operación simple, pero 10 a 25 % menos que la embutición en un troquel progresivo.

### *Fuerza teórica de deformación*

Para diseñar y dimensionar el tipo de matriz o troquel que se ha de emplear, se requiere conocer la fuerza mínima teórica que se debe aplicar sobre el material para producir su deformación y se calcula para cada fase de embutición o cada punzón que ha de aplicarse al material.

El cálculo se compone de 11 pasos independientemente al tipo de matriz o troquel así como el material o número de fases que se debe ejecutar sobre el material para alcanzar la forma y dimensiones deseadas

### Cálculo del radio Inicial $R_0$

Partimos de obtener el diámetro del desarrollo de la chapa se hace para determinar las dimensiones que debe tener el disco o la lámina previa a ser embutida.

Hay diversas formas de obtener el desarrollo de una pieza para ser embutida; el método más empleado para obtener el desarrollo de una pieza a ser embutida es por medio de tablas; en el Anexo digital 7.1 se tiene las formas geométricas básicas de embutición; mientras en el Anexo digital 7.2 y el Anexo digital 7.3 se tiene las formas combinadas a partir de las formas geométricas básicas; en los tres anexos cada figura tiene su fórmula correspondiente.

Una vez obtenida la dimensión de la chapa del disco se determina el radio inicial de embutición que es igual a la mitad del desarrollo de la chapa de embutir.

### Fases de embutición

La mayoría de las piezas se pueden embutir en una sola operación, la determinación del número de operaciones así como las dimensiones correspondiente de los punzones se puede realizar por diversos métodos, empleando ecuaciones o empleando nomogramas.

Por medio de ambos métodos se obtienen las aproximaciones del número de fases y las dimensiones de sus respectivos diámetros; en ambos métodos se consideran a los objetos a embutir de formas cilíndricas completas o parciales; no se analizan a los objetos de formas rectangulares.

Para emplear los dos métodos se debe obtener primero determinar las dimensiones que ha de tener el desarrollo de la chapa.

### Determinación de fases de embutición

La determinación de las fases de embutición se puede hacer por tres formas básicas, aunque para piezas de formas cónicas, semiesféricas o parabólicas la experiencia y la experimentación es determinante para la aproximación de las fases o sucesiones de embutición que debe realizarse sobre la chapa para ser embutida.

### Determinación de las fases de embutición por medio de ecuaciones

En este método para determinar las fases de embutición se parte por considerar primero la profundidad de embutición. Este factor se denominará  $\epsilon$ .

- a) En piezas de dimensiones pequeñas se toma la relación de  $\frac{1}{2}$  del diámetro del punzón

- b) En las piezas grandes cuando la relación máxima de 1/3 del diámetro del punzón,

Si se superan estos límites la embutición se debe hacer en dos o más etapas.

El número de fases se obtendrá empleando la siguiente ecuación.

$$n = \frac{h}{\varepsilon * d} = \frac{m * d}{\varepsilon * d} = \frac{m}{\varepsilon}$$

**Ecuación 41 “Obtención del número de operaciones de embutido”<sup>133</sup>**

Donde

$m$  = Número del diámetro.

$n$  = Número de operaciones

$d$  = Diámetro medio del recipiente

$\varepsilon = 1/2$  Para piezas de pequeñas dimensiones;  $1/3$  para piezas de grandes dimensiones.

Se considera piezas pequeñas cuando la profundidad de embutición llega hasta la mitad del diámetro de la objeto.

$h$  = altura de embutición (profundidad)

Con la dimensión del diámetro de la chapa y el número de fases en que se puede realizar la embutición, se obtiene en función de la ecuación obtenida de los Anexos digitales 7.1, 7.2 y 7.3

---

<sup>133</sup> Instituto Técnico Superior Salesiano Don Bosco, Curso Básico De Matricería, ..., Óp. Cit. p 27, Ec. 2

## Determinación de las fases de embutición por medio de tablas

También puede emplearse tablas de relaciones de embutidos para diversos materiales, como base de cálculo al emplear las relaciones mínimas para cuerpos cilíndricos que son la base. Aunque previamente es necesario aproximar el número de operaciones en relación a los diámetros por lo cual se emplea la siguiente ecuación.

Material	Primera Pasada		Pasadas siguientes
	$\frac{d}{D} = u$	$\frac{h}{d}$	$\frac{d_1}{d} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{d_3}{d_2}$
Chapa de acero de embutir	0,60÷0,65	0,60÷0,65	0,60÷0,65
Chapa de acero para embutidos profundos	0,55÷0,60	0,44÷0,57	0,75÷0,80
Chapa para carrocería	0,52÷0,58	0,49÷0,67	0,75÷0,80
Chapa de Acero Inoxidable	0,50÷0,55	0,57÷0,750	0,80÷0,85
Chapa de aluminio dulce	0,53÷0,60	0,44÷0,65	0,80
Chapa de anticorodal recocida	0,60÷0,70	0,25÷0,44	0,90
Chapa de avional recocida	0,60÷0,70	0,25÷0,44	0,90
Chapa de cobre	0,55÷0,60	0,44÷0,57	0,85
<b>Chapa de Latón</b>	<b>0,50÷0,55</b>	<b>0,57÷0,75</b>	<b>0,75÷0,80</b>
Chapa de cinc	0,65÷0,70	0,25÷0,34	0,85÷0,90
Empleando el sujetador rígido las relaciones de embutido $\frac{d}{D}$ deben aumentarse de 5 al 10% y las relaciones $\frac{h}{d}$ disminuirse en el mismo porcentaje.			

\* Siendo D=diámetro del desarrollo; d=diámetro del objeto; h altura del objeto

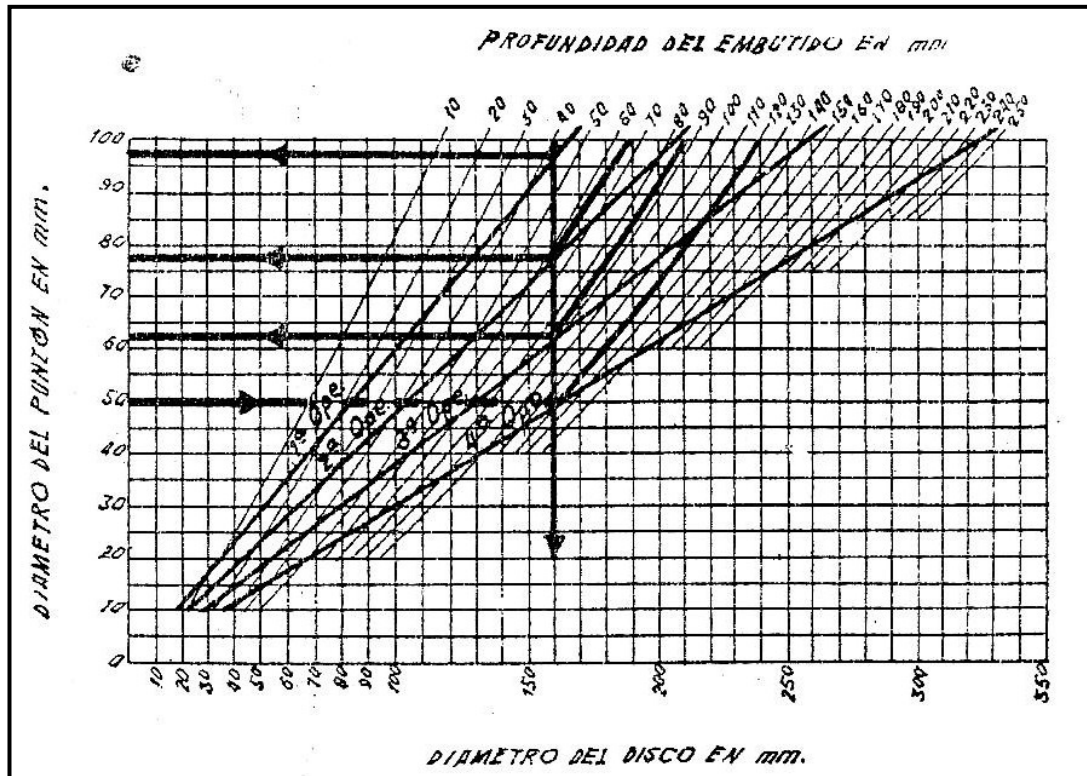
**Tabla 14 “Relaciones de embutido para piezas cilíndricas huecas obtenidas de disco de chapa”,<sup>134</sup>**

<sup>134</sup> Rossi Mario, *Estampado En Frio De La Chapa*, Novena Edición... Óp. Cit. , pág. 106



## Determinación de las fases de embutición por medio del nomograma

Para determinar las fases de embutición existen varios nomogramas, uno de ellos como se muestra en la siguiente ilustración.



**Ilustración 75 “Nomograma para la determinación del número de operaciones y las dimensiones de las mismas, conocido el diámetro y la altura del vaso deseado”<sup>135</sup>**

El nomograma se emplea trazando una vertical en la dimensión del diámetro del disco (desarrollo de la chapa) desde la parte superior hasta hacer corte con la línea horizontal del diámetro del punzón o diámetro final de embutición. Hasta cortar con la dimensión del diámetro del punzón, la vertical corta varias líneas inclinadas, las líneas inclinadas más gruesas representan el número de fases que se debe realizar, en cada punto de corte se traza una horizontal que marca el diámetro del punzón que debe emplearse; en el mismo punto de corte con la inclinada se traza una línea paralela a las líneas inclinadas menos gruesas, éstas líneas muestran en la escala de la parte superior la profundidad máxima que alcanza el punzón.

<sup>135</sup> López Navarro Tomás, *Troquelado Y Estampación*,... Óp. Cit. pág.138, fig. 183.

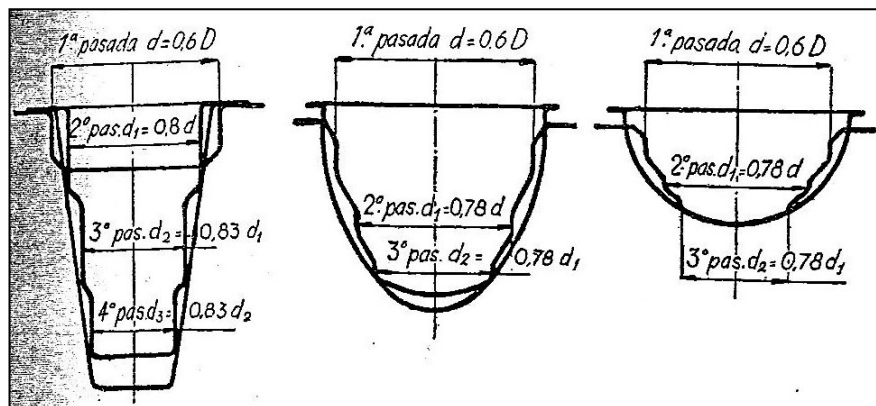
Este nomograma se emplea para la fabricación de objetos cilíndricos.

Determinación de las fases de embutición por medio de las normas para objetos de formas rectangulares, cónicas, parabólicas y semiesféricas

No se emplea lo descrito a continuación como una norma propiamente, se considera como una sugerencia aproximada por “Mario Rossi” para la fabricación de objetos que no poseen formas cilíndricas, no se puede aplicar fórmulas, ecuaciones o nomogramas; en su lugar se emplean relaciones proporcionales como base para la determinación de las fases de embutición; adicionalmente en éstas relaciones no se considera exactamente la profundidad de embutición.

*“Sólo con una larga experiencia se puede definir la serie de transformaciones, o bien la metamorfosis que debe experimentar un objeto antes alcanzar su forma definitiva”* <sup>136</sup>

Una guía de referencia para dimensionar las fases de embutición puede ser:



**Ilustración 76 “Transformaciones preliminares del embutido para obtener piezas de forma cónica, parabólica y semiesférica:  $d$ ,  $d_1$  y  $d_2$  diámetros logrados por la pieza;  $D$ , diámetro del disco de chapa”** <sup>137</sup>

<sup>136</sup> Rossi Mario, *Estampado En Frio De La Chapa*, Novena Edición, Primera Impresión, 1971, Barcelona España, Editorial Científico Médica, ISBN 39.358-1970, p 111, literal 34. Normas para el embutido de objetos cónicos, parabólicos y semiesféricos

<sup>137</sup> *Ibid.*

Estas relaciones para piezas cilíndricas pueden emplearse como guía para el diseño de objetos cónicos.

#### Designación de la carrera del punzón

El designar la carrera del punzón tiene por objeto encontrar el desarrollo de la chapa en cualquier instante de empuje del punzón (profundidad del embutido), en caso de realizar en varias fases se hace para cada punzón; considerando la geometría que tiene el punzón en cada fase; partiendo de las dimensiones del desarrollo inicial de la pieza a embutir, esta designación se emplea tanto para objetos cilíndricos, como para objetos compuestos de formas cilíndricas.

#### Determinación de radio R del desarrollo durante la embutición

Una vez determinado el número de operaciones requeridas y la altura correspondiente para cada fase; debemos obtener la deformación que sufre el objeto en cada fase para determinar la fuerza requerida para cada una.

Para determinar la deformación hay que determinar el radio del desarrollo que posee el objeto una vez concluida cada fase de embutición. A este radio se denomina radio R o radio del borde exterior de la chapa.

Se determina el radio R de deformación mediante la sustitución de la altura correspondiente a cada fase en la ecuación de obtención del desarrollo del disco.

#### Cálculo de la deformación $\varphi_R$

La deformación  $\varphi_R$  es la deformación medida en el borde exterior de radio R de la chapa, esta nos sirve para verificar el comportamiento de la chapa durante cada fase de la embutición, para continuar la deformación dentro de la zona plástica del material de acuerdo a su diagrama esfuerzo deformación.

Se emplea la siguiente ecuación:

$$\varphi_R = \ln \frac{R_0}{R}$$

**Ecuación 4.42 “Deformación en el borde exterior del blanco”<sup>138</sup>**

Este resultado debe expresarse en número porcentual.

#### Cálculo de la deformación $\varphi_r$

La deformación  $\varphi_r$  es la deformación medida en el borde interior de radio r (radio del punzón) de la chapa de embutición, esta nos sirve para verificar el comportamiento de la chapa durante cada fase de la embutición, para continuar la deformación dentro de la zona plástica del material de acuerdo a su diagrama esfuerzo deformación.

Se emplea la siguiente ecuación:

$$\varphi_r = \ln \frac{R}{r}$$

**Ecuación 4.43 “Deformación en el borde interior del blanco”<sup>139</sup>**

Este resultado debe expresarse en número porcentual.

#### Determinación de las resistencias a la deformación $R_{d1}$ y $R_{d2}$

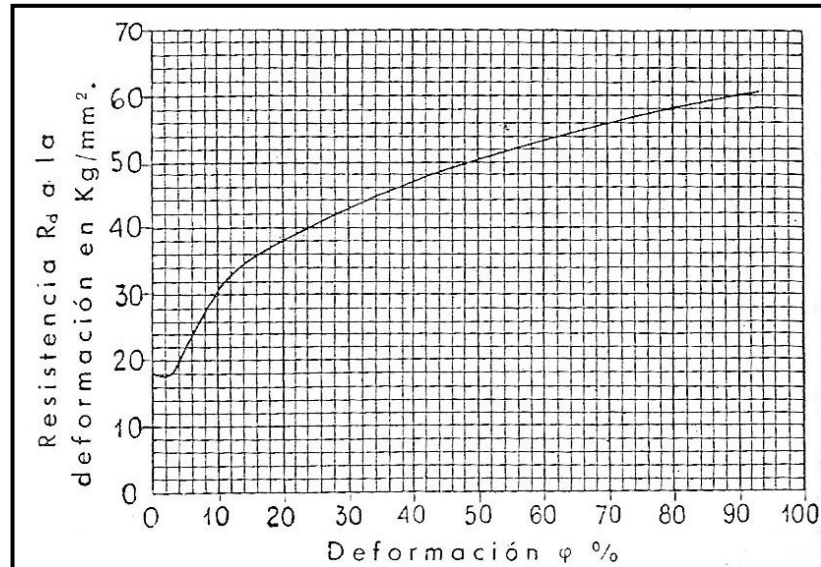
Las resistencias a la deformación  $R_{d1}$  y  $R_{d2}$ , hacen referencia a la resistencia a la deformación que supone el material para la deformación en el borde exterior y en el borde interior de la chapa respectivamente.

---

<sup>138</sup> Rossi Mario, *Estampado En Frío De La Chapa*, Novena Edición, Primera Impresión, 1971, Barcelona España, Editorial Científico Médica, ISBN 39.358-1970, Pág. 93

<sup>139</sup> Rossi Mario, *Estampado En Frío De La Chapa*, Novena Edición, ... Óp. Cit. , Pág. 93

Las resistencias de deformación se determinan en base a la curva de deformación porcentual del material vs resistencia a la deformación del material, como se muestra en la ilustración.



**Ilustración 77 “Diagrama para determinar la resistencia Rd a la deformación en función de φ%”<sup>140</sup>**

La deformación  $\varphi_r$  es la deformación medida en el borde interior de la chapa de embutición, esta nos sirve para verificar el comportamiento de la chapa durante cada fase de la embutición, para continuar la deformación dentro de la zona plástica del material de acuerdo a su diagrama esfuerzo deformación.

Determinación de la media aritmética Rdm de las resistencias a la deformación  $R_{d1}$  y  $R_{d2}$

La media aritmética se emplea para obtener un valor promedio de la resistencia a la deformación del material, empleando la siguiente ecuación:

$$R_{dm} = \frac{R_{d1} + R_{d2}}{2}$$

**Ecuación 44 “Media aritmética de la resistencia a la deformación”<sup>141</sup>**

<sup>140</sup> Rossi Mario, *Estampado En Frio De La Chapa*, Novena Edición, ... Óp. Cit. Pág. 93

<sup>141</sup> Rossi Mario, *Estampado En Frio De La Chapa*, Novena Edición, ... Óp. Cit., pág. 93

### Cálculo de la fuerza de deformación Pd

En este paso se obtiene la fuerza de deformación que se tiene sobre la pieza de acuerdo a la profundidad del punzón; éste cálculo se realiza para cada punzón empleando la siguiente ecuación

$$P_d = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot s \cdot R_{dm} \cdot \ln \frac{R}{r}$$

***Ecuación 45 “Fuerza de deformación”<sup>142</sup>***

Siendo s = espesor de la chapa.

### Control de la tensión $\sigma_r$

Es el valor de la fuerza que se tiene sobre la corona circular de la pieza en cada fase de embutición. Esta tensión se ha de incrementar por concepto del rozamiento que se produce en la chapa al hacer contacto con el punzón y con la matriz. Se emplea la siguiente ecuación

$$\sigma_r = R_{dm} \cdot \ln \frac{R}{r}$$

***Ecuación 46 “Tensión en la corona de la chapa”<sup>143</sup>***

Esta tensión debe ser inferior al valor de la resistencia del material, caso contrario se produce la fractura del material, o el adelgazamiento excesivo del material.

### Fuerza de deformación máxima y la correspondiente tensión máxima.

Para obtener la deformación máxima que debe sufrir el material se debe calcular empleando la siguiente ecuación:

---

<sup>142</sup> Rossi Mario, *Estampado En Frio De La Chapa*, ... Óp. Cit. pág. 93

<sup>143</sup> Rossi Mario, *Estampado En Frio De La Chapa*, Novena Edición, ... Óp. Cit., pág. 94

$$\varphi_R = \ln \frac{R_0}{R_0} = \ln 1 = 0$$

**Ecuación 47 “Deformación máxima en el borde exterior de la chapa” <sup>144</sup>**

El resultado tiende su resultado a 0% de deformación al tratarse del inicio de la operación de embutición. En el caso de ser la siguiente fase, el valor de R se sustituye por el valor del desarrollo de la chapa previo al inicio de la fase de embutición.

Así mismo se debe calcular la siguiente ecuación:

$$\varphi_r = \ln \frac{R_0}{r}$$

**Ecuación 48 “Deformación máxima en el borde interior de la chapa” <sup>145</sup>**

De éstas ecuaciones se obtiene del mismo modo valores porcentuales de deformación, los mismos que se han de emplear para obtener los valores de resistencia a la deformación  $R_{d1} + R_{d2}$ ; del mismo modo se debe obtener el valor de la resistencia media  $R_{dm}$ , con estos valores se aplica la siguiente ecuación

$$P_{dmax} = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot s \cdot R_{dm} \cdot \ln \frac{R_0}{r}$$

**Ecuación 49 “Fuerza máxima de embutición” <sup>146</sup>**

La correspondiente tensión máxima será

$$\sigma_{rmax} = R_{dm} \cdot \ln \frac{R_0}{r}$$

**Ecuación 50 “Control de la tensión máxima” <sup>147</sup>**

<sup>144</sup> Rossi Mario, *Estampado En Frio De La Chapa*, Novena Edición, ... Óp. Cit., Pág. 94

<sup>145</sup> Rossi Mario, *Estampado En Frio De La Chapa*, Novena Edición... Óp. Cit., Pág. 97

<sup>146</sup> Rossi Mario, *Estampado En Frio De La Chapa*, Novena Edición, ..., Óp. Cit. Pág. 94

<sup>147</sup> Rossi Mario, *Estampado En Frio De La Chapa*, Novena Edición, ..., Óp. Cit., Pág. 95

Estos pasos de cálculo se han de emplear para cada una de las fases de embutición que se tenga.

Una vez concluido el cálculo de los elementos se debe realizar los correspondientes cálculos si se ha de emplear o no prensa chapas. Y las fuerzas de conjunto de acuerdo al tipo de molde embutición que se ha de emplear; para el dimensionamiento de elementos complementarios y normalizados; así como la capacidad y tipo de máquina que se ha de emplear.

### *Huelgo de embutición*

El huelgo de embutición denominado también como juego entre punzón y matriz,

*“Como resultado de las pruebas realizadas por Güth, Schmidtke, Von Esser y Arend, el huelgo de embutición idóneo ha de ser igual a 1,4 veces el espesor de la chapa que debe embutirse, pero esta sencilla fórmula sirve solo para un limitado número de casos; por lo general, el huelgo  $u_z$  se calcula partiendo del espesor de la chapa  $s$ , en mm y de un coeficiente  $a$ , según las siguientes fórmulas empíricas”*<sup>148</sup>

$$u_z = s + 0,04 a \sqrt{10 * s}$$

***Ecuación 51 “Huelgo de embutición”***<sup>149</sup>

Siendo

$$a = \beta_{100} * d_p / D$$

$d_p$  = diámetro del punzón

---

<sup>148</sup> Oehler – Kaiser, *Herramientas De Troquelar Estampar y Embutir*, Sexta Edición, 1977, Barcelona España, Editorial Gustavo Gili S.A, pág. 334, literal 9 Huelgo de embutición.

<sup>149</sup> Oehler – Kaiser, *Herramientas De Troquelar Estampar y Embutir*, Sexta Edición, 1977, Barcelona España, Editorial Gustavo Gili S.A, pág. 334, literal 9 Huelgo de embutición.



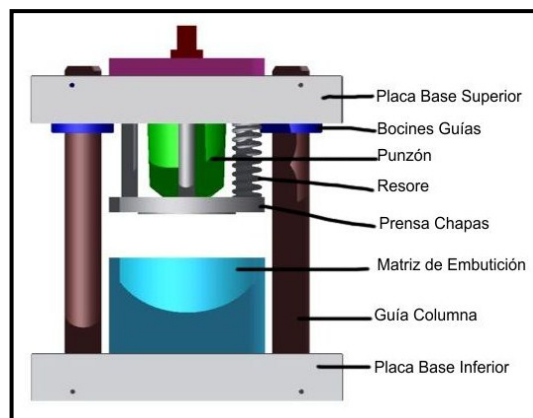
D = diámetro del desarrollo

$\beta_{100}$  = Relación de gradación; se toma el valor del Anexo digital 8

El huelgo de embutición, se puede modificar en casos que se requiera realizar una planchado, al material. Si se desea obtener un mejor acabado superficial,

### *Componentes de una matriz de embutición*

La matriz de embutición posee como se muestra en la siguiente ilustración las partes básicas como son: Una matriz, un punzón, guías columnas, bocines, base superior, base inferior, así como sus correspondiente elementos normalizados como son pernos, tuercas y pasadores, poseen también un prensachapas este último se puede o no emplear en función de los esfuerzos y requerimientos de forma, dimensiones y materiales empleados.



**Ilustración 78 “Esquema de una estampa sencilla de embutir”<sup>150</sup>**

### Matriz

La matriz de embutición se hace en función de los resultados obtenidos de fuerzas, número de operaciones y radios de embutición obtenidos. Al igual que una matriz de corte ha de tener un espesor mínimo para evitar defectos,

<sup>150</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso de Embutición Modelo 406.19*, Quito Ecuador, 2010,

así mismo ha de tener una fijación y alineamiento como se analiza en el ítem 1.3.2.1 Acoplamiento por medio de pernos, tuercas y arandelas, donde se señalan los métodos y formas de dimensionamiento.

En ésta no se considera únicamente el factor de la vida útil, ya que toda la cavidad de la matriz ejecuta el trabajo.

### Punzón

El punzón o punzones de embutición se hacen en función de los resultados obtenidos de fuerzas, número de operaciones y radios de embutición obtenidos. Al igual que el punzón de corte ha de tener un espesor mínimo para evitar defectos, así mismo ha de tener una fijación y alineamiento como se analiza en el ítem 1.3.2.1 Acoplamiento por medio de pernos, tuercas y arandelas, donde se señalan los métodos y formas de dimensionamiento.

Al igual que la matriz no se considera la vida útil.

### Prensachapas

El prensachapas es un elemento que se debe soportar una fuerza de compresión acorde a la siguiente ecuación.

$$p_n = c \left[ (\beta - 1)^2 + 0,5 \frac{d}{100s} \right] \cdot \sigma_B$$

***Ecuación 52 “Presión necesaria para el prensachapas”<sup>151</sup>***

Siendo:

$\beta$  = relación D/d antes de iniciar la deformación

$\sigma_B$  = resistencia en kg/mm<sup>2</sup> de la chapa

c = coeficiente comprendido entre 0,2 y 0,3

---

151 Oehler – Kaiser, *Herramientas De Troquelar Estampar y Embutir*, Sexta Edición, ..., Óp. Cit. pág. 338, Ec. 79

s= espesor de la chapa.

La fuerza que se muestra debe ser distribuida de forma uniforme, para ello se emplean elementos como muelles y resortes; el prensachapas para el dimensionamiento del prensachapas se hace en función de este esfuerzo calculado, debe poseer un acabado N5 o N4 en la superficie de contacto con el material para evitar el refrenado del material

El prensachapas también se puede emplear como un expulsor para el punzón; puede al igual que las matrices de corte ir acoplado a la matriz o al punzón dependiendo del criterio del diseñador, en cuyo caso se ha de añadir esta fuerza para el diseño del elemento.

### Fuerza del pisón

La fuerza que debe proporcionar se obtiene en función a la ecuación anterior y la ecuación que se muestra a continuación

$$P_n = p_n \cdot \frac{\pi}{4} \cdot [D^2 - (d_m + 2r)^2] [kp]$$

***Ecuación 53 “Fuerza del pisón”<sup>152</sup>***

Siendo:

$P_n$  = Presión del necesaria del prensachapas

D diámetro del blanco

$d_m$  = diámetro del aro de embutición

r= radio de embutición

La fuerza del pisón, no es constante, debe ser variable, disminuir proporcionalmente en función de la disminución del área de aplicación de la

---

152 Oehler – Kaiser, Herramientas De Troquelar Estampar y Embutir, Sexta Edición, ..., Óp. Cit. pág. 338, Ec. 80

fuerza para evitar defectos de embutición producidos provocados por una errónea fuerza proporcionada por el prensachapas.

### Armazones

Se emplean el mismo principio de los troqueles de corte para su dimensionamiento y selección en función a elementos normalizados.

### Expulsores y extractores

En el troquel de embutición también se emplea expulsos y extractores, el expulsor en la cavidad de la matriz y el extractor en el punzón. Como en un troquel de corte, se hacen de materiales duros sin necesidad de ser templados, se debe cementar, la sección o superficie que hace contacto con el material y los elementos como punzón o matriz debe tener un acabado de rectificado. Hay expulsos como parte de los armazones normalizados.

Se puede emplear otros diseños de expulsos y extractores, según se requiera se puede disponer de extractores y expulsos que vayan dispuestos en la matriz o en el punzón y cumplan una función adicional.

### **Las prensas para embutición**

Las prensas son máquinas empleadas para la realización de trabajos en chapa u hojas metálicas, en la embutición es indispensable ya que éstas proporcionan la fuerza al punzón o punzones para obligar a la chapa a introducirse en la cavidad o cavidades de la matriz. En dependencia del tipo de energía que le es proporcionada pueden ser de dos tipos prensas mecánicas o prensas hidráulicas; a partir de esta división las podemos clasificar por su fuerza desarrollada, tipo y número de lados de acción, método de actuación del carnero, tipo de estructura pos principales. El rango completo de estas características no se aplica a todos los tipos de prensas.

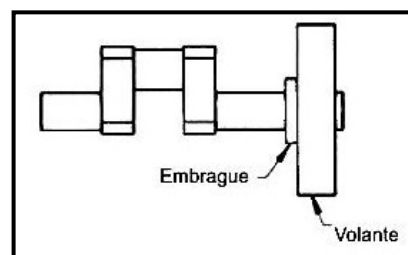
## ***Prensas Mecánicas***

En la mayoría de las prensas mecánicas, un volante es la mejor fuente de energía que es aplicada a los dispositivos por cigüeñales, engranajes, excéntricas o enganches durante la parte del trabajo en el golpe. El volante corre continuamente y es enganchada por el embrague sólo cuando se necesita el golpe de presión. En algunas prensas grandes, la transmisión del motor está conectada directamente al árbol de la prensa, eliminando así la necesidad de un volante y un embrague.

Se usan dos tipos básicos de transmisión para transmitir la fuerza de rotación del volante al árbol principal de la prensa, con engranes y sin engranes.

### ***Prensas mecánicas con sistemas sin engranes***

Los sistemas sin engranes, se le conoce también como sistemas de volante, en estos sistemas el volante se encuentra en el árbol principal como se muestra en la siguiente ilustración, y su velocidad en revoluciones por minuto controla la velocidad del carnero. Generalmente la velocidad de la prensa con este tipo de sistema es elevada, con un rango de 60 a 1000 golpes por minuto. El árbol principal puede tener un cigüeñal como se muestra en la siguiente ilustración o una excéntrica.



***Ilustración 79 “Sistema desengranado (o sistema de volante)”<sup>153</sup>***

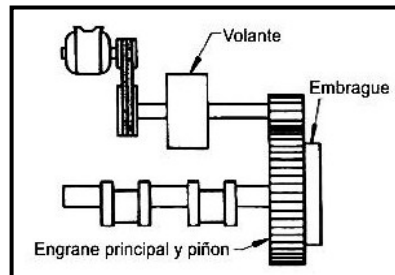
La energía guardada en el volante puede ser suficiente para que la reducción de la velocidad en el volante no sea mayor que el 10% en cada golpe de la prensa. Si la energía en el volante no es suficiente para

<sup>153</sup> ASM International Handbook Committee , Introduction to Workability.... Op- Cit., p. 1076 fig. 2 literal a

conservar este mínimo en la reducción de velocidad, un sistema de prensa de engranajes puede ser usado.

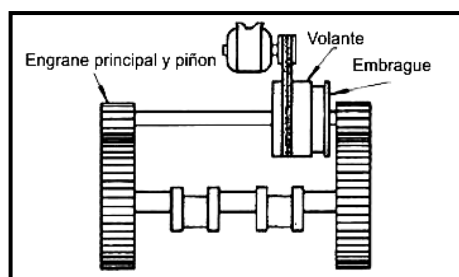
### *Prensas mecánicas con sistemas con engranes*

Los sistemas con engranajes como se muestra en la siguiente ilustración tienen un volante en un árbol auxiliar que controla el árbol principal a través de una o más reducciones de engranajes.



**Ilustración 80 "Reducción simple, sistema de engranes simples, embrague en piñón"<sup>154</sup>**

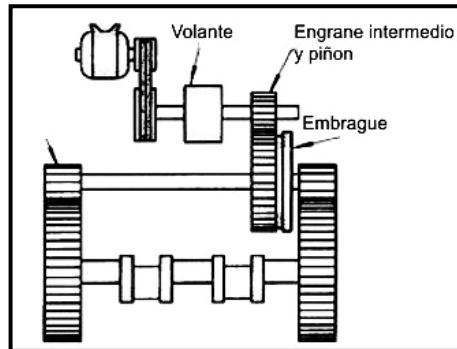
Se usan reducciones de engranajes simples o múltiples dependiendo del tamaño y requisitos de tonelaje. En las prensas controladas por engranes, hay más energía del volante disponible para hacer el trabajo que en las prensas sin engranes, porque la velocidad del volante es mayor que la del árbol principal. El árbol del volante de una prensa con sistema de engranajes se conecta a menudo al árbol principal en ambos fines como se muestra en la siguiente ilustración. El cual resulta un sistema más eficiente.



**Ilustración 81 "Reducción simple sistema de engranajes gemelos; embrague en sistema del árbol."<sup>155</sup>**

<sup>154</sup> ASM International Handbook Committee , *Introduction to Workability...*, Op. Cit. pág. 1076 fig. 2 literal b)

Un sistema de reducción simple de engranajes puede desarrollar velocidades de 30 a 100 golpes por minuto. La velocidad de un sistema de reducción múltiple gemelo como se muestra en la siguiente ilustración es usualmente de 10 a 30 golpes por minuto, la cual proporciona una presión excepcionalmente firme.



**Ilustración 82 “Reducción múltiple, sistema de engranajes gemelos; embrague en árbol intermedio”<sup>156</sup>**

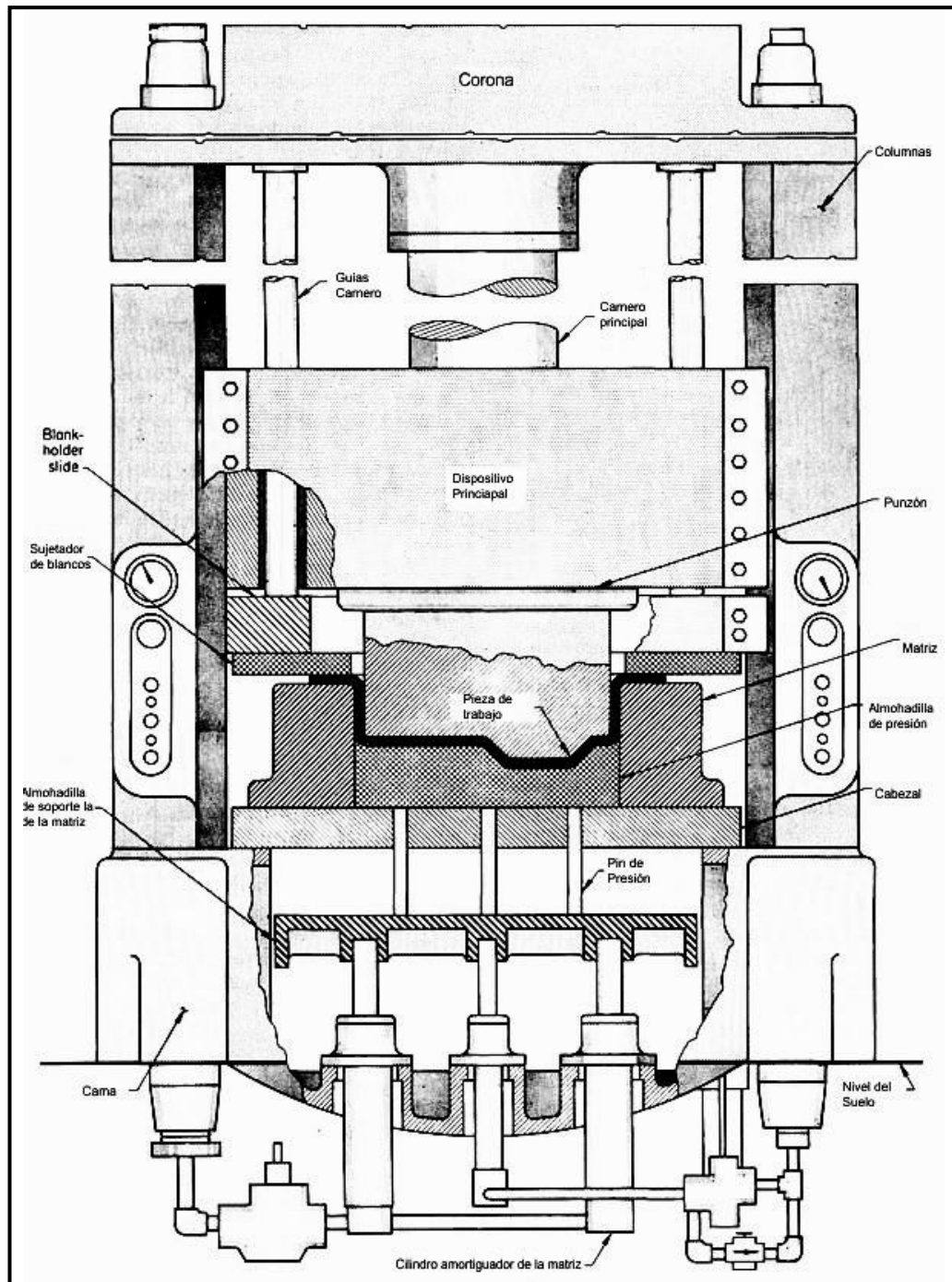
### **Prensas hidráulicas**

La presión hidrostática contra uno o más pistones mantiene la energía de una prensa hidráulica. La gran parte de las prensas hidráulicas tienen un volumen variable, una presión variable, una bomba de pistón concéntrico le proporciona una rápida velocidad de cierre y apertura del dispositivo; los componentes principales de una prensa hidráulica se muestran la siguiente ilustración.

---

<sup>155</sup> Ibid. p 1076, literal d

<sup>156</sup> Ibid. p 1076, literal e



**Ilustración 83** “Componentes principales de una prensa hidráulica de doble acción con una matriz de almohadilla”<sup>157</sup>

La capacidad de una prensa hidráulica depende del diámetro de los pistones hidráulicos y del rango máximo de presión, y por último siendo una función de la presión de la bomba y los mecanismos relacionados.

<sup>157</sup> *Ibid.* p 1077.



Se han construido prensas hidráulicas con capacidades de hasta 445 MN, pero la mayoría tiene una capacidad menor a los 133 MN. Las prensas hidráulicas más comunes se encuentran en el rango de los 900 kN a los 9MN.

Debido a su construcción las prensas hidráulicas pueden ser diseñadas personalizadas a un bajo costo. Ellas pueden ser diseñadas con un número de dispositivos y movimientos, o circuitos hidráulicos separados pueden ser usados para varias acciones independientes. Adicionalmente la acción lateral puede proporcionarse dentro del marco de la prensa por medio de cilindros separados. Así como la acción lateral en una prensa mecánica es usualmente proporcionada por levas es complejo y costoso

### **Selección de las prensas**

Una selección adecuada de la prensa es esencial para una operación exitosa y económica. La compra de una prensa representa una inversión sustancial de capital, y la recuperación de la inversión depende en que tan bien realice el trabajo la prensa. No existe una prensa de propósito general que pueda proporcionar una productividad máxima y económica para todas las aplicaciones. Generalmente debe hacer compromisos para permitir emplear una prensa para más de un trabajo. Debe realizarse una consideración cuidadosa a ambos requerimientos de producción al presente y al futuro.

### ***Factores en la selección de la prensa***

Los factores de selección de las prensas para embutición son las fuerzas requeridas en la embutición, el tamaño y disposición de la matriz y longitud de golpe o profundidad del embutido, son las consideraciones más importantes en la selección de una prensa para embutido profundo. La condición del cigüeñal, los acoples de apoyo, y cuñas son también un factor en la selección de una prensa.

### *Fuerza de Embutición*

La fuerza de embutición requerida, así como su variación en el golpe del punzón, puede calcularse por medio de ecuaciones basadas en la teoría de plasticidad o de las ecuaciones empíricas.

La máxima fuerza de embutición  $F_{dmax}$  requerida para formar una copa redonda puede ser expresada por la siguiente expresión empírica:

$$F_{dmax} = n\pi dtS_u$$

***Ecuación 4.54 “Fuerza de embutición máxima de una prensa”<sup>158</sup>***

Donde  $s_u$  es el esfuerzo de tensión del material de modelo (en PSI o MPa),  $d$  es el diámetro del punzón (en pulgadas o milímetros),  $t$  es el espesor de la plancha (en pulgadas o milímetros) y  $n = \sigma_D/S_u$ , la relación entre la tensión de embutido con el esfuerzo de tensión de material de trabajo. La ecuación anterior muestra el esfuerzo de cedencia  $F_{dmax}$  en libras o kilo Nétwones, dependiendo de las otras unidades utilizadas.

La fuerza de embutición requerida puede estimarse para formar una cubierta redondeada se puede estimar empleando la siguiente ilustración. El nomograma mostrado en la siguiente ilustración se basa en, primero, un embutido libre con la suficiente separación para que no exista el planchado, segundo, una reducción aproximada máxima de 50% (nótese también que solo se usan unidades inglesas de medida). La ilustración siguiente muestra la carga requerida para fracturar la copa o el esfuerzo de tensión de la pieza de trabajo cerca del fondo de la carcasa.

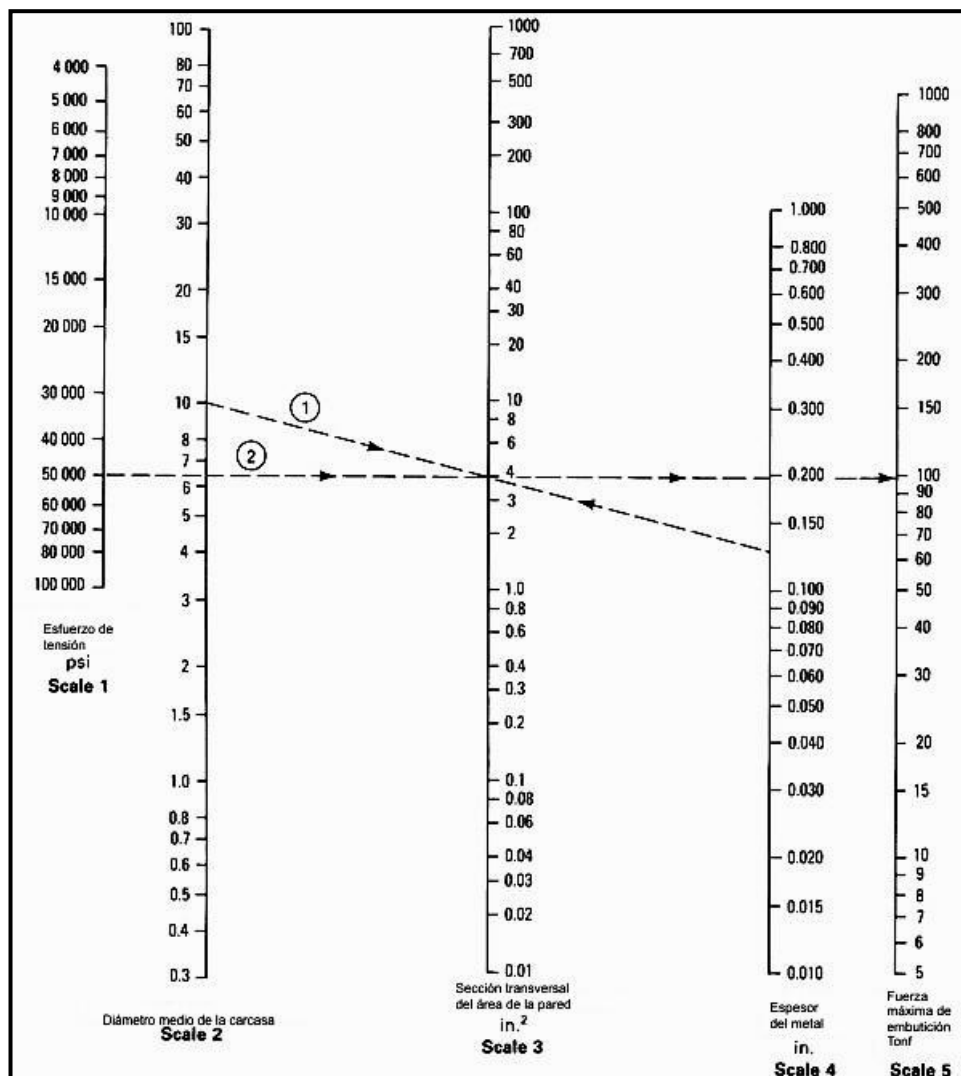
Un ejemplo de su uso es la determinación de la fuerza requerida para la embutición profunda de una plancha de acero de 0.125 in. Con una resistencia a la tensión de 50000 PSI hacia una carcasa de 10 in de diámetro:

---

158 ASM International Handbook Committee , *Introduction to Workability...* Op. Cit. p 1268; Ec 6.

- Empleando la línea 1, conectar el punto 10 con el punto 0.125 en la escala 4
- La línea uno hace intersección con la escala 3 en 4.0, con una sección de área aproximada (in.2) de pared de carcasa.
- Conectar este punto usando la línea 2 al punto 50000 sobre la escala 1

Proyectar una línea hacia la derecha hace intersección con la escala 5 a 98 toneladas, que es la fuerza de embutición requerida.



**Ilustración 84 “Nomograma usado para estimar la fuerza de embutido necesaria basada en varios parámetros”<sup>159</sup>**

159 ASM International Handbook Committee , *Introduction to Workability...* Óp. Cit. pág. 1269, fig. 3.

En las prensas de embutición basculares, la fuerza del sujetador del modelo se toma sobre los apoyos basculadores en el armazón de la prensa, para que los apoyos del cigüeñal sostengan solo la carga de embutición.

En otros tipos de prensas, la carga de embutición y la carga de sujeción del modelo están sobre el cigüeñal, y las separaciones se hacen cuando se calcula la capacidad de la prensa. Para trabajo de redondeo, las separaciones para el sujetador del modelo deben ser de 30 a 40% de la fuerza de embutición. Para trabajos rectangulares largos, la fuerza de embutición es relativamente menor que en el trabajo de redondeo, pero la fuerza de sujeción del modelo puede ser igual a la fuerza de embutición. Donde está involucrado el estiramiento y el modelo debe ser sujetado herméticamente alrededor del borde y un talón de embutición no está permitido, la fuerza de sujeción del modelo puede ser dos o tres veces mayor que la fuerza de embutición.

#### *El tamaño del modelo*

Regula el tamaño de la superficie del sujetador del modelo. Algunas prensas con la fuerza suficiente no pueden ser consideradas para embutición profunda, porque el tamaño de la cama y la altura de cierre son inadecuados.

#### *Profundidad del embutido*

La longitud del golpe y la fuerza requerida al inicio de la distribución del trabajo del golpe son dos consideraciones importantes. Las partes que tienen paredes rectas pueden a menudo ser embutidas por medio de la cavidad del molde y pueden quitarse del punzón y expulsarse del fondo de la prensa. Incluso bajo estas condiciones ideales, el golpe mínimo será igual a la suma de longitudes de la pieza embutida, el radio de la matriz de embutición, el espesor accionado, y la profundidad de la matriz hasta el punto de expulsión, además de algún juego para colocar el modelo en la matriz.

Las piezas trabajadas con pestañas o paredes estrechadas deben removerse de la parte superior de la matriz. En el embutido de estas piezas, el golpe mínimo de esta prensa es el doble de la longitud de la pieza embutida, más la holgura para cargar la matriz. En una operación automática usando matrices progresivas o mecanismos de transferencia, por lo menos medio golpe debe reservarse para la alimentación del golpe, porque la herramienta debe estampar la parte antes de comenzar la alimentación para el siguiente golpe. Para operaciones automáticas, una práctica común es permitir un golpe de prensa de cuatro veces la longitud de la pieza embutida. Por tanto, algunos equipos no satisfacen el funcionamiento automático, o es necesario usar alimentación manual con un descargador automático, o reciprocante, debido a una escases de prensas convenientes.

La velocidad de carrera. Cuando seleccionamos una prensa, también es necesario verificar la velocidad de carrera a través de una porción activa del *golpe*.

#### *Medios de sujeción del modelo*

Se prefiere las prensas de doble acción con punzón transversal y un sujetador transversal para el embutido profundo. Se pueden usar las prensas de simple efecto con matrices de cojín (neumático o hidráulico), pero son menos convenientes para embutir piezas complejas. Se incorporan rebordes de embutición en el sujetador del modelo para partes embutidas que requieran mayor retención de flujo del material que el que se puede obtener empleando un sujetar plano del modelo o para desviar el flujo del metal dentro o fuera de las áreas específicas de la parte.

#### *Selección versus disponibilidad*

El equipo de prensa ideal para un trabajo específico no está disponible a menudo; esto hace necesario diseñar herramientas, elegir formas de producto para metales de trabajo de acuerdo a disponibilidad de prensas y equipo suplementario. Por ejemplo, si se tienen disponibles prensas que no

son adecuadas para embutir grandes piezas de trabajo, la secuencia de manufactura debe ser completamente cambiada. Puede ser necesario embutir dos secciones y soldarlas juntas.

Por otra parte, algunos fabricantes han puesto más de una matriz simple pequeña en una prensa simple debido a la disponibilidad de una prensa más grande y la escases de prensas más pequeñas. Este procedimiento puede causar disminución de producción porque todos los troquelados deben posicionarse antes que la prensa sea operada. Sin embargo el almacenaje de las partes parcialmente trabajadas y el manejo adicional entre las operaciones de prensado se elimina. Donde usan varios troqueles pequeños para reducir el costo global de la herramienta, hay justificación económica para usar prensas de menor capacidad. Si las prensas pequeñas no están disponibles, es más barato usar los troqueles compuestos. Esto es aceptable si la producción global de la parte es probable que exceda las estimaciones originales.

La disponibilidad del equipamiento auxiliar también puede influir en el tipo de prensa y herramientas empleadas. Por ejemplo, si el equipo está disponible para manejar rollos los planos se harán de acuerdo a él.

Sin embargo, si el equipamiento para manejar rollos no está disponible y deben ser procesadas longitudes rectas de hojas o cintas, debe usarse un procedimiento de estampación compatible, aunque no podría ser el procedimiento más barato.

## **CAPÍTULO 2.- DISEÑO DE LA MATRICERIA**

La roseta cubre agujero, pieza denominada 406.19, se hace por medio de los siguientes procedimientos que se describen a continuación:

- Troquelado por punzón y matriz
- Troquelado por matriz de embutición
- Troquelado por punzón y matriz

El diseño se hace a partir del procedimiento de embutición, ya que de él se obtienen las dimensiones iniciales requeridas del material.

### **1 Matriz de embutición**

Para el diseño de la matriz se tienen requerimientos iniciales de diseño. A partir de los requerimientos de diseño, el dimensionamiento y selección de componentes se hacen en función de tablas, normas y catálogos a partir de los cuales se seleccionan elementos y componentes los cuales han sido diseñados y probados.

#### **1.1 Requerimientos de diseño**

Los requerimientos de diseño poseen consideraciones iniciales.

##### **1.1.1 Consideraciones generales de diseño**

- a. El método de diseño sobre el cual se parte es considerar un sistema idealizado de deformación del material.
- b. La deformación y la determinación de los esfuerzos en cálculo se hace a partir del eje neutro del material se considera en la mitad exacta del espesor de la chapa, lo cual compensa de forma idealizada el comportamiento de las fibras del material en el cual simultáneamente en una misma sección si las fibras ubicadas sobre el eje neutro del material se encuentran sometidas a esfuerzos de compresión; las fibras ubicadas

bajo el eje neutro se encuentran sometidas a esfuerzos de tracción, considerando como los esfuerzos de tracción y de compresión iguales.

- c. A partir de la consideración anterior se tiene la siguiente consideración implícita, si los esfuerzos se aplican sobre secciones idénticas y poseen magnitudes iguales, la deformación del material se hace de forma homogénea y conserva el espesor constante del material a lo largo de toda la pieza.

### **1.1.2 Fuerza teórica de embutición.**

Adicionalmente a las consideraciones anteriores para determinar la fuerza teórica de embutición se parte del conocimiento de los siguientes datos.

- Geometría del modelo o pieza.
  - Los diferentes cuerpos u objetos de formas geométricas conocidas que conforman el modelo; para facilitar su estudio.
- Dimensiones del modelo a embutir
  - Las dimensiones que debe poseer el modelo en todas sus secciones, longitudes, diámetros, alturas, radios y espesores; con sus correspondientes tolerancias, de dimensión así como de posición. Los respectivos acabados superficiales. Han de ser tomados a partir del eje neutro de las dimensiones de la pieza.
  - Las superficies principales, o las que se desea cuidar su apariencia y acabados.
- Material del modelo
  - El tipo del material es básico para determinar su comportamiento con los determinados esfuerzos. Así también se pueden comparar



varios tipos de materiales en función a su tipo para obtener un mismo modelo cuando las circunstancias lo ameriten.

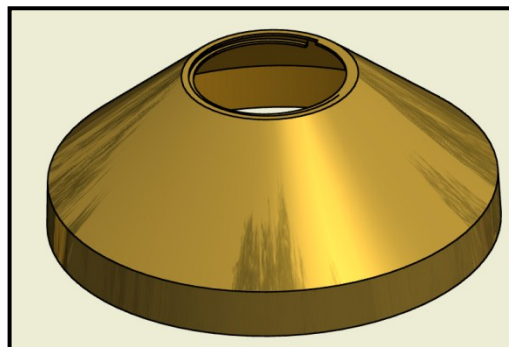
Considerando estos aspectos en el modelo, se tienen los siguientes datos:

### **Geometría del modelo a embutir**

La geometría del modelo se determina inicialmente por observación del modelo real como de la siguiente ilustración; a su vez se emplea planos o esquemas de la pieza.

En la geometría del modelo se distinguen de forma clara tres diferentes figuras a partir de la parte superior. Una cara plana delimitada por una circunferencia, sobre la cual se va a realizar un troquelado de vaciado y de forma, una sección cónica truncada y finalmente una sección cilíndrica.

A partir de estas formas geométricas, se realiza un correcto dimensionamiento de las mismas y la posterior determinación fuerza teórica de embutición.



**Ilustración 85**“Objeto en bruto obtenido mediante embutición” <sup>160</sup>

En la ilustración anterior se observa la pieza embutida y la perforación para el troquelado de la rosca. Para el diseño de la matriz o matrices de embutición se considera únicamente la geometría del perfil en general.

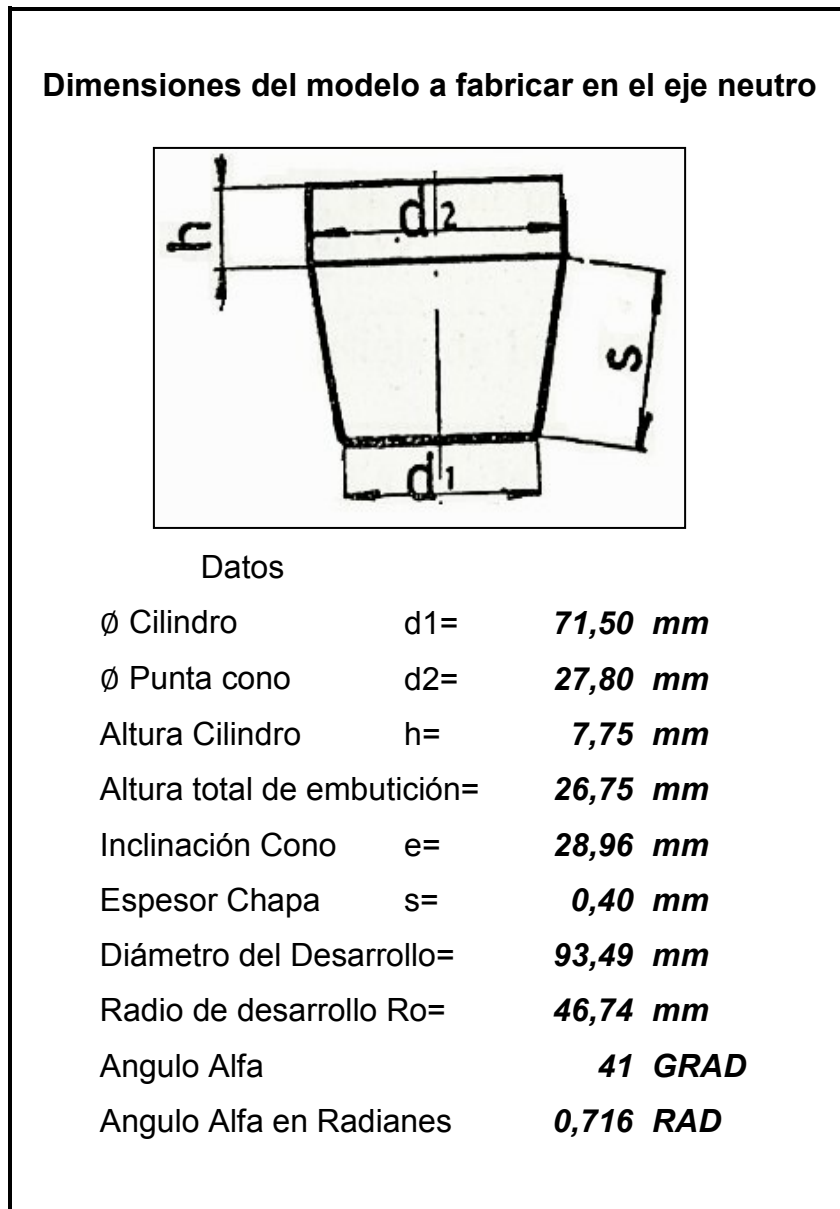
---

<sup>160</sup>Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.,

## Dimensiones del modelo.

Para el diseño se consideran en primera instancia las dimensiones que posee el modelo a partir de su eje neutro; para ello se toman las Consideraciones generales de diseño descritas en el ítem anterior.

La siguiente ilustración muestra las dimensiones que posee la geometría del modelo a obtener en su eje neutro.

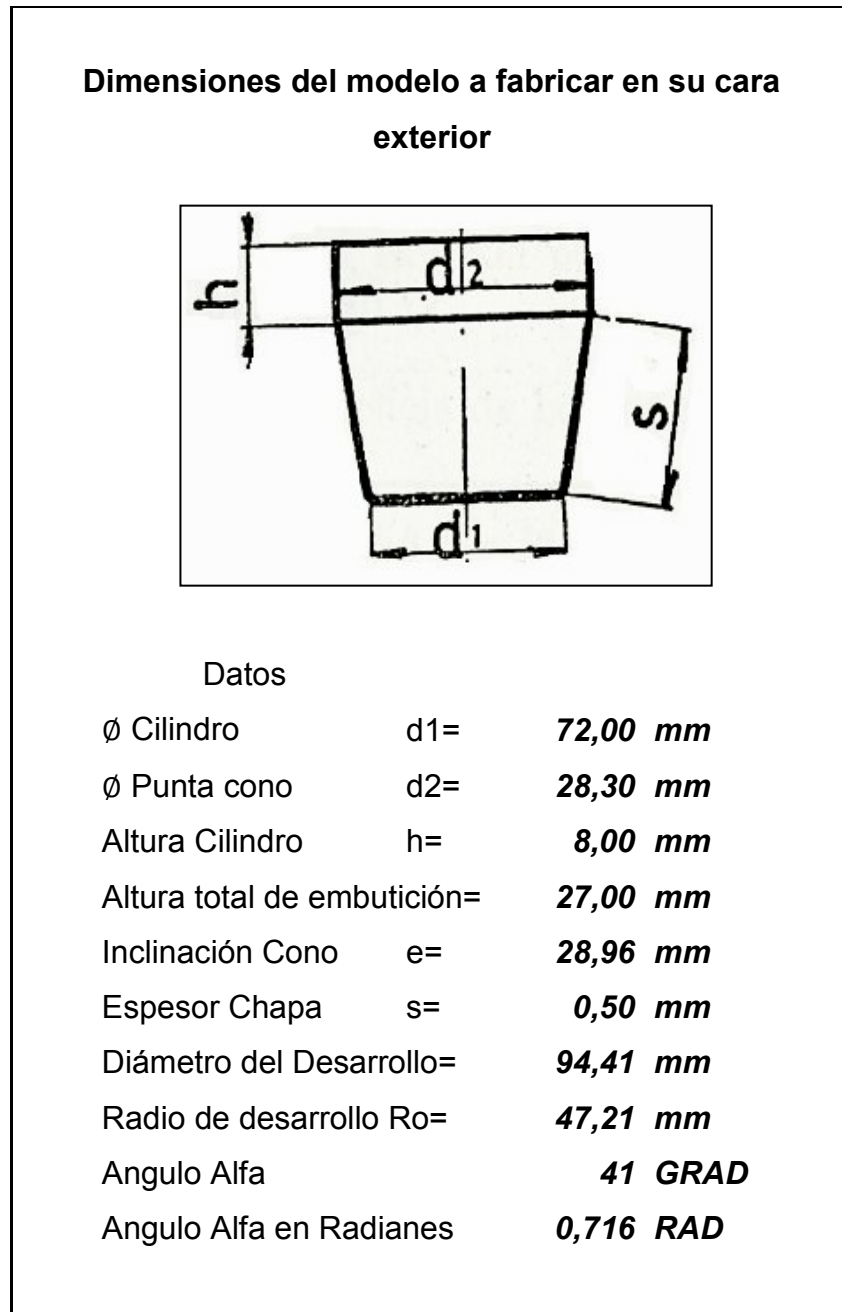


**Ilustración 86 “Representación dimensiones para el cálculo de la fuerza teórica de embutición”<sup>161</sup>**

<sup>161</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.,

### Dimensiones en la cara exterior del modelo.

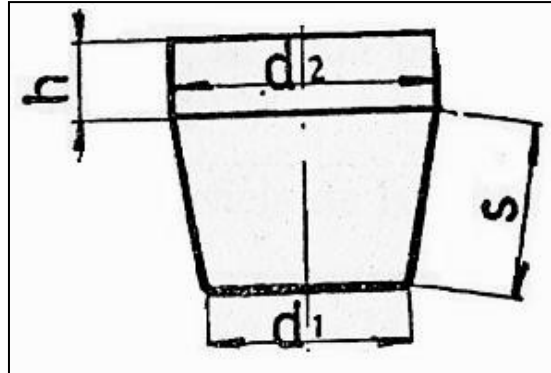
Las dimensiones del lado exterior del modelo son las que se requiere una vez concluido el procedimiento de embutido como muestra en la siguiente ilustración.



**Ilustración 87 "Representación de las dimensiones para la cara exterior del modelo"**  
162

## Dimensiones en la cara interior del modelo.

### Dimensiones del modelo a fabricar en su cara interior



#### Datos

Ø Con exceso	$d_1 =$	<b>72,00 mm</b>
Ø Cilindro	$d_1 =$	<b>71,00 mm</b>
Ø Punta cono	$d_2 =$	<b>27,30 mm</b>
Altura Cilindro	$h =$	<b>7,00 mm</b>
Altura total de embutición=		<b>26,00 mm</b>
Inclinación Cono	$e =$	<b>28,96 mm</b>
Espesor Chapa	$s =$	<b>0,50 mm</b>
Diámetro del Desarrollo=		<b>92,57 mm</b>
Radio de desarrollo $R_o =$		<b>46,28 mm</b>
Angulo Alfa		<b>41 GRAD</b>
Angulo Alfa en Radianes		<b>0,716 RAD</b>

*Ilustración 88 "Representación dimensiones para la cara exterior del modelo" <sup>163</sup>*

## Material del modelo

Para el diseño del troquel el tipo de material que vamos a utilizar es una consideración primordial, la consideración inicial de material a utilizar se hizo a partir de los latones ya que el requerimiento del modelo exige que sea un latón, la selección del mismo se hace acorde a las normas ASTM para cobre y aleaciones de cobre dentro de las cuales se encuentran los latones, a

163 Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.

partir de dicha norma, la aleación que se presenta como óptima para procesos de conformado específicamente el embutido es la aleación UNS C26000 denominada “latón de cartuchos” dado que su mayor empleo es la fabricación de cartuchos para municiones de artillería.

A continuación se detallan todas las características que posee el material.

### **Latón UNS C26000**

El Latón UNS C26000 se lo denomina comercialmente como latón para cartuchos, debido a su empleo principal, se recomienda su uso para la fabricación mediante procesos de embutición profunda de cartuchos para municiones de artillería en varias dimensiones.

Según las normas ASTM este tipo de aleación de cobre para embutición garantiza el comportamiento del material durante el proceso de embutición incluso si se deben realizar procesos adicionales en la pieza obtenida por embutición, al requerir un procedimiento adicional posterior al embutido y no realizar operaciones intermedias como el recocido entre operaciones.

La aleación de cobre UNS C26000 posee las siguientes propiedades relevantes:

<b>Descripción</b>	<b>Valor (Unidades)</b>
Resistencia a la tracción	303 – 896 (MPa)
Resistencia en el punto de cedencia	76 – 448 (MPa)
% elongación en (50 mm)	63 – 3 %
Grado de maquinabilidad	30%*

\*En grado de maquinabilidad es en relación al latón UNS C3600 (Latón de maquinado libre)

**Tabla 15 “Propiedades mecánicas del latón UNS C26000”<sup>164</sup>**

<sup>164</sup> ASM International Handbook Committee, *Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials, Volume 2*. Cuarta impresión, Octubre 1995, United States of America: Editorial ASM International ISBN 0-87170-378-5 (v. 2) pág. 819

Dentro de estos márgenes de valores se posee valores específicos de las diferentes formas de suministro del latón en función del tratamiento térmico con el cual se adquiriera al proveedor, para realizar un mejor embutido se emplea con la siguiente designación:

H01; ¼ de dureza; para latón laminado en frío que posee las siguientes propiedades específicas:

Resistencia a la Tensión (MPa)		Grado de dureza Rockwell			
		Escala B (0.508 mm a 0.914mm)		Superficial 30-T	
Min	Max	Min	Max	Min	Max
275	345	40	61	46	60

**Tabla 16 “Requerimientos de resistencia a la tensión y valores aproximados de dureza Rockwell para laminados templados”<sup>165</sup>**

El material empleado posee un valor que se ubica dentro de éstos márgenes, los cuales son tomados de la norma “ASTM B36/B36M”. Otros valores específicos adicionales derivados de esta norma, se muestran en la siguiente tabla.

Temple	Resistencia a la tensión	Esfuerzo Último de cedencia	Elongación en 50 mm	Dureza HRF	Dureza HR 30T	Resistencia a la cizalladura
H01	370 MPa	275 MPa	43 %	55HRB	54	250 MPa

**Tabla 17 “Propiedades mecánicas típicas de C26000”<sup>166</sup>**

Los valores prácticos con los cuales se trabajan son parte de esta tabla.

165 ASM International Handbook Committee , Metals Hand Book Desk Edition 2001, Segunda Edición, Primera Impresión (Diciembre 1998), United States Of America: Editorial ASM International ISBN 0-87170-654-7, pág.. 299

166 ASM International Handbook Committee, Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials, Volume 2, Cuarta impresión , Octubre 1995, United States of America: Editorial ASM International ISBN 0-87170-378-5 (v. 2) pág. 1024

## Cálculo del radio inicial Ro

De las consideraciones anteriores se emplea las dimensiones de la

Ilustración 86 “Representación dimensiones para el cálculo de la fuerza teórica de embutición” partir de ellas y la geometría y tipo de material que se ha de emplear se analizan los Anexos 7.1, 7.2 y 7.3 en los cuales se describen varias figuras geométricas simples y compuestas a partir de las cuales se puede obtener la figura deseada u obtener la figura compuesta deseada.

Para el modelo que deseamos obtener se selecciona del Anexo 7.3 la “**Ilustración 10**”, que posee la siguiente ecuación:

$$D = \sqrt{d_1^2 + [2s(d_1 + d_2) + 2d_2h]}$$

**Ecuación 55 “Determinación del radio inicial Ro”<sup>167</sup>**

Siendo D el desarrollo de la chapa a embutir, este desarrollo es la dimensión que debe tener la pieza denominada blanco para ser embutido.

En ésta ecuación los valores son sustituidos con los datos del modelo obtener.

Los cuales se muestran en la ilustración 2.1; y se obtiene el siguiente resultado.

$$D = \sqrt{27,8^2 + [2.28,96. (27,8 + 71,5) + 2.71,50.7,75 \text{ mm}^2]}$$

$$D = \sqrt{8811,5769 \text{ mm}^2}$$

$$D = 93.87 \text{ mm}$$

---

<sup>167</sup> Rossi Mario, *Estampado En Frio De La Chapa*, Novena Edición, Primera Impresión, 1971, Barcelona España, Editorial Científico Médica, ISBN 39.358-1970, pág., 80

$$R_o = 46,935 \text{ mm}$$

De forma teórica el diámetro del desarrollo sugerido de la chapa es de 93.87mm; esta dimensión será aproximada a 94mm para efectos del corte real y los subsiguientes cálculos de las fuerzas necesarias.

### **Determinación de las fases de embutición**

Cuando se debe obtener un modelo compuesto de varias formas geométricas mediante un proceso de embutido la transformación se puede realizar en uno o más pasos o fases, los cuales se describen en el apartado "Fases de embutición" en el cual describe cuatro procedimientos para determinar el número de fases de embutición.

**Si se emplea el primer método;** "Determinación de las fases de embutición por medio de ecuaciones". Empleamos la siguiente ecuación.

$$n = \frac{h}{\varepsilon * d} = \frac{m * d}{\varepsilon * d} = \frac{m}{\varepsilon}$$

Donde

$m$  = Número del diámetro.

$n$  = Número de operaciones

$d$  = Diámetro medio del recipiente

$\varepsilon = 1/2$  Para piezas de pequeñas dimensiones;  $1/3$  para piezas de grandes dimensiones.

Sustituimos en la ecuación con los siguientes datos: en la ecuación simplificada.

$$n = \frac{h}{\varepsilon * d}$$



Siendo:

$$n = ?$$

$$d = \frac{d_2 + d_3}{2} = \frac{71,50 + 27,80}{2} = 49,65 \text{ mm}$$

$$\varepsilon = 1/2$$

$$h = 24,825 \text{ mm}$$

$$n = \frac{24,825}{\frac{1}{2} * 49,65}$$

$$n = 1 \text{ (1 Operación)}$$

Como es un número entero no se requiere redondeos o aproximaciones a un inmediato superior.

**Si se emplea el segundo método; Determinación de las fases de embutición por medio de tablas**, se emplea la Tabla 14 “Relaciones de embutido para piezas cilíndricas huecas obtenidas de disco de chapa”, se toma la línea de datos:

Material	Primera Pasada		Pasadas siguientes
	$\frac{d}{D} = u$	$\frac{h}{d}$	$\frac{d_1}{d} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{d_3}{d_2}$
<b><u>Chapa de Latón</u></b>	<b><u>0,50 ÷ 0,55</u></b>	<b><u>0,57 ÷ 0,75</u></b>	<b><u>0,75 ÷ 0,80</u></b>

Una vez aplicado como se muestra en la siguiente tabla teóricamente se sugiere realizar el proceso en un mínimo de **cuatro operaciones de embutición** como se muestra en la siguiente tabla.

Número de Fase	Fórmula	Valor $\phi$
Primera	$d=0,55D$	<b>51,63 mm</b>
Segunda	$d_1=0,75d$	<b>38,72 mm</b>
Tercera	$d_2=0,75d_1$	<b>29,04 mm</b>
Cuarta	$d_3=0,75d_2$	<b>21,78 mm</b>

Tabla 18 “Determinación del número de fases por medio de tablas”<sup>168</sup>

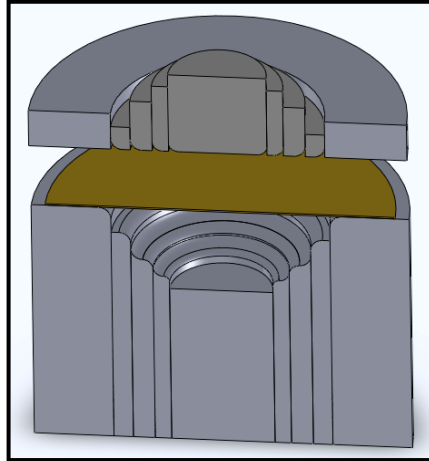


Ilustración 89 “Matrices y punzones de embutición en varias etapas”<sup>169</sup>

Si se evalúa por medio del tercer método; se tiene las mismas consideraciones iniciales.

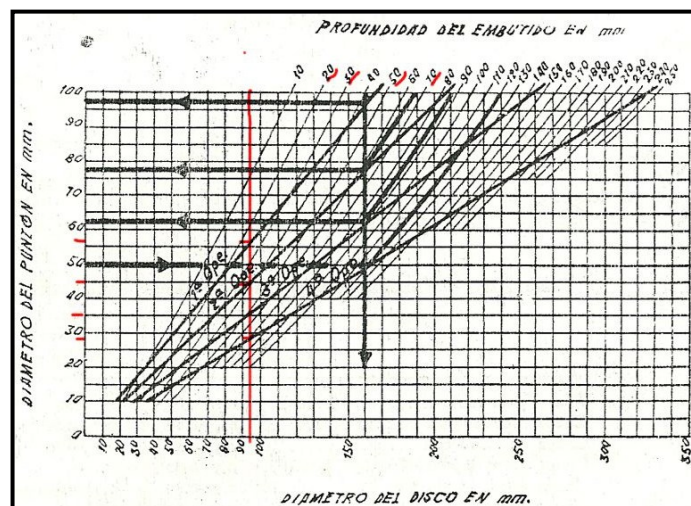


Ilustración 90 “Determinación de fases de embutición empleando nomograma”<sup>170</sup>

168 Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.

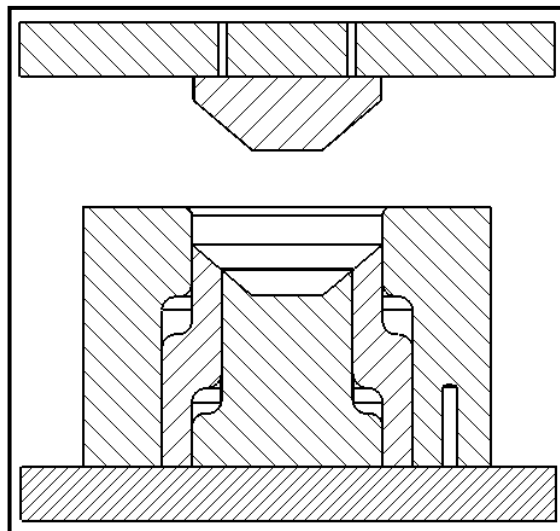
169 Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.

170 *Ibíd.*.

En la ilustración anterior se han trazado varios segmentos de recta de color rojo; los cuales se interpretan de la siguiente manera.

El segmento de recta trazado de forma vertical a partir de la dimensión del diámetro de desarrollo del disco; con un valor igual a 93,87 mm el cual ha sido aproximado a 94 mm para facilitar la apreciación; a partir de ello se trazan varias horizontales en los puntos de corte con los segmentos inclinados color negro de mayor espesor de línea hasta llegar a la dimensión del diámetro final del punzonado; estos señalan el número de operaciones por medio de las cuales se ha de obtener el modelo que se desea embutir. A partir del mismo punto se trazan líneas paralelas a las líneas inclinadas de menor grosor de línea, las cuales señalan la profundidad máxima de embutición que se puede alcanzar en cada fase de punzonado. De esta manera mediante el nomograma se puede obtener el número de fases de embutición; el diámetro máximo que puede poseer el punzón por cada fase y la profundidad máxima que se puede alcanzar de acuerdo al punzón.

Del empleo del nomograma se han obtenido mediante apreciación visual los siguientes resultados. Como se muestra en la siguiente ilustración.



**Ilustración 91 “Representación esquemática matriz de embutición en 3 etapas y un solo punzón”<sup>171</sup>**

<sup>171</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.

### Número de fases = 3

#### Primera Fase

Diámetro del punzón = 57

Profundidad de embutición alcanzable= 22

#### Segunda Fase

Diámetro del punzón = 45

Profundidad de embutición alcanzable = 40

#### Tercera Fase

Diámetro del punzón = 35

Profundidad de embutición alcanzable = 50

#### Cuarta Fase

Diámetro del punzón = 27,80

Profundidad de embutición alcanzable = 70

**Si se emplea el cuarto método** “Determinación de las fases de embutición por medio de las normas para objetos de formas rectangulares, cónicas, parabólicas y semiesféricas”, la cual es una recomendación general, que se puede emplear como guía del número de fases de transformación que debe sufrir la chapa.

Se obtiene los siguientes resultados:

Número de Fase	Fórmula	Valor $\phi$
Primera	$d=0,6D$	56,32 mm
Segunda	$d_1=0,83d$	46,75 mm
Tercera	$d_2=0,83d_1$	38,80 mm
Cuarta	$d_3=0,83d_2$	32,20 mm
Quinta	$d_4=0,83d_3$	26,73 mm

**Tabla 19 “Determinación de fases de embutición empleando normas para embutición de objetos de formas rectangulares, cónicas, parabólicas y semiesféricas”<sup>172</sup>**

<sup>172</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.

Para seleccionar uno de los métodos se considera la realización del proceso por un mínimo de pasos o fases, ya que la embutición que se va a realizar a la chapa no posee una elevada altura en relación la geometría del modelo, el material que se emplea es una material óptimo para el embutido de chapa.

Adicionalmente a las consideraciones anteriores se aplican las siguientes consideraciones; la pieza posee una altura de embutición a partir del eje neutro de 26,75 mm, lo cual es inferior a la mitad del diámetro mayor de embutición de la pieza que corresponde a 71,50 mm, la mayor sección de embutición tiene una geometría de cono truncado con una inclinación de 41°, la cual permite una mejor distribución de los esfuerzos; así como un mejor desplazamiento del material.

Se valora la construcción y diseño de forma inversamente proporcional ya que un mayor número de fases requieren una mayor complejidad de diseño así con su correspondiente complejidad de construcción, con una escala de 1 a 5 correspondiente a una unidad por cada fase.

<i>Método</i>	<i># Fases</i>	<i>Construcción</i>	<i>Diseño</i>
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
2	4	2	2
3	3	3	3
4	5	1	1

*De los cuatro métodos se selecciona acorde a la tabla resumen la realización del embutido en una sola fase, ya que cumple el mínimo de pasos y por consiguiente como se muestra en la tabla las consideraciones anteriores de diseño y construcción.*

### **Designación de la carrera del punzón**

La designación de la carrera el punzón se hace en función a la geometría de la pieza, como la pieza tiene una profundidad total de embutición de 26.75

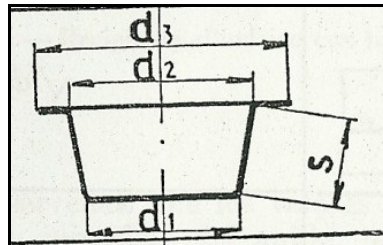
mm y se realiza en una sola fase; el valor de la carrera total de embutición ha de ser:

$$A = 26,75 \text{ mm}$$

Sin embargo por ser un cuerpo compuesto se produce un comportamiento que se describe en tres etapas.

### **Primera etapa**

En esta etapa la chapa sufre una deformación como muestra la siguiente ilustración



**Ilustración 92 “Designación de la carrera del punzón en la primera etapa”<sup>173</sup>**

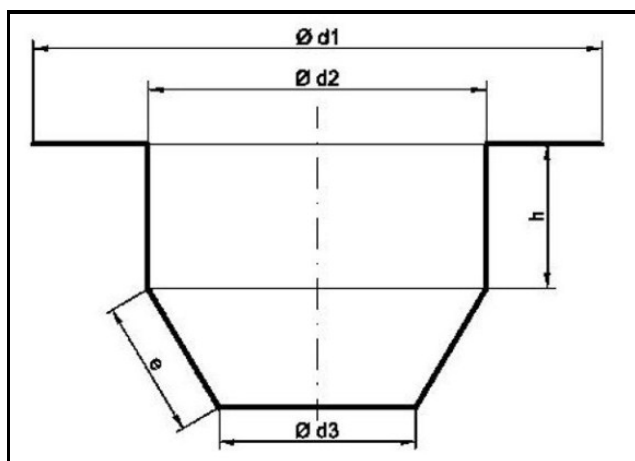
La chapa se comporta de acuerdo a la ilustración anterior bajo la siguiente condición y la carrera del punzón será dentro de éstos límites.

$$0 < A \leq 19 \text{ mm}$$

### **Segunda etapa**

En esta etapa la deformación se hace acorde a la siguiente ilustración

<sup>173</sup> Rossi Mario, *Estampado En Frio De La Chapa...*, Óp. Cit. pag80. Tabla VI. fig. 9.



**Ilustración 93 Designación de la carrera del punzón para la segunda etapa”<sup>174</sup>**

La chapa se comporta de acuerdo a la ilustración anterior bajo la siguiente condición y la carrera del punzón será dentro de éstos límites.

$$19 < A < 26,75 \text{ mm}$$

### **Tercera etapa**

Propiamente no es una etapa sino la forma final de la pieza, y es de acuerdo a la figura mostrada en la

Ilustración 86, cuando la carrera del punzón ha alcanzado su altura máxima, al concluir la embutición.

$$A = 26,75 \text{ mm}$$

### **Cálculo del radio R**

A partir de la consideración de la deformación en etapas, se puede obtener la variación del radio R del desarrollo de la pieza durante cada instante de la embutición. De esta forma el cálculo del radio R se compone de 2 partes al

<sup>174</sup> Oehler – Kaiser, *Herramientas De Troquelar Estampar y Embutir...*, Óp. Cit. pág. 353, fig. n.

sustituir el valor de la carrera del punzón en las ecuaciones correspondientes a cada ilustración de obtención del desarrollo de la chapa mostradas en el Anexo 7.1, 7.2 y 7.3. Adicionalmente se realiza un cálculo de comprobación, para verificar al final de la embutición el comportamiento idealizado de la chapa.

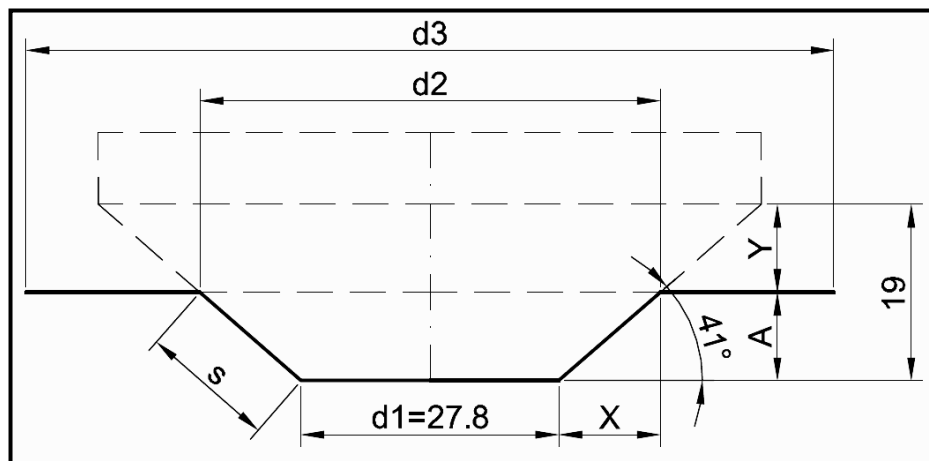
### **Cálculo del radio $R$ para la primera etapa**

Esta posee la siguiente ecuación

$$D = \sqrt{d1^2 + 2s(d1 + d2) + d3^2 + d2^2}$$

**Ecuación 56 “Radio de embutición primera etapa”<sup>175</sup>**

La sustitución del valor de la altura  $A$  para la obtención del valor de  $s$ , se hace mediante geometría y trigonometría como se muestra en la siguiente ilustración.



**Ilustración 94 “Obtención de  $R$  primera etapa”<sup>176</sup>**

Acorde a la ilustración anterior, se sustituyen los valores conocidos en la Ecuación 56 “Radio de embutición primera etapa” y de la misma se despeja

<sup>175</sup> Rossi Mario, *Estampado En Frío De La Chapa*, Novena Edición, Primera Impresión, 1971, Barcelona España, Editorial Científico Médica, ISBN 39.358-1970, pag80.Tabla VI.

<sup>176</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso de Embutición Modelo 406.19*, Quito Ecuador, 2010,



el valor de  $d_3$  y a esta ecuación se la divide para dos ya que  $d_3 = 2R$ , quedando se la siguiente manera:

$$d_3 = \sqrt{D^2 - d_1^2 - 2sd_1 - 2sd_2 + d_2^2}$$

$$d_3/2 = \frac{\sqrt{D^2 - d_1^2 - 2sd_1 - 2sd_2 + d_2^2}}{2}$$

La sustitución de los valores respectivos se hace para cualquier valor dentro de los límites del valor de A, para el cálculo simplificado empleamos el cálculo en tres instantes:

Inicio, punto medio y final de cada fase.

Siendo

$$D=93,87 \text{ mm}$$

$$d_1=27,8 \text{ mm}$$

$$X = \frac{0,1}{\tan 41^\circ} = 0,115 \text{ mm}$$

$$s = \frac{A}{\sin 41^\circ} = 0,1524 \text{ mm}$$

$$d_2= 27,8+ 2.X$$

Siendo $0 < A < 19$ Se tomaran 3 valores Significativos inicio, punto medio y final		
Inicio A =	0,1	mm
S=	0,15239751	mm
X=	0,115	mm
<b>R=d3/2=</b>	<b>46,91</b>	<b>mm</b>

Medio A =	9,5	mm
S=	0,15239751	mm
X=	10,925	mm
<b>R=d3/2=</b>	<b>42,71</b>	<b>mm</b>
Final=	19	mm
S=	28,9555262	mm
X=	21,85	mm
<b>R=d3/2=</b>	<b>34,47</b>	<b>mm</b>

**Tabla 20 “Cálculo del radio R en primera etapa de embutición”** <sup>177</sup>

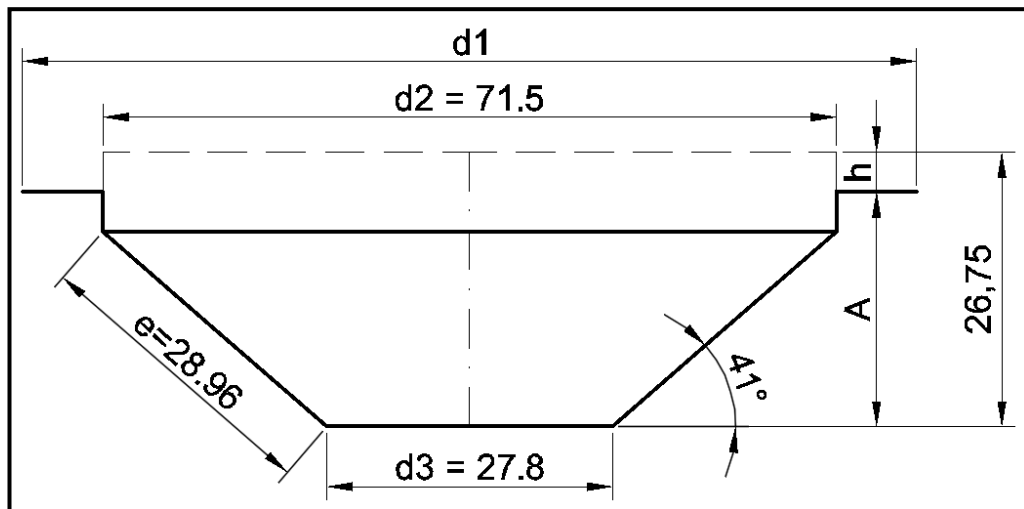
### **Cálculo del radio R para la segunda etapa**

Esta posee la siguiente ecuación

$$D = \sqrt{d3^2 + 2e(d3 + d2) + 4hd2 + d1^2 - d2^2}$$

**Ecuación 57 “Radio de embutición segunda etapa”** <sup>178</sup>

Al sustituir el valor de h para la obtención del valor de s, se hace mediante geometría y trigonometría como se muestra en la siguiente ilustración.



**Ilustración 95 “Obtención de R segunda etapa”** <sup>179</sup>

<sup>177</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.,

<sup>178</sup> Oehler – Kaiser, *Herramientas De Troquelar Estampar y Embutir...*, Óp. Cit. Pág. 353, Tabla 15, fig. “n”.

<sup>179</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* Óp. Cit.

Acorde a la ilustración anterior, se sustituyen los valores conocidos en la ecuación anterior y de la misma se despeja el valor de  $d_1$  y a esta ecuación se la divide para dos ya que  $d_1 = 2R$ , quedando se la siguiente manera:

$$2R = \sqrt{D^2 - d_3^2 - 2ed_3 - 2ed_2 - 4hd_2 + d_2^2}$$

$$R = \frac{\sqrt{D^2 - d_3^2 - 2ed_3 - 2ed_2 - 4hd_2 + d_2^2}}{2}$$

La sustitución de los valores respectivos se hace para cualquier valor dentro de los límites del valor de A, para el cálculo simplificado empleamos el cálculo en tres instantes:

Inicio, punto medio y final.

Siendo

$$D = 93,87 \text{ mm}$$

$$d_3 = 27,8 \text{ mm}$$

$$d_2 = 71,50 \text{ mm}$$

$$H = A - 19 \text{ mm}$$

<b>Siendo <math>19 &lt; A &lt; 26,75</math> Se tomarán tres valores significativos inicio, punto medio y final</b>		
Inicio A =	19,1	mm
e=	28,96	mm
d2=	71,50	mm
<b>R=d1/2=</b>	<b>42,72</b>	<b>mm</b>
Medio A =	22,88	mm
e=	28,96	mm

d2=	71,50	mm
<b>R=d1/2=</b>	<b>39,44</b>	<b>mm</b>
Final A=	26,74	mm
e=	28,96	mm
d2=	71,50	mm
<b>R=d1/2=</b>	<b>35,76</b>	<b>mm</b>

Tabla 21 “Cálculo del radio R en la segunda etapa de embutición”<sup>180</sup>

### Cálculo del radio R concluida la embutición

Esta posee la siguiente ecuación

$$D = \sqrt{d1^2 + 2s [(d1 + d2) + 2hd2]}$$

Ecuación 58 “Radio de embutición concluida la embutición”<sup>181</sup>

Al sustituir el valor de h para la obtención del valor de s, se hace mediante geometría y trigonometría como se muestra en la siguiente ilustración.

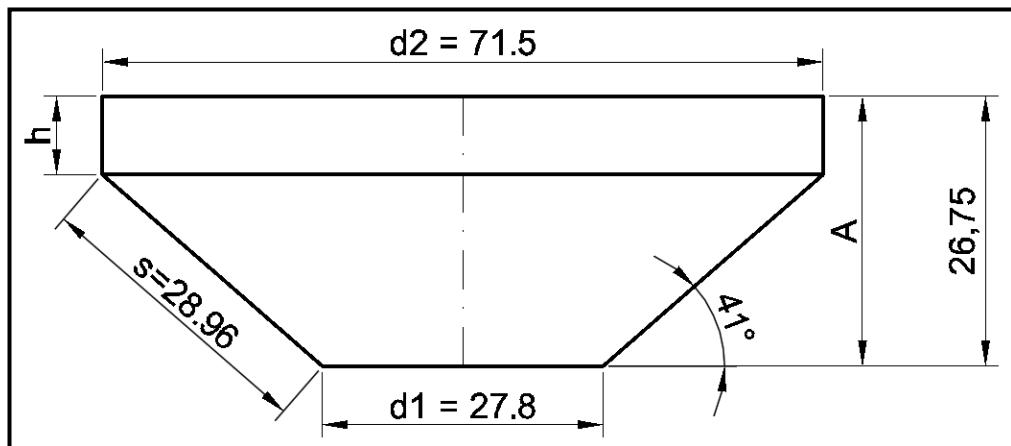


Ilustración 96 “Obtención de R al final de la embutición etapa”<sup>182</sup>

<sup>180</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* Óp. cit.

<sup>181</sup> Oehler – Kaiser, *Herramientas De Troquelar Estampar y Embutir...* Óp. Cit. Pág. 353, Tabla 15, fig. “n”.

<sup>182</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* Óp. cit.,

Acorde a la ilustración anterior, se sustituyen los valores conocidos en la ecuación anterior y de la misma se despeja el valor de  $d_1$  y a esta ecuación se la divide para dos ya que  $d_1 = 2R$ , quedando se la siguiente manera:

$$2d_2 = 2R = \frac{D^2 - d_1^2 - 2sd_1}{2s + 4h}$$

$$\frac{d_2}{2} = R = \frac{1}{2} * \left( \frac{D^2 - d_1^2 - 2sd_1}{2s + 4h} \right)$$

La sustitución de los valores respectivos se hace para verificar el comportamiento de la chapa, es decir que alcance las dimensiones esperadas al momento de concluir la embutición; se compara con el valor final que se obtuvo en la segunda etapa; y ha de ser elocuente con el resultado previo y se sustituye con los siguientes valores conocidos.

Siendo

$D = 93,87 \text{ mm}$

$d_1 = 27,8 \text{ mms} = 28,96 \text{ mm}$

<b>Siendo A = 26,75 mm</b>		
<b>Se tomarán un único valor</b>		
<b>s=</b>	28,96	<b>mm</b>
<b>d1=</b>	27,80	<b>mm</b>
<b>D=</b>	93,49	<b>mm</b>
<b>h=</b>	7,75	<b>mm</b>
<b>d2=</b>	71,50	<b>mm</b>

**Tabla 22 “Cálculo del radio R en final de la embutición”<sup>183</sup>**

De la tabla anterior, se observa que el material se comporta dentro de los límites y de acuerdo a las dos etapas de embutición, se cumple las dimensiones finales alcanzadas por el material.

<sup>183</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* Óp. Cit.

## Cálculo de la deformación porcentual en el borde exterior de la chapa

La deformación porcentual de la chapa se obtiene en base a las relaciones de las dimensiones de la chapa antes y después de cada fase de embutición.

Se aplica la Ecuación 4.42 “Deformación en el borde exterior del blanco”

$$\varphi_R = \ln \frac{R_0}{R}$$

En la cual se sustituyen con los respectivos valores para cada fase de embutición se tiene:

En la cual se sustituyen con los respectivos valores para cada fase de embutición se tiene las siguientes tablas:

Deformaciones Borde Exterior	
Primera etapa	
<b>Primera Fase</b>	
$\varphi_R$	0,02%
R <sub>0</sub> =	46,74 mm.
R=	46,73 mm.
<b>Segunda Fase</b>	
$\varphi_R$	3,25%
R <sub>0</sub> =	46,74 mm.
R=	45,25 mm.
<b>Segunda Fase</b>	
$\varphi_R$	8,80%
R <sub>0</sub> =	46,74 mm.
R=	42,80 mm.

**Tabla 23 “Deformación en el borde externo para la primera fase”<sup>184</sup>**

<sup>184</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.

<b>Deformaciones Borde Exterior Segunda etapa</b>	
<b>Primera Fase</b>	
$\varphi_R$	9,00%
R <sub>0</sub> =	46,74 mm.
R=	42,72 mm.
<b>Segunda Fase</b>	
$\varphi_R$	17,00%
R <sub>0</sub> =	46,74 mm.
R=	39,44 mm.
<b>Segunda Fase</b>	
$\varphi_R$	26,79%
R <sub>0</sub> =	46,74 mm.
R=	35,76 mm.

**Tabla 24 “Deformación en el borde externo para la segunda fase”<sup>185</sup>**

<b>Deformaciones Borde Exterior Concluido el embutido</b>	
<b>Primera Fase</b>	
$\varphi_R$	26,81%
R <sub>0</sub> =	46,74 mm.
R=	35,75 mm.

**Tabla 25 “Deformación en el borde externo concluido el embutido”<sup>186</sup>**

### **Cálculo de la deformación porcentual en el borde interior de la chapa**

La deformación porcentual de la chapa se obtiene en base a las relaciones de las dimensiones de la chapa antes y después de cada fase de embutición.

Se aplica la Ecuación 4.43 “Deformación en el borde interior del blanco”

<sup>185</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.

<sup>186</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.

$$\varphi_r = \ln \frac{R}{r}$$

Para la obtención de la deformación porcentual es necesario conocer la dimensión del radio del punzón correspondiente a la carrera que se está cumpliendo; teniendo en ese instante el comportamiento ideal de un punzón cilíndrico. De esta manera se divide el proceso en dos etapas; para cumplir con dos ecuaciones de comportamiento.

Quedando de acuerdo a los valores previamente calculados las siguientes tablas.

<b>Deformaciones Borde Interior</b>	
<b>Primera etapa</b>	
<b>Primera Fase</b>	
$\varphi_r$	100,01%
R=	46,40 mm
r=	17,07 mm
<b>Segunda Fase</b>	
$\varphi_r$	60,03%
R=	45,25 mm
r=	24,83 mm
<b>Segunda Fase</b>	
$\varphi_r$	18,40%
R=	42,84 mm
r=	35,64 mm

**Tabla 26 “Deformaciones del borde interior en la primera etapa”<sup>187</sup>**

<sup>187</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.



<b>Deformaciones Borde Interior Segunda etapa</b>	
<b>Primera Fase</b>	
$\varphi_r$	17,81%
R=	42,72 mm
r=	35,75 mm
<b>Segunda Fase</b>	
$\varphi_r$	9,81%
R=	39,44 mm
r=	35,75 mm
<b>Segunda Fase</b>	
$\varphi_r$	0,03%
R=	35,76 mm
r=	35,75 mm

*Tabla 27 “Deformaciones del borde interior en la segunda etapa”* <sup>188</sup>

<b>Deformaciones Borde Interior Concluido el embutido</b>	
<b>Primera Fase</b>	
$\varphi_r$	0,00%
R=	35,75 mm
r=	35,75 mm

*Tabla 28 “Deformaciones del borde interior al concluir la embutición”* <sup>189</sup>

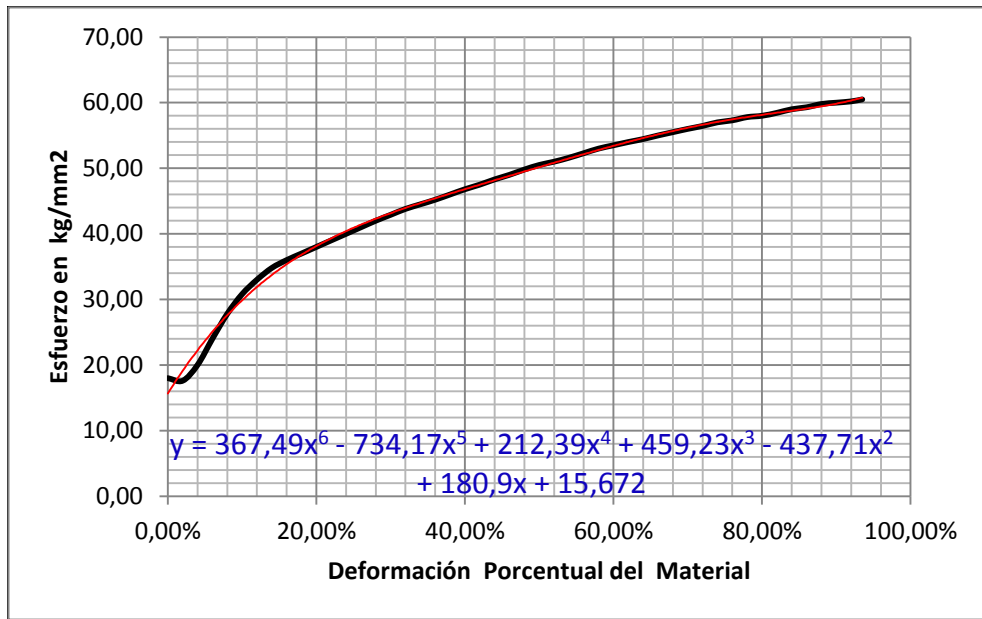
### **Determinación de las resistencias Rd1 y rd2 y Rdm**

Las respectivas resistencias Rd1 y Rd2 se obtienen por observación de la siguiente ilustración.

---

<sup>188</sup> Ibid.

<sup>189</sup> Ibid.



**Ilustración 97 “Diagrama esfuerzo – deformación porcentual latón UNS C26000”<sup>190</sup>**

Siendo Rd1 el valor correspondiente a la deformación porcentual del borde externo  $\sigma_R$ ; mientras que Rd2 es el valor correspondiente a la deformación porcentual de  $\sigma_r$ . El valor de Rdm la media aritmética es el valor correspondiente a la aplicación de la Ecuación 44 “Media aritmética de la resistencia a la deformación” .

Se sustituye el valor de la deformación porcentual obtenido en el procedimiento anterior y por apreciación visual se reemplaza en el eje de la “Deformación porcentual del material” hasta coincidir con la curva resaltada de color negro y se traza una línea horizontal a partir de este punto hacia el eje del “Esfuerzo” y se toma el valor.

Para simplificar el su obtención se realiza una aproximación mediante software, empelando por medio de Microsoft Excel 2010.

$$y = 367,49x^6 - 734,17x^5 + 212,39x^4 + 459,23x^3 - 437,71x^2 + 180,9x + 15,672$$

**Ecuación 59 “Ecuación de la curva esfuerzo - deformación para el latón C-26000”**

190 ASM International Handbook Committee , *Metals Hand Book Desk Edition 2001*. Segunda Edición, Primera Impresión (Diciembre 1998), United States Of America: Editorial ASM International ISBN 0-87170-654-7, p 298-299

En esta ecuación se reemplaza de forma iterativa mediante software y se obtiene los valores destacados que se muestran en la siguiente tabla.

Determinación de las Resistencias y Media aritmética Rdm					
Primera Etapa		Segunda Etapa		Concluida la Embutición	
<b>Etapa 1</b>		<b>Etapa 1</b>		<b>Etapa 1</b>	
$\varphi_R$	0,02%	$\varphi_R$	9,00%	$\varphi_R$	26,81%
$\varphi_r$	120,43%	$\varphi_r$	17,81%	$\varphi_r$	0,00%
Rd1=	15,72 kg/mm <sup>2</sup>	Rd1=	28,75 kg/mm <sup>2</sup>	Rd1=	41,78 kg/mm <sup>2</sup>
Rd2=	108,89 kg/mm <sup>2</sup>	Rd2=	36,70 kg/mm <sup>2</sup>	Rd2=	15,67 kg/mm <sup>2</sup>
Rdm=	62,30 kg/mm <sup>2</sup>	Rdm=	32,72 kg/mm <sup>2</sup>	Rdm=	28,72 kg/mm <sup>2</sup>
<b>Etapa 2</b>		<b>Etapa 2</b>		<b>Etapa 2</b>	
$\varphi_R$	3,25%	$\varphi_R$	17,00%	$\varphi_R$	17,00%
$\varphi_r$	60,03%	$\varphi_r$	9,81%	$\varphi_r$	9,81%
Rd1=	21,11 kg/mm <sup>2</sup>	Rd1=	36,12 kg/mm <sup>2</sup>	Rd1=	36,12 kg/mm <sup>2</sup>
Rd2=	53,42 kg/mm <sup>2</sup>	Rd2=	29,65 kg/mm <sup>2</sup>	Rd2=	29,65 kg/mm <sup>2</sup>
Rdm=	37,26 kg/mm <sup>2</sup>	Rdm=	32,88 kg/mm <sup>2</sup>	Rdm=	32,88 kg/mm <sup>2</sup>
<b>Etapa 3</b>		<b>Etapa 3</b>		<b>Etapa 3</b>	
$\varphi_R$	8,73%	$\varphi_R$	26,79%	$\varphi_R$	26,79%
$\varphi_r$	18,40%	$\varphi_r$	0,03%	$\varphi_r$	0,03%
Rd1=	28,45 kg/mm <sup>2</sup>	Rd1=	41,76 kg/mm <sup>2</sup>	Rd1=	41,76 kg/mm <sup>2</sup>
Rd2=	37,10 kg/mm <sup>2</sup>	Rd2=	15,72 kg/mm <sup>2</sup>	Rd2=	15,72 kg/mm <sup>2</sup>
Rdm=	32,77 kg/mm <sup>2</sup>	Rdm=	28,74 kg/mm <sup>2</sup>	Rdm=	28,74 kg/mm <sup>2</sup>

Tabla 29 “Determinación de las resistencias y media aritmética Rdm”<sup>191</sup>

## Fuerza de deformación Pd

La fuerza de deformación que se hace empleando los datos obtenidos de los pasos anteriores y utilizando la Ecuación 45 “Fuerza de deformación”, y se obtiene los valores que se muestra en las siguientes tablas.

Fuerza De Deformación Pd	
Primera Etapa	
<b>Etapa 1</b>	
r=	14,02 mm
R=	46,73 mm
s=	0,50 mm
Rdm=	62,30 kg/mm <sup>2</sup>
	<b>Fuerza Deformación</b>
	<b>3303,48 kg</b>
	<b>3,30 ton</b>
<b>Etapa 2</b>	
r=	24,83 mm
R=	45,25 mm
s=	0,50 mm
Rdm=	37,26 kg/mm <sup>2</sup>
	<b>Fuerza Deformación</b>
	<b>1744,67 kg</b>
	<b>1,74 ton</b>
<b>Etapa 3</b>	
r=	35,64 mm
R=	42,84 mm
s=	0,50 mm
Rdm=	32,77 kg/mm <sup>2</sup>
	<b>Fuerza Deformación</b>
	<b>675,24 kg</b>
	<b>0,68 ton</b>

Tabla 30 “Fuerza de deformación Pd en la primera etapa”<sup>192</sup>

191 Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.

192 Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.

Fuerza De Deformación Pd Segunda Etapa	
<b>Etapa 1</b>	
r= 35,75 mm	Fuerza Deformación <b>654,68 kg</b> <b>0,65 ton</b>
R= 42,72 mm	
s= 0,50 mm	
Rdm= 32,72 kg/mm <sup>2</sup>	
<b>Etapa 2</b>	
r= 35,75 mm	Fuerza Deformación <b>362,33 kg</b> <b>0,36 ton</b>
R= 39,44 mm	
s= 0,50 mm	
Rdm= 32,88 kg/mm <sup>2</sup>	
<b>Etapa 3</b>	
r= 35,75 mm	Fuerza Deformación <b>0,90 kg</b> <b>0,00 ton</b>
R= 35,76 mm	
s= 0,50 mm	
Rdm= 28,74 kg/mm <sup>2</sup>	

**Ilustración 98 “Fuerza de deformación Pd en la segunda Etapa”** <sup>193</sup>

Fuerza De Deformación Pd Concluida la embutición	
r= 35,75 mm	Fuerza Deformación <b>0,00 kg</b> <b>0,00 ton</b>
R= 35,75 mm	
s= 0,50 mm	
Rdm= 28,72 kg/mm <sup>2</sup>	

**Ilustración 99 “Fuerza de deformación Pd al concluir la embutición”** <sup>194</sup>

### Control de tensión

La fuerza de tensión que sufre el material debe ser inferior al valor de la resistencia del material. El material posee una resistencia de acuerdo a los valores mostrados en la Tabla 15 “Propiedades mecánicas del latón UNS C26000” donde la resistencia a la tracción varía de 303 a 896 MPa = 30,90 a 91,37 Kg/mm<sup>2</sup>. El valor que se tiene de control de tensión se muestra en las siguientes tablas. Adicionalmente, se considera un rendimiento de la operación del 80% por factores de rozamiento e irregularidades propias del material.

<sup>193</sup> *Ibíd.*

<sup>194</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.

<b>Control de Tensión <math>\sigma_r</math></b>		
<b>Primera Etapa</b>		
Rendimiento	0,80	Por Rozamiento
<b>Primera Fase</b>		
Rdm	40,39 kg/mm <sup>2</sup>	
R=	46,40 mm	
r=	17,07 mm	
$\sigma_r$	<b>40,40 kg/mm<sup>2</sup></b>	
Dividido para rendimiento funcion rozamientos		
$\sigma_r$	50,49 kg/mm <sup>2</sup>	
<b>Segunda Fase</b>		
Rdm	37,26 kg/mm <sup>2</sup>	
R=	45,25 mm	
r=	24,83 mm	
$\sigma_r$	<b>22,37 kg/mm<sup>2</sup></b>	
Dividido para rendimiento funcion rozamientos		
$\sigma_r$	27,96 kg/mm <sup>2</sup>	
<b>Tercera Fase Fase</b>		
Rdm	32,77 kg/mm <sup>2</sup>	
R=	42,84 mm	
r=	35,64 mm	
$\sigma_r$	<b>6,03 kg/mm<sup>2</sup></b>	
Dividido para rendimiento funcion rozamientos		
$\sigma_r$	7,54 kg/mm <sup>2</sup>	

**Tabla 31 “Control de la tensión  $\sigma_r$  para la primera etapa”** <sup>195</sup>

<b>Control de Tensión <math>\sigma_r</math></b>		
<b>Segunda Etapa</b>		
Rendimiento	0,80	Por Rozamiento
<b>Primera Fase</b>		
Rdm	32,72 kg/mm <sup>2</sup>	
R=	42,72 mm	
r=	35,75 mm	
$\sigma_r$	<b>5,83 kg/mm<sup>2</sup></b>	
Dividido para rendimiento funcion rozamientos		
$\sigma_r$	7,29 kg/mm <sup>2</sup>	
<b>Segunda Fase</b>		
Rdm	32,88 kg/mm <sup>2</sup>	
R=	39,44 mm	
r=	35,75 mm	
$\sigma_r$	<b>3,23 kg/mm<sup>2</sup></b>	
Dividido para rendimiento funcion rozamientos		
$\sigma_r$	4,03 kg/mm <sup>2</sup>	
<b>Tercera Fase Fase</b>		
Rdm	28,74 kg/mm <sup>2</sup>	
R=	35,76 mm	
r=	35,75 mm	
$\sigma_r$	<b>0,01 kg/mm<sup>2</sup></b>	
Dividido para rendimiento funcion rozamientos		
$\sigma_r$	0,01 kg/mm <sup>2</sup>	

**Tabla 32 “Control de la tensión  $\sigma_r$  para la segunda etapa”** <sup>196</sup>

195 Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.

196 Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.

Control de Tensión $\sigma_r$		
Concluida la embutición		
Rendimiento	0,80	Por Rozamiento
<b>Primera Fase</b>		
Rdm	28,72	kg/mm <sup>2</sup>
R=	35,75	mm
r=	35,75	mm
$\sigma_r$	0,00	kg/mm <sup>2</sup>
Dividido para rendimiento funcion rozamientos		
$\sigma_r$	0,00	kg/mm <sup>2</sup>

Tabla 33 “Control de la tensión  $\sigma_r$  al concluir la embutición”<sup>197</sup>

### Fuerza de deformación máxima y tensión máxima.

La fuerza máxima de deformación y su correspondiente tensión máxima se hace empleando la Ecuación 47 “Deformación máxima en el borde exterior de la chapa” y la Ecuación 48 “Deformación máxima en el borde interior de la chapa” obteniendo la siguiente tabla.

Fuerza Máxima De Deformación y Control de Tensión						
Ro=	46,74	mm				
r=	17,07	mm				
s=	0,50	mm				
Primera Fase					Fuerza Máxima Deformación	
$\varphi_R$	0,00%	Inicio embutición	Rd1	15,672	Rdm	40,00 kg/mm <sup>2</sup>
$\varphi_r$	100,74%	Final Fase	Rd2	64,32002	Pdmax	2160,65 kg
					Pdmax	2,16 Toneladas
					$\sigma_{rmax}$	40,29 kg/mm <sup>2</sup>

Tabla 34 “Fuerza máxima de deformación y control de tensión”<sup>198</sup>

La fuerza máxima de deformación es de 40,29 kg/mm<sup>2</sup>, al dividirla para el rendimiento; el valor se incrementa hasta alcanzar un valor de 50,36 kg/mm<sup>2</sup>, este valor máximo de deformación, es menor al del material.

<sup>197</sup> *Ibíd.*

<sup>198</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso... óp. cit.*

Mediante esta comprobación, conocemos que el material es apto para ser empleado en este proceso.

### **Fuerza de expulsión**

La fuerza de expulsión requerida para remover la pieza embutida de la cavidad de la matriz se obtiene por medio de la Ecuación 21 “Fuerza de expulsión”

$$F_{exp} = 1,5\% * F$$

Al reemplazar el valor de F con la fuerza máxima de embutición requerida se tiene

$$F_{exp} = 1,5\% * 2160.65 \text{ kg}$$

$$F_{exp} = 32,41 \text{ kg} = 317.83 \text{ N} \approx 320 \text{ N}$$

En el elemento “Expulsor” se detalla el elemento complementario que proporcionará la fuerza; el elemento que proporcionará esta fuerza se calcula por medio de Autodesk Inventor, mediante el módulo “Design Accelerator” con las siguientes consideraciones iniciales, 320 N de fuerza a transmitir, 50 mm de longitud inicial  $l_0$  con una precarga de 24,301 N que se realiza cuando se monta la matriz con la placa base; la descripción detallada del resorte se encuentra en el Anexo 9.1 Resorte expulsor

### **1.2 La prensa para embutición**

Se toma como segundo punto a consideración el tipo y capacidades de la prensa que se posee en la empresa y cotejar este valor con los obtenidos en el ítem Fuerza de deformación Pd; en combinación el ítem Fuerza de deformación máxima y tensión máxima. De esta forma el requerimiento máximo de fuerza por parte de la prensa es de:

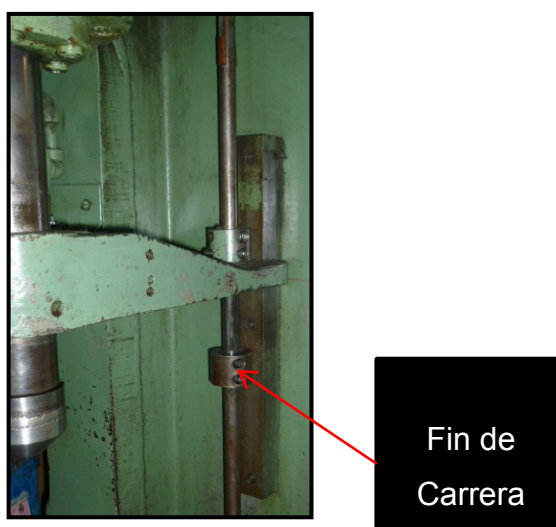
$$2,16 \text{ Toneladas} = 21.17 \text{ kN}$$

Este valor se aproxima valores enteros conocidos de prensas cuando se requiere adquirir o dimensionar una prensa. Cuando se posee la prensa se debe verificar que la máquina este dentro de los requerimientos del procedimiento, la prensa que se posee en la empresa tiene las siguientes características.

<b>Marca</b>	Denison®
<b>Capacidad Nominal</b>	15 Toneladas
<b>Tipo</b>	Prensa hidráulica, de simple efecto
<b>Carrera</b>	30 cm
<b>Altura mínima del troquel</b>	25 cm
<b>Altura total</b>	60 cm

**Tabla 35 “Especificaciones de la prensa”<sup>199</sup>**

La regulación de la presión que ejerce la máquina, se hace de forma análoga, limitando el fin de carrera de la máquina como se muestra en la siguiente ilustración.



**Ilustración 100 “Disposición de fin de carrera de la prensa”<sup>200</sup>**

<sup>199</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.

<sup>200</sup> *Ibíd.*

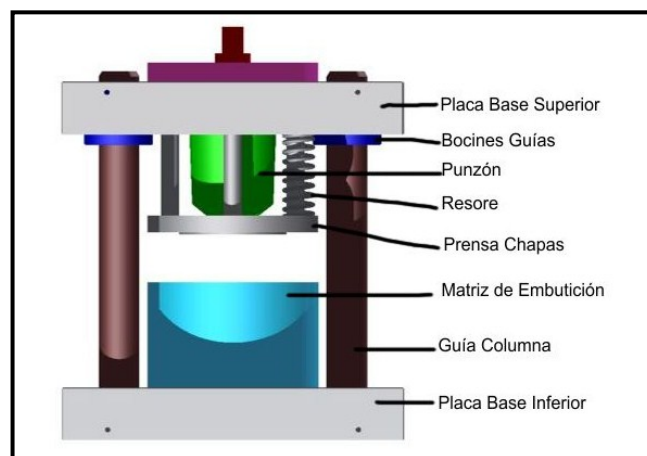


Desplazando el fin de carrera hacia abajo, se va controlando la carrera de la máquina así como la presión que ésta desarrolla, siendo un valor máximo de 15 Toneladas.

Al comparar los valores se tiene que la prensa si cumple el requerimiento mínimo de fuerza que debe suministrar la prensa, esta posee un sobre dimensionamiento teórico de 12 toneladas aproximadamente; 4 veces más de los que se requiere, a este valor restante se debe disminuir los valores correspondientes a otros elementos como son resortes, muelles u otros elementos que se emplean en dependencia del tipo de troquel.

### 1.3 Selección del tipo del troquel o matriz de embutición

La selección del tipo de troquel se hace en base al número de fases, como se indica en el ítem 0 Determinación de las fases de embutición se realiza en una sola fase, adicionalmente el limitante de la máquina con la que se cuenta para realizar el trabajo es un prensa hidráulica de simple efecto, por lo cual se debe emplear elementos adicionales como un expulsor para remover la pieza de la cavidad de la matriz, un prensachapas cuya fuerza es proporcionada mediante elementos mecánicos (resortes), para disminuir los esfuerzos de embutición que se ejerce sobre el blanco. El troquel tendrá una disposición de los elementos como se muestra en la siguiente ilustración.



**Ilustración 101 "Representación del troquel de embutido y sus partes"<sup>201</sup>**

<sup>201</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.

## 1.4 Diseño y dimensionamiento de los componentes de la matriz de embutición

Se inicia por dimensionar la matriz, ya que del modelo a obtenerse, las dimensiones externas son las relevantes. Se consideran los valores de las dimensiones base a partir de la

Ilustración 87 “Representación de las dimensiones para la cara exterior del modelo” como se muestra a continuación.

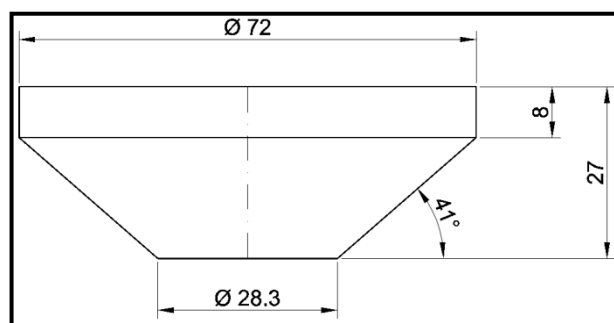


Ilustración 102 “Dimensiones base de la cavidad de la matriz”<sup>202</sup>

A partir de las dimensiones mostradas en la ilustración anterior, se procede a diseñar la matriz.

### 1.4.1 Matriz de embutición:

Como se describe en el ítem anterior, se parte de las dimensiones mostradas en la ilustración previa.

### Material

El material que se emplea para fabricar este componente es el “Acero Sverker 3” de Uddeholm, por sus propiedades y aplicaciones sugeridas por el fabricante como se muestra en el Anexo digital 3.1.1, cuyo equivalente es el AISI D6 cuyas propiedades se describen en el Anexo digital 3.1.2, así como la disponibilidad de stock interno en varias dimensiones.

<sup>202</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.

### **Tratamiento térmico**

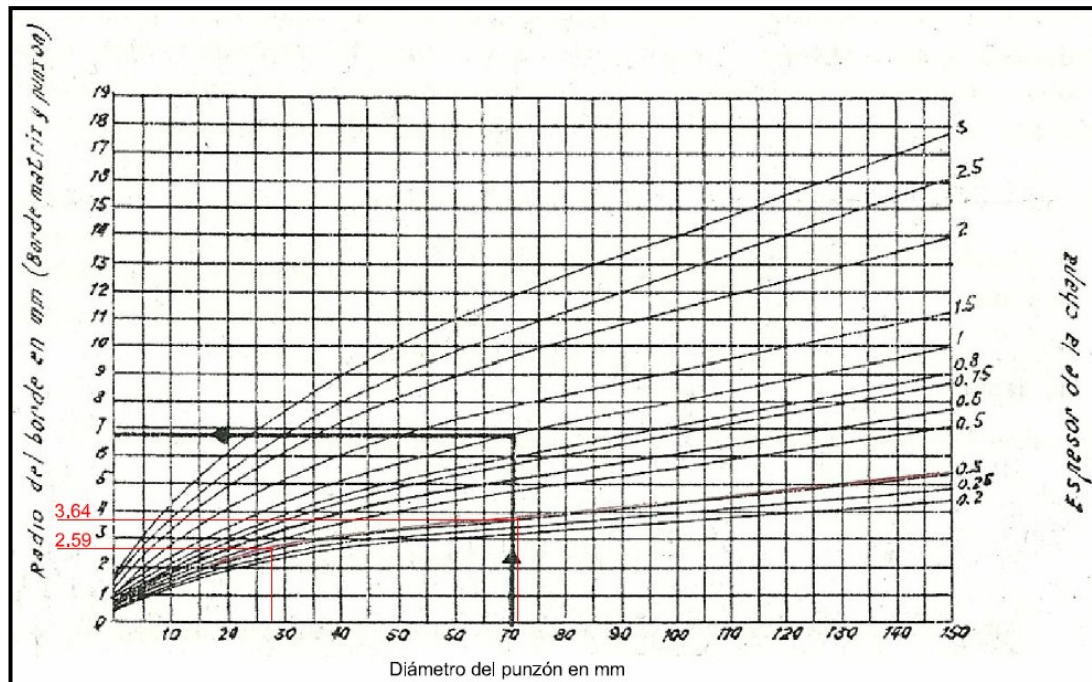
En el Anexo digital 3.1.1 donde se describen las aplicaciones de este acero, se muestra las curvas para su tratamiento térmico así como la dureza sugerida para las aplicaciones de corte, la dureza sugerida es de 60 a 62 HRC.

### **Juego de la matriz**

El juego que se debe tener entre el punzón y la matriz se aplica hacia el punzón, ya que las dimensiones de la matriz son las dimensiones base del proceso de diseño, por lo cual las dimensiones en bruto de la cavidad de la matriz queda inalterada.

### **Radio de embutición**

El radio de embutición que se emplea se hace en base a las dimensiones base que se posee, de esta forma, se sugiere tres puntos donde se han de tener un radio embutición; conforme a la Ilustración 61 “Nomograma para la determinación de los radios de los punzones y matrices de embutir” y se le han trazado las respectivas líneas de referencia para obtener los radios de embutición; los valores resaltados de color rojo son los valores aproximados que se extrae del nomograma; este valor se ha de incrementar a su inmediato superior para facilitar y mejorar la calidad del proceso de embutición.



**Ilustración 103 “Nomograma para determinar los radios de los punzones y matrices de embutir”<sup>203</sup>**

De esta forma los radios se aplican de la siguiente manera:

Diámetro 72 mm; radio en el borde= 3,64 mm; radio aplicado al borde = 3,7mm

Diámetro 28,3 mm; radio en el borde= 2,69 mm; radio aplicado al borde = 2,7mm

Quedando la geometría de la cavidad de la matriz como se muestra en el Anexo 10.2.02

Como se le ha aplicado el radio de embutición, es necesario que la cavidad de la matriz se desplace en profundidad mínimo la distancia que se tiene como radio de embutición, en este caso se ha introducir 3,7mm del nivel normal donde se ha de colocar el blanco como se muestra en la ilustración anterior.

<sup>203</sup> López Navarro Tomás, *Troquelado Y Estampación...*, Óp. Cit. pág. 138, Fig. 182

## **Espesor mínimo de la matriz**

El espesor mínimo que debe tener la matriz se considera de acuerdo a la siguiente tabla, que está en función del espesor de la chapa que se desea trabajar, se emplea la Tabla 3 “Espesores recomendados para placa matriz en función del espesor de la chapa a cortar”

Teniendo que el espesor está dentro del primer ítem que muestra la tabla, el espesor mínimo recomendado es de 23.8 mm, en función de la arista más próxima. Para la matriz, será al fondo de la embutición, en la cara que posee  $\varnothing = 27,30 \text{ mm}$ , a partir de esta cara su distancia mínima de espesor será 23.8 mm

## **Fijación y montaje de la placa matriz al bastidor.**

La fijación se realizará por medio de 4 elementos roscados al ser una pieza forma principalmente rectangular, mientras que el alineamiento se hace con todo el cuerpo de la matriz de embutición.

## **Elementos roscados**

Los elementos roscados que se emplean son pernos tipo Allen milimétricos empleando la Tabla 7 “Carga máxima de un perno Allen en función de su diámetro” y al sustituir los valores como se muestra en la siguiente tabla con los valores mínimos. Se requiere una carga mínima de 2300 [kgf] para resistir la carga que se ejerce en el punzonado y se transmite por la matriz hacia la placa base.

<b>Perno Tipo Allen</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Carga individual Admisible</b>	<b>Carga Total</b>
12 x 1,75 mm	4	1860 [kgf]	7440 [kgf]

**Tabla 36 “Cargas de fijación por pernos”<sup>204</sup>**

<sup>204</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.

Se emplean 4 pernos M12 x 1,75, los cuales soportan una carga mínima de 7440 [kgf] actuando en conjunto.

### **Pasadores cilíndricos**

No se emplea pasadores cilíndricos, en su lugar el diámetro exterior de la misma cumple la función de pasador cilíndrico.

### **Distancia arista de corte al borde**

Se emplea la Tabla 9 “Distancia mínima de la arista de trabajo al borde de la pieza en función del espesor de la placa matriz y el tipo de contorno” , en función del espesor de la placa que se está empleando, se toma los valores como se muestra en la siguiente tabla:

Espesor de la placa		Distancia mínima contorno - borde		
in	mm	Contorno sin ángulos (mm)	Contorno con ángulos rectos (mm)	Contorno con ángulos agudos (mm)
15/16	23.8	26.8	35.7	47.6

**Tabla 37 “Distancia mínima contorno – borde aplicado a la matriz”<sup>205</sup>**

### **Distancia mínima del agujero al borde**

Se emplea la Tabla 10 “Distancia mínima borde agujero acorde al material” que al aplicar se tiene, se toma el valor de  $1 \frac{1}{4} D$  al ser la matriz de acero de herramienta, teniendo par los elementos las siguientes distancias

$$L = 1 \frac{1}{4} * D$$

A partir de ella se elabora una selección de pernos

<sup>205</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.

<b>Perno</b>	<b>Distancia</b>	<b>Pasador</b>	<b>Distancia</b>
M6 x 1,00 mm	7,5 mm	φ 6 mm	7,5 mm
M8 x 1,25 mm	10 mm	φ 8 mm	10 mm
10 x 1,5 mm	12,5 mm	φ 10 mm	12,5 mm
12 x 1,75	15 mm	φ 12 mm	15 mm

**Tabla 38 “Distancia mínima del agujero al borde”<sup>206</sup>**

### **Distancia entre perforaciones**

Se aplica la Tabla 11 “Distancia mínima entre perforaciones acorde al material”

Se toma el valor de  $1 \frac{1}{8} D$  al ser la matriz de acero de herramienta, teniendo par los elementos las siguientes distancias

$$L = 1 \frac{1}{8} * D$$

A partir de ella se elabora una selección de pernos

<b>Perno</b>	<b>Distancia</b>	<b>Pasador</b>	<b>Distancia</b>
M8 x 1,25 mm	9 mm	φ 8 mm	9 mm
10 x 1,5 mm	11,25 mm	φ 10 mm	11,25 mm
12 x 1,75 mm	13,5 mm	φ 12 mm	13,5 mm

**Tabla 39 “Distancia mínima entre perforaciones”<sup>207</sup>**

<sup>206</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.

<sup>207</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.

## Longitud de rosca

Se aplica la Tabla 8 “Longitud mínima de roscado en función del material y diámetro” se toma el valor de  $1 \frac{1}{2} D$ , a partir de este se elabora la siguiente tabla:

Perno	Longitud de roscado
12 x 1,75	18 mm

Tabla 40 “Longitud mínima de roscado”<sup>208</sup>

## Ángulo de salida.

Para facilitar la salida de la pieza embutida de la cavidad de la matriz sobre la arista que forma un ángulo recto se con la cara plana de matriz, se hace una desviación de la misma de  $1^\circ$  a  $3^\circ$  adicional al radio que se le hace sobre la arista; quedando la forma de la cavidad como se muestra en el Anexo 10.2.02

## Resorte del expulsor de la matriz

El resorte se diseña en base a la Fuerza de expulsión y se asiste empleando Autodesk Inventor con el módulo “Design Accelerator”, el cual se describe completamente el en Anexo 9.2. Resorte expulsor

## Resumen de dimensiones y disposición final de la matriz

Descripción	Valor de aplicación.
Material	<i>Acero Sverker 3</i>
Tratamiento térmico	<i>Temple y revenido 60 – 62 HRC</i>
Juego de embutición	<i>No se aplica en la matriz</i>
Radios de embutición	<i>R1= 3,7 para diámetro 72 mm</i>

208 Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.



	<i>R2= 2,7 para diámetro 28,3 mm</i>
Espesor mínimo de la placa	<i>23,8 mm</i>
Ángulo de salida	<i>2°</i>
Uniones apernadas	<i>Pernos Allen M12x1,75</i>
Alineación	<i>Cuerpo entero de la matriz alinea con la placa base.</i>
Distancia Arista – borde matriz	<i>35,7 mm</i>
Distancia eje perforaciones a borde	<i>Pernos M12x1,75 = 15 mm</i>
Distancia entre perforaciones	<i>Pernos M12x1,75 = 13,5 mm</i>
Longitud de rosca	<i>M12 x 1,75 = 18 mm</i>

**Tabla 41 “Resumen de valores para el dimensionamiento de la matriz”<sup>209</sup>**

Las dimensiones finales que debe tener la matriz de embutición y la distribución de los elementos de fijación y alineamiento se muestra en el Anexo 10.1.2 “Matriz de embutido troquel 1ME-0001.0”

#### **1.4.2 Punzón de embutición**

##### **Material**

El material que se emplea para fabricar este componente al igual que para la matriz es el “Acero Sverker 3” de Uddeholm, por sus propiedades y aplicaciones sugeridas por el fabricante como se muestra en el Anexo digital 3.1.1 y su equivalente el AISI D6 del cual se describe sus propiedades en el Anexo digital 3.1.2, así como la disponibilidad de stock interno en varias dimensiones. Adicionalmente la relación de comportamiento entre el punzón y la matriz debe ser homogénea, para que ambos componentes reaccionen de formas similares.

<sup>209</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.

## Tratamiento térmico

Temple, acorde al Anexo digital 3.1.1, con una dureza de 60 – 62 HRC

## Radio de embutición

Los radios de embutición, han de tener las mismas dimensiones que los empleados en la matriz, para evitar que se produzca un efecto de adelgazamiento y/o falta de fluidez del material en las regiones o lugares donde actúan los radios.

## Juego del punzón

El juego se le aplica a las dimensiones que ha de poseer la forma del punzón, de acuerdo al ítem *Huelgo de embutición* el juego se obtiene de acuerdo a la Ecuación 41 “Obtención del número de operaciones de embutido”

$$u_z = s + 0,04 a \sqrt{10 * s}$$

Se aplica las especificaciones que requiere el empleo de la ecuación

$$a = \beta_{100} * d_p / D$$

$d_p$  = diámetro del punzón

D= diámetro del desarrollo

$\beta_{100}$ =Relación de gradación; se toma el valor d Anexo digital 8

Se calcula para los dos diámetros para observar su diferencia y si es significativa, emplearemos una media aritmética de los resultados obtenidos.

Siendo los valores correspondientes a la punta del cono como se muestra a continuación:

$$s = 0,5 \text{ mm}$$

$$\beta_{100} = 1,70$$

$$d_p = 28,3 \text{ mm}$$

$$D = 93,87 \text{ mm}$$

$$a = 1,70 * \frac{28,3}{93,87} = 0,513$$

$$u_z = 0,5 + 0,04 * 0,513 * \sqrt{10 * 0,5} = 0,55 \text{ mm } (.44104)$$

Siendo los valores correspondientes a la base del cono como se muestra a continuación:

$$s = 0,5 \text{ mm}$$

$$\beta_{100} = 1,70$$

$$d_p = 72 \text{ mm}$$

$$D = 93,87 \text{ mm}$$

$$a = 1,70 * \frac{72}{93,87} = 1,304$$

$$u_z = 0,5 + 0,04 * 1,304 * \sqrt{10 * 0,5} = 0,62 \text{ mm } (0.50432)$$

Como la deformación es iniciada por el diámetro de 28,3mm se toma el valor de  $u_z = 0,55$  como holgura que debe poseer las dimensiones del punzón respecto a la matriz quedando el perfil de embutido del punzón como se muestra en el Anexo 10.2.9 "Punzón de embutido troquel 1ME-0001.0"

## Longitud máxima

La longitud máxima permitida se determina por medio de la resistencia al pandeo, se hace para comprobar que la fuerza que debe transmitir y soportar no produzca una deformación por pandeo del punzón al aplicar su fuerza máxima

## Resistencia al pandeo del punzón

La resistencia al pandeo que debe tener el punzón se hace en base a la Ecuación 4 “Longitud máxima para punzones cilíndricos”

$$L = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{FP}}$$

De esta ecuación, se sustituye los siguientes valores.

E= Módulo de elasticidad del material del punzón (kgf/mm<sup>2</sup>)

I= Inercia en mm<sup>4</sup> de acuerdo a la sección (se obtiene fórmula del Anexo digital 4.8)

FP= fuerza de pandeo; suponemos que la fuerza de pandeo que ha de soportar es igual a la fuerza máxima de deformación máxima, debido a ser la fuerza máxima que ha de soportar el punzón (kgf).

Aplicando la ecuación anterior, se tiene que la longitud máxima que debe soportar el punzón se hace en base a los siguientes datos.

$$E = 194000 \text{ N/mm}^2 = 19782,49 \text{ kgf/mm}^2$$

$$I = \frac{d^4 * \pi}{64} = \frac{27,8^4 * \pi}{64} = 29318.9952 \text{ mm}^4$$

El diámetro que se considera es menor diámetro de la forma.

FP= 2160,65 kgf

Al reemplazar estos valores en la Ecuación 1.18 “Longitud máxima para punzones cilíndricos” se tiene:

$$L = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{FP}} = \sqrt{\frac{\pi^2 * 19782,49 * 29318,9952}{2160,65}} = 1627,69 \text{ mm}$$

$$L = 1627,69 \text{ mm}$$

### **Fijación y montaje del punzón**

El punzón se monta directamente en la base superior, a base de un resalto en la parte superior del punzón, el diámetro mayor impide el desplazamiento axial, mientras su diámetro menor permite el alineamiento concéntrico.

No se emplea elementos roscados para la fijación, la fijación se hace por medio del acople entre la prensa y el troquel, el cual aplica la fuerza directamente hacia el punzón.

La fijación se realiza impidiendo el desplazamiento axial del punzón, el alineamiento se hace por medio del cuerpo del punzón en la placa base superior del bastidor.

### **Ángulo de salida.**

Se hace una separación equidistante igual a la desviación empleada en la cavidad de matriz como se muestra en el Anexo 10.2.9

## Resumen de dimensiones y disposición final del punzón

Descripción	Valor de aplicación.
Material	<i>Acero Sverker 3</i>
Juego de embutición	<i>0,62 mm</i>
Radios de embutición	<i>R1= 3,7 para diámetro 72mm R2= 2,7 para diámetro 28,3 mm</i>
Longitud máxima	<i>L=1627,69 mm</i>
Ángulo de salida	<i>2°</i>
Uniones apernadas	<i>No aplica</i>
Alineación por pasadores	<i>No aplica</i>

**Tabla 42 “Resumen de valores para el dimensionamiento del punzón”**<sup>210</sup>

Las dimensiones finales y distribución final que debe tener los elementos de fijación y alineamiento del punzón de embutición se muestran en el Anexo 10.1.9 “Punzón de embutido troquel 1ME-0001.0”

### 1.4.3 Prensachapas

El prensachapas tendrá una forma de anillo, que se acopla al conjunto superior formado por la base superior, bujes y punzón.

#### Material

Para el prensachapas se emplea acero de construcción mecánica, AISI 1045 por sus propiedades y aplicaciones sugeridas por el fabricante como se muestra en el Anexo digital 3.3.1 o su equivalente el Böhler V945 el cual se describe en el Anexo digital 3.3.2, así como la disponibilidad de stock interno en varias dimensiones.

---

<sup>210</sup> 210 Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.

## Presión del prensachapas

La presión que debe ejercer el prensachapas hacia el blanco se determina de forma teórica mediante la Ecuación 52 “Presión necesaria para el prensachapas” en los procesos de embutición, de formas cilíndricas compuestas como el modelo embutido planteado, la presión y la correspondiente fuerza que se ejerce se debe considerar, que la fuerza no suele ser constante, varía en función del área de aplicación,

$$p_n = c \left[ (\beta - 1)^2 + 0,5 \frac{d}{100s} \right] \cdot \sigma_B$$

Se aplican los valores conocidos para el máximo

$$\beta = 93,87 / 27,8 = 3,38$$

$$\sigma_B = 370 \text{ MPa} = 37,73 \text{ [kg/mm}^2\text{]}$$

$$c = 0,20$$

$$s = 0,5 \text{ [mm]}$$

$$p_n = 0,20 \left[ (3,38 - 1)^2 + 0,5 \frac{27,8}{100 \cdot 0,5} \right] \cdot 37,73$$

$$p_n = 44,84 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right]$$

Se aplican los valores conocidos para el mínimo, cuando se inicia la embutición de la sección cilíndrica de la pieza

$$\beta = 85,68 / 71,5 = 1,19$$

$$\sigma_B = 370 \text{ MPa} = 37,73 \text{ [kg/mm}^2\text{]}$$

$$c = 0,25$$

$$s = 0,5 \text{ [mm]}$$

$$p_n = 0,2 \left[ (1,19 - 1)^2 + 0,5 \frac{71,5}{100 \cdot 0,5} \right] \cdot 37,73$$

$$p_n = 5,67 \left[ \frac{kg}{mm^2} \right]$$

### Fuerza del pisón

La fuerza del pisón, para obtener el resorte o resortes que se han de emplear, se obtiene aplicando la Ecuación 53 “Fuerza del pisón”

$$P_n = p_n \cdot \frac{\pi}{4000} \cdot [D^2 - (d_m + 2r)^2] [kg]$$

Al sustituir con los valores obtenidos previamente, se tiene:

$$P_n = 44,84 \cdot \frac{\pi}{4000} \cdot [93,87^2 - (72 + (2.3,7))^2] [kg]$$

$$P_n = 88.30 [kg]$$

$$P_n = 865,93 [N]$$

Como fuerza mínima que debe ejercer el pisón, se tiene

$$P_n = 5,67 \cdot \frac{\pi}{4000} \cdot [93,87^2 - (72 + 3,7)^2] [kg]$$

$$P_n = 11,17 [kg]$$

$$P_n = 109.54 [N]$$

Al emplearse un resorte para proporcionar la fuerza al pisón, la fuerza debe estar dentro del rango de mínimo 109,54 N a 865.93 N máximo, **la fuerza exacta, se determina por práctica**, los detalles constructivos y de diseño para los resortes, se hacen por medio de Autodesk Inventor y su módulo de diseño de elementos, en resortes de compresión, los cuales se detallan en el Anexo digital 9.1.



## **Juego del prensa chapas**

Se hace en función del trazado de la trayectoria y forma del punzón, con las dimensiones de la matriz, ya que el punzón posee sus dimensiones con el juego ya aplicado.

## **Espesor**

El espesor que se ha de emplear en su sección más pequeña es de 31mm; en la sección de contacto con el blanco es de 35mm y consiguiente sección de aplicación de las fuerzas.

Al aplicar la fuerza máxima que se debe suministrar al prensachapas una carga distribuida de 866 N en su sección acanalada donde se aloja un resorte de compresión que suministra la fuerza.

## **Fijación y montaje**

Se fija por medio de 4 espárragos, que su vez cumplen la finalidad de guías del prensa chapas, para garantizar el alineamiento del mismo con los componentes principales del troquel.

## **Elementos roscados**

Se aplica la Tabla 7 “Carga máxima de un perno Allen en función de su diámetro” para verificar las cargas.

<b>Perno Tipo Allen</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Carga individual Admisible</b>	<b>Carga Total</b>
M10 x 1,5	4	1565 [kgf]	6260 [kgf]

Soporta una carga total de 6260 [kgf] que se aproxima a 61389.63 [N], de carga admisible mientras que carga que debe soportar es alrededor de 866 [N].

## **Pasadores**

No se emplean pasadores propiamente se emplean guías columnas en el mismo cuerpo del espárrago como se indica anteriormente.

## **Resorte del prensachapas**

Para el dimensionamiento de los resortes se tienen los siguientes requerimientos.

Se aplica las ecuaciones de la Tabla 13 “Fórmulas de cálculo para resortes helicoidales de acero de resorte”, así como las ecuaciones Ecuación 29 “Carga máxima admisible de un resorte de sección circular” si al aplicar las ecuaciones la distribución de la fuerza en los cuatro elementos no es suficiente y se requiera más elementos, se aplica la Ecuación 33 “Igualdad en juego de tres resortes” para determinar la factibilidad de empleo de un juego de 3 resortes. Para se puede emplea Autodesk Inventor y el módulo Design Accelerator por medio del cual se puede obtener un dimensionamiento de los resortes más específicos, y se pueden agilizar cambios para obtener los modelos de resortes.

Se fabrican tres resortes en tres rangos de valores de compresión puesto que no se puede obtener un resorte acorde a las dimensiones del conjunto del troquel así como la disposición de espacio de trabajo de la máquina en el rango de fuerzas desde los 110 N hasta los 866 N, en el Anexo digital 9.1

## **Resumen de dimensiones y disposición final del prensachapas**

<b>Descripción</b>	<b>Valor de aplicación.</b>
Material	Acero AISI 1045 / Böhler V945
Juego de embutición	Acorde al perfil del punzón
Fijación	4 Roscas M10 x 1,5

Alineación	Guías columnas.
Longitud de rosca	15 mm
Carga por resortes	110N a 866 N

Las dimensiones finales que debe tener la matriz de embutición se muestra en el Anexo 10.1.14 “Prensachapas troquel 1ME-0001.0”

#### **1.4.4 Expulsor**

El expulsor se ubica en el fondo de la cavidad de la matriz, su finalidad es remover la pieza embutida de la cavidad de la matriz, el desplazamiento es únicamente la diferencia de la sección cilíndrica, se desplaza 10 mm

#### **Dimensiones y diseño**

Las dimensiones se detallan en el Anexo 10.1.5 “Expulsor troquel 1ME-0001.0”

#### **Material**

Al ser un elemento que soporta cargas de compresión y requiere un acabado superficial óptimo, se emplea el acero Impax Supreme, cuyas propiedades se describen en el Anexo digital 3.2.1, el equivalente es e AISI P20 cuyas propiedades se describen en el Anexo digital 3.2.2 y el Böhler M238 cuyas propiedades se describen en el Anexo digital 3.2.3. Acorde a las propiedades que se describen en los anexos antes mencionados.

#### **Tratamiento térmico**

Temple con 45 a 50 HRC de dureza.

## **Diseño y dimensiones**

Los detalles constructivos de diseño, se muestran en el Anexo 10.2.5 “Expulsor troquel 1ME-0001.0”

### **1.4.5 Guías prensachapas**

Las guías del prensachapas, soportan la carga de deslizamiento, en sus extremos roscados soportan la carga axial del resorte, los 866 N como fuerza máxima, su función es alinear al prensachapas con el punzón y regular la precarga del resorte. Se deslizan dentro de bocines de Bronce SAE 40.

### **Material**

El material a emplear es Plata K510 el cual se describe en Anexo digital 3.4.1, cuyo equivalente es el “Acero plata rectificado” el cual se describe en el Anexo digital 3.4.2, los cuales se suministran en barras redondas, con acabado rectificado en tolerancia h8. Como se muestra en los anexos digitales 3.4.1 y 3.4.2

### **Tratamiento térmico**

Ninguno.

## **Diseño y dimensiones**

Las dimensiones así como los detalles constructivos de diseño, se especifican en el Anexo 10.1.15 “Guía prensachapas troquel 1ME-0001.0”

## 1.4.6 Bocines guías prensachapas

### Material

Bronce SAE40 por sus propiedades de aplicaciones que se muestran en el Anexo digital 3.5.

### Tratamiento térmico

Ninguno

### Diseño y dimensiones

Se especifican en el Anexo 10.2.10 “Bocín guía prensachapas troquel 1ME-0001.0”

## 1.4.7 Bases o porta matrices

Para el diseño y selección de los componentes donde se deben montar el resto de componentes, empleamos los métodos de 1.6.8 , haciendo énfasis en el Anexo digital 4.3, con sus tres componentes, en función de dicho anexo se dimensionó y se selección las partes que componen el armazón.

### Dimensiones

#### Espesor de la placa

Para determinar el espesor de la placa base, se aplica la Ecuación 8 “Espesor de las placas base” .

$$\textit{Espesor bases} \geq 1,5 D$$

Al sustituir los valores conocidos se tiene:

$$\textit{Espesor bases} \geq 1,5 \cdot 40 [mm]$$

***Espesor bases  $\geq 45$  [mm]***

### **Material**

El material seleccionado para las placas bases a partir de los catálogos de aceros es el AISI 1045 que se describe en el Anexo digital 3.3.1 y su correspondiente equivalente el Böhler V945 que se describe en el Anexo digital 3.3.2 en la cual se destaca su aplicación para la “fabricación de “porta matrices”

### **Tratamiento térmico**

No se realiza ningún tratamiento térmico.

#### **1.4.7.1 Bocines**

### **Dimensiones**

Se dimensionan a partir del Anexo digital 4.2; las dimensiones finales se muestran en el Anexo 10.2.8. “Bocín guía troquel 1ME-0001.0”

### **Material**

De acuerdo a los catálogos y en función del material de las columnas, se emplea el acero Impax Supreme, cuyas propiedades se describen en el Anexo digital 3.2.1, el equivalente es e AISI P20 cuyas propiedades se describen en el Anexo digital 3.2.2 y el Böhler M238 cuyas propiedades se describen en el Anexo digital 3.2.3.

#### **1.4.7.2 Columnas**

Las columnas o pernos guías, se seleccionaron basados en los catálogos que se muestran en los Anexos digitales 4.1 y 4.3

## **Longitud**

La longitud de la columna es la base para su dimensionamiento, se hizo en función de los componentes principales, el punzón, la matriz y el resorte del prensachapas, se considera la altura aproximada que ha de tener el conjunto con los componentes anteriormente definidos así como el resorte del prensachapas, el punzón y la matriz. La longitud mínima aproximada es de 200mm, a esta dimensión se debe añadir el espesor de las placas y una separación adicional que permita colocar el blanco en la matriz y remover de la matriz la pieza embutida sin interferencias.

Como se muestra en el Anexo digital 4.1. Hay diversos modelos de columnas con diferentes formas de fijación y alineamiento.

Se diseña a partir de del catálogo de columnas personalizadas HASCO ®, en columnas lisas, sin resalto, que alcanzan hasta una longitud de 400mm, como se muestra en el Anexo digital 4.3.1.2.

Se le realiza un resalto de 10 mm para evitar un posible desplazamiento axial.

## **Diámetro**

El diámetro como se muestra en el Anexo digital 4.3.1 oscila desde 38 mm hasta 63 mm, se selecciona el diámetro de 40 mm

## **Dimensiones y diseño**

Las dimensiones y diseño final se muestran en el Anexo 10.1.3 “Guía columna troquel 1ME-0001.0”

## **Material**

El material para fabricar este elemento es se emplea el acero Impax Supreme, cuyas propiedades se describen en el Anexo digital 3.2.1, el

equivalente es e AISI P20 cuyas propiedades se describen en el Anexo digital 3.2.2 y el Böhler M238 cuyas propiedades se describen en el Anexo digital 3.2.3 por las propiedades que se describen en dicho anexos.

### **Tratamiento térmico**

Las columnas serán templadas con una dureza de 45 a 50 HRC

#### **1.4.7.3 Base Inferior**

En la base inferior, se alojan las 4 guías columnas, y se aloja la matriz en una cavidad que le sirve de guía, como se muestra en el Anexo 10.1.1 “Base inferior troquel 1ME-0001.0”

#### **Perforaciones:**

Para determinar la separación mínima de las perforaciones al borde se aplica la Tabla 10 “Distancia mínima borde agujero acorde al material”, y se considera la al borde de la base son las columnas, se toma el diámetro de las columnas.

Al aplicar la tabla, se tiene los siguientes resultados:

<b>Diámetro</b>	<b>Acero Maquinas.</b>
40 [mm]	40 [mm]

#### **Largo y Ancho**

Para determinar el largo y el ancho de las bases se basa en el espesor mínimo que se obtuvo previamente y las dimensiones de la matriz, adicionalmente se considera un espacio que permita la maniobra, en este caso permitir colocar el blanco y retirar la pieza embutida.



Se requiere un área útil mínima de 150mm x 150mm, se adiciona la separación de las columnas al borde, y la longitud y ancho mínimo se incrementa a 240mm x 240mm, se incrementa a 300mm x 300mm por el espacio para maniobrar.

### **Dimensiones**

Las dimensiones y diseño final se muestran en el Anexo 10.1.1 “Base inferior de troquel 1ME-0001.1/1

#### **1.4.7.4 Base superior**

La base superior se lleva las perforaciones de las columnas en la misma posición que la base inferior, aloja al punzón de embutido con su resalto y en este se alojan los bocines, para las guías columnas y para las guías del prensa chapas.

### **Perforaciones**

Las perforaciones críticas son igualmente por las columnas, no se considera al diámetro de los bocines, los bocines se consideran solidarios a la placa.

### **Largo y ancho**

El largo y el ancho de la base superior son iguales al largo y al ancho de la base inferior.

### **Dimensiones**

Las dimensiones y diseño finales de la base superior, se muestran en el Anexo 10.1.7. Placa base superior troquel 1ME-0001.0

#### **1.4.8 Acople prensa – troquel**

El acople prensa troquel, no se puede hacer de forma normalizada ya que no es una prensa de tipo normalizada para troquelado.

##### **Material**

El material que se selecciona a partir de los catálogos de aceros es el Impax Supreme que se describe detalladamente en el Anexo digital 3.2.1, losa equivalentes son el AISI P20 que se describe en el Anexo digital 3.2.2 y el Böhler M238 que se describe en el Anexo digital 3.2.3.

##### **Tratamiento térmico**

No se aplica un tratamiento térmico.

##### **Dimensiones y diseño**

Las dimensiones y diseño del acople prensa troquel se hace a partir del husillo de la prensa, se tiene una sección para acople de herramientas con una rosca de 1" – 14 Hilos (1-14 UNS) para garantizar el acoplamiento, a continuación un espacio para alojar un cambio de sección de 1¼" x ½" el cual facilita el alineamiento, el diámetro del usillo es de 2 ½"; sobre este propiamente actuará la fuerza de la prensa.

Con estas consideraciones, las dimensiones y detalles constructivos de diseño se muestran en el Anexo 10.2.11 "Acople prensa – troquel"

#### **1.4.9 Fijación superior**

##### **Material**

De los catálogos de aceros se selecciona el acero AISI 1045 para construcción mecánica de acuerdo a sus propiedades que se describen en el

Anexo digital 3.3.1 y su equivalente el Böhler V945 cuyas propiedades se describen en el Anexo digital 3.3.2.

### **Tratamiento térmico**

No se aplica un tratamiento térmico

### **Espesor**

El espesor de la fijación superior, se hace en función al acople prensa troquel.

### **Fijación y alineamiento**

La fijación se hace empleando cuatro pernos tipos Allen M12 hacia la placa base superior.

### **Diseño**

Las dimensiones finales y los detalles constructivos de diseño se detallan en el Anexo 10.2.12. Fijación superior troquel 1ME-0001.0

## **1.4.10 Regulación prensachapas**

### **Material**

El material que se selecciona a partir de los catálogos de aceros es el Impax Supreme que se describe detalladamente en el Anexo digital 3.2.1, los equivalentes son el AISI P20 que se describe en el Anexo digital 3.2.2 y el Böhler M238 que se describe en el Anexo digital 3.2.3.

### **Tratamiento térmico**

No se realiza ningún tratamiento térmico

## Diseño y dimensiones

Las dimensiones, así como los detalles constructivos de diseño se detallan en el Anexo 10.2.17. Regulación troquel 1ME-0001.0

## 2 Troquel para corte de blancos

Todos los elementos que conforman un troquel para corte por medio de punzón y matriz se dimensionan para su interacción en conjunto; partimos inicialmente de Cada elemento que conforma el troquel de corte se diseña en función de los esfuerzos, geometría distribución y capacidades que se desea.

### 2.1 Requerimientos de diseño

#### 2.1.1 Dimensiones del blanco

Acorde al capítulo anterior, el blanco debe poseer las siguientes dimensiones y características generales.

Forma : Circular

Diámetro:  $93,87 \text{ mm} \approx 94 \text{ mm}$

Material: UNS C26000 con grado de temple H01 a  $\frac{1}{4}$  de dureza disponible en flejes.

Espesor: 0,4 mm

#### 2.1.2 Separación entre las piezas

Basado en el tipo de distribución a emplearse y sustituyendo los valores conocidos se emplea la Ecuación 13 “Separación entre piezas”

$$s = \frac{(5e + 9)}{12}$$

$$s = \frac{((5 * 0,4) + 9)}{12}$$

$$**s = 0,92 mm**$$

### **2.1.3 Separación entre la pieza y el borde del fleje**

La separación mínima que se debe tener respecto al borde del fleje se obtiene aplicando la Ecuación 15 “Separación entre la pieza y el borde con proximidad en un punto” Ecuación 15 “Separación entre la pieza y el borde con proximidad en un punto” ya que la proximidad entre las piezas es en un solo punto y se sustituye los valores conocidos.

$$s' = e \geq 1 \text{ mm}$$

$$s' = 0,4 \text{ mm}$$

Como la sustitución del valor no cumple el condicionamiento de la ecuación, el valor que se debe asumir es el valor de la condicional de la ecuación por lo tanto

$$**s' = 1 mm**$$

### **2.1.4 Paso**

El paso mínimo sugerido se obtiene empleando la Ecuación 11 “Paso mínimo del fleje” teniendo presente que por ser un forma circular, la dimensión máxima de longitud debe ser igual al diámetro de la forma que vamos a emplear es decir  $d=94,00 \text{ mm}$ ; al reemplazar en la ecuación tenemos

$$p = l_{max} + s$$

$$p = 94 + 0,4$$

$$p = 94,04 \text{ mm}$$

Este paso teórico es sustituido por el paso real que se ha de obtener con las separaciones reales aplicadas al fleje en el ítem Dimensiones para el fleje. Siendo  $s=5,4$  mm al sustituir en la ecuación se tiene:

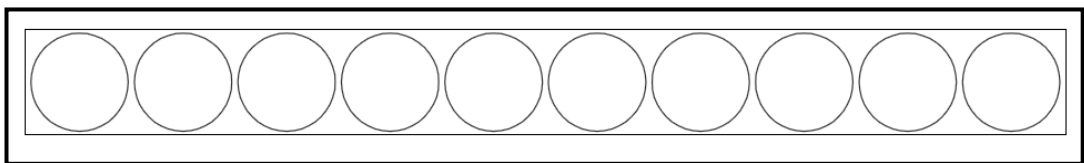
$$p = 99,4 \text{ mm}$$

### 2.1.5 Disposición y distribución

La pieza se va a realizar en una disposición normal de la pieza que se desea obtener por ser una sola forma geométrica.

Se realiza una distribución simple por que el espesor de la chapa es muy pequeño en relación al diámetro del punzonado que se va a realizar; como se debe realizar otro proceso a continuación el embutido, se requiere que la pieza sufra la menor deformación y defectos por corte.

Del mismo modo este tipo de disposición y distribución encaja con la forma de suministro de material en flejes enrollados (tiras de chapa) como se muestra en la siguiente ilustración.



*Ilustración 104 "Distribución y aprovechamiento del fleje" <sup>211</sup>*

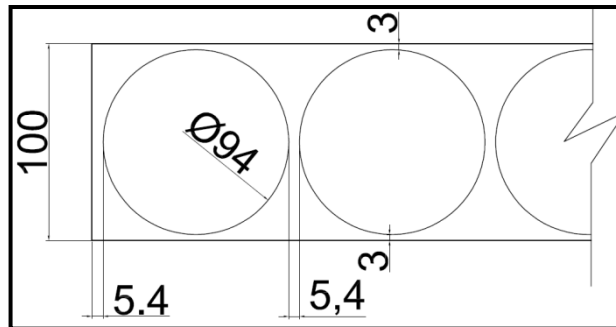
### 2.1.6 Dimensiones para el fleje.

A partir de las distancias antes calculadas, se procede a trasladar estas medidas a las dimensiones del fleje y tener el máximo aprovechamiento del fleje.

---

211 Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.

Del trazado y mediciones se tiene que el ancho del fleje que puede suministrar el proveedor y con el que se consigue el mejor aprovechamiento es el fleje con ancho de 100 mm por cada metro de longitud es como se muestra en las siguientes ilustraciones.



*Ilustración 105 “Distribución y aprovechamiento del fleje con dimensiones”<sup>212</sup>*

### 2.1.7 Aprovechamiento del fleje

De acuerdo a la ilustración anterior, las dimensiones que se aplican nos dan un aprovechamiento al aplicar la Ecuación 12 “Aprovechamiento del Fleje”

$$\text{Aprovechamiento} = \frac{\text{Area individual cortada} * \# \text{ de piezas}}{\text{Area del fleje}} * 100\%$$

Y reemplazando los valores conocidos se tiene por cada metro del fleje:

$$\text{Aprovechamiento} = \frac{\pi * \left(\frac{94}{2}\right)^2 * 10}{100 * 1000} * 100\%$$

$$\text{Aprovechamiento} = 69,40\%$$

### 2.1.8 Esfuerzo de corte

Se hace empleando la Ecuación 16 “Esfuerzo de corte”

$$F = \sigma_T * l * e$$

<sup>212</sup> *Ibíd.*

Para ello se conoce:

Resistencia a la cizalladura $\sigma_T$	250 MPa
De la Tabla 17 "Propiedades mecánicas típicas de C26000 "	25,49 kgf/mm <sup>2</sup>
$l$ (perímetro)	295,31 mm
$e$ (espesor)	0,5 mm

Aplicando la ecuación se tiene:

$$F = 25,49 * 295,31 * 0,4 \text{ [kgf]}$$

$$F = 3010,98 \text{ [kgf]}$$

Es la fuerza mínima que se requiere transmitir el punzón hacia la matriz para producir el corte.

### 2.1.9 Trabajo de corte

Se aplica la Ecuación 17 "Trabajo de corte"

$$T = F * e$$

Reemplazando con los valores conocidos tenemos

$$T = 3010,98 * 0,4 \text{ [kgf. m]}$$

$$T = 1204,39 \text{ [kgf. m]}$$



### 2.1.10 Fuerza de extracción

Se aplica la Ecuación 18 “Fuerza de extracción para recorte en plena chapa”  
Ecuación 18 “Fuerza de extracción para recorte en plena chapa”

$$F_{ex} = 7\% * F$$

Reemplazando con los valores conocidos.

$$F_{ex} = 7\% * 3010,98 \text{ [kgf]}$$

$$F_{ex} = 210,77 \text{ [kgf]}$$

Es la fuerza mínima que ha de ejercer el prensachapas como expulsor dispuesto en el punzón.

### 2.1.11 Fuerza de expulsión

Se aplica la Ecuación 21 “Fuerza de expulsión”

$$F_{exp} = 1,5\% * F$$

Reemplazando los valores conocidos se tiene

$$F_{exp} = 1,5\% * 3010,98 \text{ [kgf]}$$

$$F_{exp} = 45,16 \text{ [kgf]}$$

Es la fuerza mínima que se debe aplicar adicional a la de corte para facilitar la remoción del recorte de la cavidad de la matriz.

### 2.1.12 Fuerza total

La fuerza total requerida para realizar el trabajo es:

$$3266,91 \text{ [kgf]} = 3,27 \text{ [toneladas]}$$

Se emplea un factor de seguridad de 1.5 veces el valor de fuerza total por diseño.

$$Fuerza\ total = 4,90 \text{ [Toneladas]}$$

### 2.1.13 Juego entre punzón y matriz

Se aplica la siguiente ecuación

$$j = \frac{4 + 1,5 e^2}{100}$$

Al reemplazar los valores conocidos tenemos.

$$j = \frac{4 + 1,5 * 0,4^2}{100}$$

$$j = 0,04 \text{ mm}$$

El juego se aplica al punzón, se disminuye el valor del juego a su dimensión nominal diametral. Así el punzón ha de tener un diámetro de corte = 93,96 mm

## 2.2 Prensa para troquelado

Para el troquelado generalmente se emplea prensas del tipo mecánicas de excéntrica, con las cuales se realiza el golpe.

En su lugar se empleará una prensa hidráulica de simple efecto, la cual alcanza una potencia teórica de 15 toneladas de presión como se muestra en la siguiente ilustración.



***Ilustración 106 “Prensa hidráulica 15 toneladas Denison propiedad de FV Área Andina”<sup>213</sup>***

La presión que debe suministrar la prensa es 4,90 [toneladas], al ser una prensa de tipo hidráulica de simple efecto, la presión se alcanza regulando el límite inferior de la carrera de la máquina, al incrementar el límite inferior de la carrera de la máquina cuando el punzón hace contacto con la chapa, la prensa desarrolla su fuerza, la cual se aprecia en relación a la presión manométrica de aceite que se suministra al cilindro, hasta alcanzar una presión teórica manométrica mínima de 1525 PSI para superar la fuerza total necesaria, como se muestra en la siguiente ilustración.

---

<sup>213</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.



**Ilustración 107 “Límite inferior prensa Denison”<sup>214</sup>**

Como se aprecia en la ilustración anterior, la regulación de la carrera se hace por apreciación visual.

### **2.3 Selección del tipo de troquel**

Del marco teórico de los diferentes tipos, se pre seleccionan tres tipos de troqueles.

Tipo corte progresivo:

Se lo emplea cuando se requiere varias operaciones, se puede emplearse para realizar el corte del blanco y realizar un recorte del excedente de la tira una vez realizado el corte. Su construcción es compleja y requiere un elevado costo, se emplea para volúmenes de producción elevados, se requiere un mayor ancho de fleje lo que implica mayores dimensiones de la matricería.

Tipo corte varios punzones:

Este tipo requiere alinear más de un punzón en el troquel requiere mayor precisión y complejidad en la construcción, así mismo se emplea para volúmenes elevados de producción, su costo es elevado; requiere un ancho

---

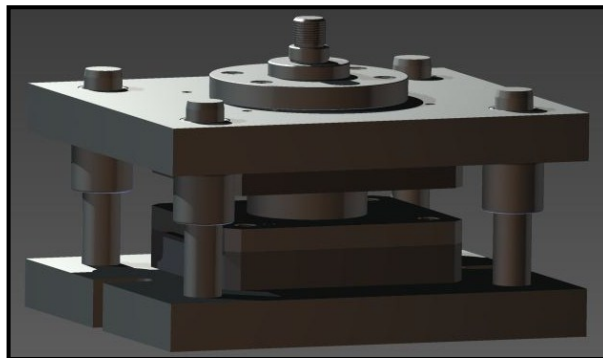
<sup>214</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.

de fleje de mayores dimensiones, una mayor fuerza de corte, y dimensiones mayores de la matricería.

*Tipo punzón y matriz simple:*

Este tipo de matricería, su construcción es simple, se puede emplear el fleje con sus dimensiones mínimas, lo que minimiza las dimensiones de la matricería y por consiguiente el costo de construcción del matricería. Al requerirse un solo corte limpio, de una forma circular es el más indicado, adicionalmente se puede obtener por la simpleza de la forma a obtenerse un volumen de medio a elevado, dependiendo de la máquina con la cual se desea trabajar.

De los tres tipos considerados previamente, el troquel que se selecciona es un troquel de matriz y punzón únicos montados sobre un armazón de dos placas y cuatro guías columnas que garanticen el alineamiento así como las consideraciones anteriores, como se muestra en la siguiente ilustración.



*Ilustración 108 "Troquel para corte de blancos 1MC-0001.0"<sup>215</sup>*

## **2.4 Diseño y dimensionamiento de los componentes del troquel de corte**

Una vez definidos los parámetros anteriores, se procede a diseñar los componentes de la matriz que requieren ser elaborados y dimensionar los elementos normalizados que se han de emplear en el troquel.

---

<sup>215</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.

En el diseño se parte de la matriz ya que se requiere el objeto desprendido por el punzón, la matriz ha de poseer las dimensiones que se requiere del objeto cortado.

#### **2.4.1 Matriz de corte**

Partiendo de los valores que se calcularon previamente y los catálogos de propiedades de los materiales disponibles se tiene

##### **Material**

La matriz requiere un acero para trabajo en frío; de esta forma se seleccionó de los diferentes catálogos de aceros al Acero “Sverker 3” de Uddeholm cuyo equivalente es el AISI D6 por sus propiedades y aplicaciones sugeridas por el fabricante como se muestra en el Anexo digital 3.1.1, así como la disponibilidad de stock interno en varias dimensiones.

##### **Espesor de la placa matriz**

##### **Espesor mínimo de la placa**

El espesor de la placa matriz determinamos por medio de la Tabla 3 “Espesores recomendados para placa matriz en función del espesor de la chapa a cortar” , siendo:

Espesor de chapa de corte  $e=0,4$  mm, por tanto el espesor recomendado es

$$a = 23,8 [mm]$$

##### **Vida útil**

Se emplea la Ecuación 2 “Vida útil recomendada para una matriz de corte”

$$Vida \text{ Útil recomendada} = (3 \text{ ó } 4) * e$$

$$\mathbf{Vida\ Útil\ recomendada = 4 * 0,4 [mm]}$$

$$\mathbf{Vida\ Útil\ recomendada = 1,6 [mm]}$$

El valor puede ser mayor que el obtenido mediante la ecuación y menor que  $\frac{a}{2}$  por lo tanto la vida útil práctica será:

$$\mathbf{Vida\ Útil\ práctica = 8,4 [mm]}$$

Se tiene que el espesor resultante de la placa es:

$$\mathbf{A = 30\ mm}$$

Designando como A al espesor completo de la placa matriz.

**Ángulo de salida.**

A la cavidad de la matriz se le aplica un ángulo de salida equivalente a 2° acorde a la Ilustración 23 “Formas de los interiores de las matrices para facilitar la salida de la pieza” .

$$\mathbf{Ángulo\ de\ salida = 3^\circ}$$

Realizado con una forma cónica a partir de la vida útil de la placa matriz.

**Distancia entre la arista de corte y el borde de la placa**

La distancia mínima de la arista de corte hacia el borde de la placa se obtiene aplicando la Ecuación 27 “Distancia entre la arista de corte y el borde de la placa” con los valores conocidos

$$\mathbf{m = 1,5 * 23,8 [mm]}$$

$$\mathbf{m = 1,5 * 23,8 [mm]}$$

$$m = 35.7 \text{ [mm]}$$

### **Fijación y montaje de la placa matriz.**

La placa matriz va montada a la base inferior del bastidor por medio de elementos normalizados pernos y pasadores cilíndricos.

### **Fijación**

Se emplea cuatro pernos M10x1,5 para fijar la placa matriz a la base inferior del bastidor se emplea la Ecuación 28 “Fuerza de separación en el corte en función del perímetro”

$$F_{sep} = 4,22 * p \text{ [kg]}$$

Reemplazando con el valor conocido se tiene:

$$F_{sep} = 4,22 * (94 * \pi) \text{ [kg]}$$

$$F_{sep} = 1246,21 \text{ [kg]}$$

La fuerza de separación que soportan los 4 pernos es:

$$F = 4 * 1250 \text{ [kg]}$$

$$F = 5000 \text{ [kg]}$$

### **Alineamiento**

Se disponen dos pasadores cilíndricos  $\phi$  10 mm que atraviesan el espesor de toda placa matriz así como la base inferior para garantizar el alineamiento de la placa matriz con la base inferior del bastidor, acorde a la Tabla 12 “Carga admisible de un pasador en función de su diámetro” .



ø10 [mm]	738 [kgf]
----------	-----------

## Resumen de dimensiones y disposición final de la matriz

Descripción	Valor de aplicación.
Material	Acero Sverker 3 / AISI D6
Espesor placa matriz	Espesor total = 30 mm
Ángulo de salida	3°
Uniones apernadas	4 Pernos Allen M10x1,50
Alineación por pasadores	2 Pasadores 10 h 8 x 75 DIN 7
Distancia Arista – borde matriz	35,7 mm
Distancia eje perforaciones a borde	Pernos M10X1,25 = 12,5 mm Pasador cilíndrico ø10mm = 12,5mm
Distancia entre perforaciones	Pernos M10X1,5 = 11,25 mm Pasador cilíndrico ø10mm=11,25mm
Longitud recomendada de rosca	M10 x 1,5 = 15 mm

**Tabla 43 “Resumen de valores para el dimensionamiento de la matriz”<sup>216</sup>**

### Diseño y dimensiones

Las dimensiones finales y detalles constructivos de diseño que debe tener la matriz de embutición y la distribución de los elementos de fijación y alineamiento se muestra en el Anexo 10.1.1 “Placa matriz de corte”

#### 2.4.2 Punzón de corte

El punzón es la herramienta que se encarga de provocar fuerzas en sentidos opuestos sobre la chapa que se encuentra delimitada por su contorno cuando se desplaza hacia la matriz aplicando una fuerza que supera la resistencia a la cizalladura del material.

<sup>216</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.

## **Material**

El punzón debe ser de un material igual a la matriz, por cual se emplea el Acero “Sverker 3” de Uddeholm cuyo equivalente es el AISI D6 por sus propiedades y aplicaciones sugeridas por el fabricante como se muestra en el Anexo digital 3.1.1, así como la disponibilidad de stock interno en varias dimensiones.

## **Perfil**

El perfil de corte es redondo

## **Terminación de la parte de corte**

Se emplea de la Ilustración 24 “Varios tipos de punzones” , el tipo 2, con un ángulo de 5° por ser un material blando.

## **Vida útil**

La vida útil del punzón es la misma de la matriz; la vida útil práctica 8,4 mm

## **Dimensiones del punzón**

Las dimensiones detalladas se muestran en el Anexo digital 10.1.10 “Punzón de corte”.

## **Cuerpo del punzón**

Al cuerpo del punzón se le aplica el juego de 0,04mm obtenido en el ítem 2.1.13 Juego entre punzón y matriz, con lo cual la dimensión del cuerpo del punzón es de  $\varnothing 93.96\text{mm}$ .

### **Resalto o cabeza del punzón**

A criterio de diseño se hace un resalto de diámetro 115 mm x 7mm para impedir el desplazamiento axial

### **Angulo de salida**

Para este punzón no se emplea ángulo de salida, pero se aplica un ángulo de doble tijera para realizar el corte, de la chapa.

### **Fijación**

Se fija por medio del resalto el desplazamiento axial.

### **Alineamiento**

El ajuste deslizante en todo el cuerpo del punzón con la placa porta punzones da el alineamiento al punzón con la placa superior del bastidor.

### **Distancia entre la arista del borde de corte y la perforación Resalto del punzón**

El resalto del punzón tiene por objeto evitar el desplazamiento axial del punzón cuando se fija empleando una placa porta punzones; se hace del 11.67% de la altura total del punzón.

### **Diseño y dimensiones**

Las dimensiones finales y detalles constructivos de diseño del punzón, se muestran en el Anexo 10.1.10 "Punzón de corte"

### **2.4.3 Guía de la chapa**

La guía de la chapa cumple doble función, guía al fleje para permanecer alineado en el troquel para la realización del corte y cumplir la función de expulsor en el punzón, separando al fleje del punzón.

#### **Material**

La guía de la chapa al no estar sometido a los esfuerzos principales de trabajo, se hace de un acero para construcción mecánica, el material que se selecciona a partir de los catálogos de aceros es un acero AISI 1045 el cual sus propiedades se describen el Anexo digital 3.3.1, cuyo equivalente es el Böhler V945 el cual sus propiedades se describen el Anexo digital 3.3.2, el cual señala que es un Acero que puede ser empleado para soportar esfuerzos normales.

#### **Espesor**

El espesor de la guía de la chapa, se hace en función del ítem 0 *Altura o espesor de placa guía de chapa*, sugiere un mínimo de 3 a 5 veces el espesor de la chapa a trabajar, en complemento como se señala en el ítem 0 *Altura o espesor de placa guía de chapa* , también se considera los elementos de fijación, como se señala en el ítem Fijación y montaje de la placa matriz al bastidor. Se emplea 4 pernos M10 y 2 Pasadores cilíndricos  $\varnothing$  10 mm de tal forma que la guía de la chapa tendrá un espesor de 17 mm para alojar la cabeza del perno tipo Allen y cumplir su función.

#### **Fijación y alineamiento**

La fijación se hace empleando 4 pernos tipo Allen M10 mientras que el alineamiento se hace por medio de pasadores cilíndricos del  $\varnothing$ 10 mm

## **Diseño y dimensiones**

Las dimensiones y detalles constructivos de diseño se muestran en el Anexo 10.1.3 “Guía chapa”.

### **2.4.4 Placa porta punzón**

La placa porta punzón se encarga de garantizar el alineamiento y la fijación del punzón con la placa superior del bastidor.

#### **Material**

Para la placa porta punzón, se selecciona de los catálogos de aceros un acero de construcción mecánica como el AISI 1045 el cual su equivalente es el Böhler V945 como se muestra en el Anexo digital 3.3.1 y Anexo digital 3.3.2

#### **Espesor**

El espesor de la placa porta punzón se hace en función del resalto del punzón y de los elementos de fijación, así la placa porta punzón tendrá 17 mm

#### **Fijación y alineamiento**

La fijación se hace por medio de 4 pernos tipo Allen M10 mientras que el alineamiento se hace empleando 4 pasadores cilíndricos  $\varnothing 10$  mm

## **Diseño y dimensiones**

Las dimensiones y detalles constructivos de diseño se muestran en el Anexo 10.1.9 “Placa porta punzón”

### **2.4.5 Sufridera**

La sufridera ayuda a soportar la carga que recibe el punzón y la distribuye hacia el bastidor.

#### **Material**

El material seleccionado en base al ítem 1.6.6 Sufridera o contra placa así como los catálogos de aceros es el Sverker 3 cuyo equivalente es el AISI D6 como se muestra en los Anexos digital 3.1.1 y 3.1.2.

#### **Tratamiento térmico:**

Al igual que el punzón debe ser templada y rectificada por sus dos caras, la dureza que se recomienda en el catálogo es de 60 – 62 HRC.

#### **Espesor**

El espesor recomendado para la sufridera para trabajar materiales blandos es mínimo 3mm y puede utilizar hasta 6mm como se indica en el ítem 0 Espesor de la sufridera o contra placa, por lo cual se toma un espesor de 8mm

#### **Fijación y alineamiento**

La fijación y alineamiento se hace por medio de los cuatro pernos tipo Allen M10, mientras que el alineamiento se hace por medio de los pasadores cilíndricos  $\varnothing 10\text{mm}$ .

#### **Diseño y dimensiones**

Las dimensiones finales así como los detalles constructivos de diseño se muestran en el Anexo 10.1.11 “Sufridera”

## **2.4.6 Bastidor**

El bastidor para el troquel como se señala en el ítem 2.3 Selección del tipo de troquel, es un bastidor que cuenta con una placa fija inferior, una placa móvil superior guiada por cuatro columnas; el primer elemento que consideramos es la columna.

### **Guía columna**

La guía columna, es el primer elemento que se selecciona a partir de los catálogos y las tablas ya que de su longitud depende el diámetro de la misma, del diámetro de ésta depende directamente el espesor de las placas bases.

### **Material**

El material que se selecciona a partir de los catálogos de aceros es el Impax Supreme que se describe detalladamente en el Anexo digital 3.2.1, losa equivalentes son el AISI P20 que se describe en el Anexo digital 3.2.2 y el Böhler M238 que se describe en el Anexo digital 3.2.3.

Como se señala en las aplicaciones, la fabricación de componentes estructurales y ejes.

### **Tratamiento térmico**

El tratamiento térmico recomendado para las columnas es el temple con una dureza de 45 - 50 HRC

### **Longitud de columna**

En función de los elementos y componentes previamente diseñados, la longitud de columna mínima entre las bases es de 100 a 115mm; la longitud final será de 190mm.

## **Diámetro de columna**

El diámetro de la columna se selecciona del Anexo digital 4.1 Columnas normalizadas, en la tabla se muestra las longitudes y sus correspondientes diámetros así como la dimensión recomendada para el espesor de las placas bases del bastidor.

A partir de la tabla, el espesor recomendado para la bases recomendado es 37.5 mm, con los cual la longitud de columna incrementa a un máximo de 190mm, también se emplea el “HASCO Digital Catalogue R1-2006 Build 10”, como se muestra en el Anexo digital 4.3.1.1 Columnas troquel de corte, las columnas pueden ser lisas, o un collar donde se realiza la fijación. El diámetro de columna seleccionado que se selecciona en base a los anexos es de 30mm.

## **Fijación y montaje**

La fijación se hace por medio de ajuste con tolerancia, la columna debe tener en su sección de ajuste tolerancia -0.02 mientras que el agujero donde se aloja tiene una tolerancia de -0.03 a -0.04, para garantizar un ajuste con apriete.

## **Resalto**

La columna se le realiza un resalto para impedir el desplazamiento axial una vez montada la misma; este resalto tiene  $\varnothing 35\text{mm}$  y una altura de 10 mm

## **Diseño y dimensiones**

Las dimensiones y detalles constructivos de diseño se señalan en el Anexo 10.1.5 “Guía columna”.



## **Bocines**

Denominados también casquillos se hace en función a la columna.

## **Material**

Para garantizar un desgaste uniforme cuando hace contacto con la columna, se hace del mismo material de la columna Impax Supreme y sus equivalentes como se describe en los Anexos digitales 3.2.1, 3.2.2 y 3.2.3.

## **Tratamiento térmico**

Se realiza temple con una dureza de 45 – 50 HRC

## **Dimensiones**

Las dimensiones que posee el bocín se toman del Anexo digital 4.2 Bocines normalizados, a partir del diámetro de la columna.

## **Diseño**

Las dimensiones finales y los detalles constructivos de diseño se muestran en el Anexo 10.1.13 “Bocín guía”

## **Placas bases**

### **Material**

El material seleccionado para las placas bases a partir de los catálogos de aceros es el AISI 1045 que se describe en el Anexo digital 3.3.1 y su correspondiente equivalente el Böhler V945 que se describe en el Anexo digital 3.3.2.

## Dimensiones

Para determinar las dimensiones de las bases, se emplea las dimensiones de la matriz de corte, las cuales son 170 x 200 mm, estas definen los valores de b2 y a2 respectivamente en el Anexo digital 4.3.2; en el 4.3.2 se tiene un valor de 171mm correspondiente a b2, mientras que el valor que se da subsecuentemente para a2 es de 356mm, empleamos estos valores como referencias para el dimensionamiento final, se disminuye al valor de 356 los 156mm para obtener un valor de 200 mm en a2, la nueva dimensión para a1 será 344mm.

Se diseña también en función de las perforaciones para las columnas, al ser el diámetro útil de la columna una perforación pasante, se emplea la Tabla 10 "Distancia mínima borde agujero acorde al material", siendo:

$$\text{Distancia} = 1.25 \times 30\text{mm} = 37.5 \text{ mm}$$

La distancia aplicada es de 45 mm, considerando un factor de seguridad de 1.2

Considerada la distancia a la cual se realizan las perforaciones de las columnas, y los bocines o casquillos que se emplean, se tiene que las dimensiones de la placa base son las siguientes:

Longitud (a1) = 350 mm

Ancho (b1) = 300 mm

Espesor = 37.5 mm

Se toma el valor de 37.5mm obtenido en el diseño y dimensionamiento de la longitud de columna.

## **Diseño**

Las dimensiones finales y los detalles constructivos de diseño se muestran en el Anexo digital 9.1.4 “Base inferior troquel corte de blancos” y el Anexo 10.1.12 “Base superior troquel corte de blancos”

### **2.4.7 Acople prensa – troquel**

El acople prensa troquel, no se puede hacer de forma normalizada ya que no es una prensa de tipo normalizada para troquelado.

## **Material**

El material que se selecciona a partir de los catálogos de aceros es el Impax Supreme que se describe detalladamente en el Anexo digital 3.2.1, los equivalentes son el AISI P20 que se describe en el Anexo digital 3.2.2 y el Böhler M238 que se describe en el Anexo digital 3.2.3.

## **Tratamiento térmico**

No se aplica un tratamiento térmico.

## **Dimensiones y diseño**

Las dimensiones y diseño del acople prensa troquel se hace a partir del husillo de la prensa, se tiene una sección para acople de herramientas con una rosca de 1” – 14 Hilos (1-14 UNS) para garantizar el acoplamiento, a continuación un espacio para alojar un cambio de sección de 1¼” x ½” el cual facilita el alineamiento, el diámetro del usillo es de 2 ½”; sobre este propiamente actuará la fuerza de la prensa.

Con estas consideraciones, las dimensiones y detalles constructivos de diseño se muestran en el Anexo 10.1.17 “Acople prensa – troquel”

## **2.4.8 Fijación superior**

### **Material**

De los catálogos de aceros se selecciona el acero AISI 1045 para construcción mecánica de acuerdo a sus propiedades que se describen en el Anexo digital 3.3.1 y su equivalente el Böhler V945 cuyas propiedades se describen en el Anexo digital 3.3.2.

### **Tratamiento térmico**

No se aplica un tratamiento térmico

### **Espesor**

El espesor de la fijación superior, se hace en función al acople prensa troquel.

### **Fijación y alineamiento**

La fijación se hace empleando cuatro pernos tipos Allen M10 hacia la placa base superior.

El alineamiento se hace empleando 2 pasadores cilíndricos  $\varnothing 10$  mm

### **Diseño**

Las dimensiones finales y los detalles constructivos de diseño se detallan en el Anexo 10.1.18.

## 2.4.9 Pasadores

### Material

Los pasadores cilíndricos, se hacen de acero duro, como se requiere una sección constante y rectificada, se emplea barras de acero calibradas, para minimizar los mecanizados, se emplea de acuerdo a los catálogos de aceros el acero “Plata K510”, cuyas propiedades se describen detalladamente en el Anexo digital 3.4.1, el equivalente es el “Acero plata rectificado” del cual las propiedades se describen en el Anexo digital 3.4.2. Este material tiene una estrecha tolerancia (h8).

### Tratamiento térmico

No se requiere tratamiento térmico

### Diámetro

El diámetro de los 3 tipos de pasadores es  $\varnothing 10$  h8, de acuerdo a la Tabla 12 “Carga admisible de un pasador en función de su diámetro”

$\varnothing 10$ [mm]	738 [kgf]
-----------------------	-----------

Es la carga a la cizalladura que soportan los pasadores cilíndricos por cada pasador, los pasadores en el troquel no están sometidos a cizallamiento, se encargan únicamente de garantizar el alineamiento de posición de los componentes, los pernos se encargan de recibir los esfuerzos, los esfuerzos que se generan en el troquel de corte son normales, o se aplican en la misma trayectoria de la línea de eje de los pasadores.

### Diseño y longitudes

El diseño de los pasadores se basa en la Norma DIN 7, la longitud de los pasadores y los detalles constructivos se describe para cada pasador en los

siguientes Anexos 10.1.7 “Pasador cilíndrico  $\varnothing 10 \times 80$ ”, 10.1.15 “Pasador cilíndrico  $\varnothing 10 \times 60$ ” y 10.1.20 “Pasador cilíndrico  $\varnothing 10 \times 50$ ”

#### **2.4.10 Guía de paso**

La guía de paso es un elemento que se emplea solo como un tope para marcar el paso de corte en la chapa, garantizar que cada corte se realice a la misma distancia con respecto al corte anterior.

#### **Material**

Al ser un elemento que va a someterse a cargas muy bajas, y se requiere que el desgaste sea mínimo, se selecciona de los catálogos de aceros al “Plata K510”, cuyas propiedades se describen detalladamente en el Anexo digital 3.4.1, el equivalente es el “Acero plata rectificado” del cual las propiedades se describen en el Anexo digital 3.4.2. Este material tiene una estrecha tolerancia (h8) para facilitar su reemplazo provocado por el desgaste.

#### **Tratamiento térmico**

No se requiere tratamiento térmico

#### **Diseño y dimensiones**

Las dimensiones y detalles constructivos se describen detalladamente en el Anexo 10.1.2. “Guía de paso”

### 3 Troquel de corte y embutido

Para este mecanismo, se parte de la roseta previamente deformada por el troquel de embutición.

El diseño de este troquel combina la realización de un corte de la chapa así como una deformación mínima de la chapa.

#### 3.1 Requerimientos de diseño para el corte

##### Dimensiones del blanco

Se toma como partida la pieza previamente deformada por el troquel de embutido; en este modelo, no se aplica la realización del cálculo de separaciones entre piezas, separación pieza borde, distribución, etc.; se pasa directamente a la determinación de las fuerzas y esfuerzos.

##### Esfuerzo de corte

Se hace empleando la Ecuación 16 “Esfuerzo de corte”

$$F = \sigma_T * l * e$$

Para ello se conoce:

Resistencia a la cizalladura $\sigma_T$	250 MPa
De Tabla 17 “Propiedades mecánicas típicas de C26000	25,49 kgf/mm <sup>2</sup>
$l$ (perímetro)	76,953 mm
$e$ (espesor)	0,4 mm

Aplicando la ecuación se tiene:

$$F = 25,49 * 76,953 * 0,4 \text{ [kgf]}$$

$$F = 784,61 \text{ [kgf]}$$

Es la fuerza mínima que se requiere transmitir el punzón hacia la matriz para producir el corte.

### **Trabajo de corte**

Se aplica la Ecuación 17 “Trabajo de corte”

$$T = F * e$$

Reemplazando con los valores conocidos tenemos

$$T = 784,61 * 0,4 \text{ [kgf. m]}$$

$$T = 313,85 \text{ [kgf. m]}$$

### **Fuerza de extracción**

Se aplica la Ecuación 18 “Fuerza de extracción para recorte en plena chapa”

Ecuación 18 “Fuerza de extracción para recorte en plena chapa”

$$F_{ex} = 7\% * F$$

Reemplazando con los valores conocidos.

$$F_{ex} = 7\% * 784,61 \text{ [kgf]}$$

$$F_{ex} = 54,92 \text{ [kgf]}$$



Es la fuerza mínima que ha de ejercer el prensachapas como expulsor dispuesto en el punzón.

### **Fuerza de expulsión**

Se aplica la Ecuación 21 “Fuerza de expulsión”

$$F_{exp} = 1,5\% * F$$

Reemplazando los valores conocidos se tiene

$$F_{exp} = 1,5\% * 784,61 \text{ [kgf]}$$

$$F_{exp} = 11,77 \text{ [kgf]}$$

Es la fuerza mínima que se debe aplicar adicional a la de corte para facilitar la remoción del recorte de la cavidad de la matriz.

### **Fuerza total**

La fuerza total requerida para realizar el trabajo es:

$$851,30 \text{ [kgf]} = 0,85 \text{ [toneladas]}$$

Se emplea un factor de seguridad de 1.5 veces el valor de fuerza total por diseño.

$$Fuerza\ total = 1,28 \text{ [Toneladas]}$$

### **Juego entre punzón y matriz**

Se aplica la siguiente ecuación:

$$j = \frac{4 + 1,5 e^2}{100}$$

Al reemplazar los valores conocidos tenemos.

$$j = \frac{4 + 1,5 * 0,4^2}{100}$$

$$j = 0,04 \text{ mm}$$

El juego se aplica al punzón, se disminuye el valor del juego a su dimensión nominal, al ser una forma compuesta, se hará una separación equidistante a todos los bordes del contorno.

### 3.2 Prensa para troquelado

Al ser necesaria la realización de dos operaciones en un mismo troquel, se empleará una prensa hidráulica de simple efecto, la cual alcanza una potencia teórica de 15 toneladas de presión como se muestra en la siguiente ilustración.



**Ilustración 109 “Prensa hidráulica 15 toneladas Denison propiedad de FV Área Andina”<sup>217</sup>**

<sup>217</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.

La presión que debe suministrar la prensa es 1,28 [toneladas], al ser una prensa de tipo hidráulica de simple efecto, la presión se alcanza mediante observación de la presión manométrica, la cual debe ser 264,96 PSI de presión manométrica teórica regulando el límite inferior de la carrera de la máquina, al incrementar el límite inferior de la carrera de la máquina cuando el punzón hace contacto con la chapa, la prensa desarrolla su fuerza hasta alcanzar y superar la fuerza total necesaria, como se muestra en la siguiente ilustración.



*Ilustración 110 "Límite inferior prensa Denison"<sup>218</sup>*

Como se aprecia en la ilustración anterior, la regulación de la carrera se hace por apreciación visual.

En el fondo del punzón se hace un resalte que se encarga de realizar una la deformación del hilo de rosca.

### **3.3 Selección del tipo de troquel**

Del marco teórico de los diferentes tipos, se pre seleccionan tres tipos de troqueles.

Tipo corte progresivo:

---

218 Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.

Se lo emplea cuando se requiere varias operaciones, se puede emplearse para realizar el corte del blanco y realizar un recorte del excedente de la tira una vez realizado el corte. Su construcción es compleja y requiere un elevado costo, se emplea para volúmenes de producción elevados, se requiere un mayor ancho de fleje lo que implica mayores dimensiones de la matricería.

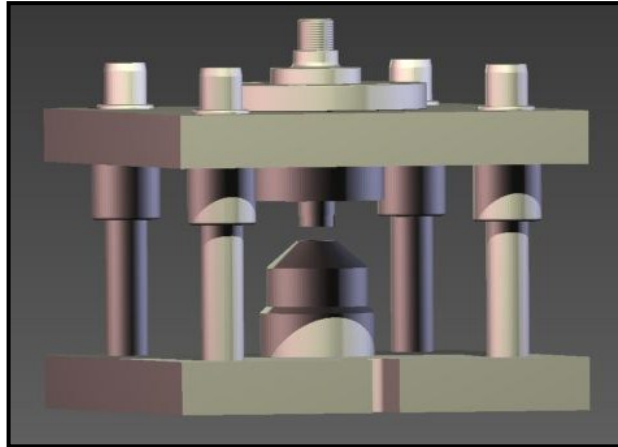
#### Tipo corte varios punzones:

Este tipo requiere alinear más de un punzón en el troquel requiere mayor precisión y complejidad en la construcción, así mismo se emplea para volúmenes elevados de producción, su costo es elevado; requiere un ancho de fleje de mayores dimensiones, una mayor fuerza de corte, y dimensiones mayores de la matricería.

#### Tipo punzón y matriz simple:

Este tipo de matricería, su construcción es simple, se puede emplear el fleje con sus dimensiones mínimas, lo que minimiza las dimensiones de la matricería y por consiguiente el costo de construcción del matricería. Al requerirse un solo corte limpio, de una forma circular es el más indicado, adicionalmente se puede obtener por la simpleza de la forma a obtenerse un volumen de medio a elevado, dependiendo de la máquina con la cual se desea trabajar.

El troquel que se selecciona es un troquel de matriz y punzón simple con un bastidor u armazón de dos placas y cuatro guías columnas, como se muestra en la siguiente ilustración.



*Ilustración 111 “Troquel para corte y conformado 1ME-0002.0”<sup>219</sup>*

### **3.4 Requerimientos de diseño para el conformado**

El conformado que se realiza a continuación de la operación de corte, tiene por objeto realizar un desplazamiento en forma de hélice del material, desde la cara superior de la pieza embutida y cortada, hasta una profundidad equivalente al paso de una Rosca G  $\frac{3}{4}$ ” x 14 hilos (1,81 mm de paso), la altura relativa de la rosca por el alto relativo al filete de la rosca, siendo una distancia de alto de filete en todo el contorno de 0,75mm en relación al punto de corte, el esfuerzo que se produce por esta deformación, se minimiza al realizarse el corte, dado que la cavidad de la matriz donde se realiza el corte, es la misma donde se ha de realizar el conformado y no se va a emplear un prensachapas, la misma forma de la pieza impide el desplazamiento y cumple la alineación; la determinación de las fuerzas que intervienen en el conformado, se determina de forma empírica, por apreciación visual de los resultados, adicionalmente, la fuerza nunca supera la resistencia de tensión del material.

#### **3.4.1 Dimensiones del blanco**

El blanco posee la forma compuesta de un cono truncado en la punta, con un cilindro en la base; el proceso de conformado se hace en la cara plana menor del cono truncado, en la cual se hace el corte de forma cilíndrica con una sección parcial rectangular.

---

<sup>219</sup> *Ibíd.*

### **3.5 Diseño y dimensionamiento de los componentes del troquel de corte y doblado**

Una vez definidos los parámetros anteriores, se procede a diseñar los componentes de la matriz que requieren ser elaborados y dimensionar los elementos normalizados que se han de emplear en el troquel.

En el diseño se parte de la matriz ya que se requiere el objeto desprendido por el punzón, la matriz ha de poseer las dimensiones que se requiere del objeto cortado.

#### **3.5.1 Matriz de corte**

Partiendo de los valores que se calcularon previamente y los catálogos de propiedades de los materiales disponibles se tiene

##### **Material**

La matriz requiere un acero para trabajo en frío; de esta forma se seleccionó de los diferentes catálogos de aceros al Acero “Sverker 3” de Uddeholm cuyo equivalente es el AISI D6 por sus propiedades y aplicaciones sugeridas por el fabricante como se muestra en el Anexo digital 3.1.1, así como la disponibilidad de stock interno en varias dimensiones.

##### **Espesor de la placa matriz**

##### **Espesor mínimo de la placa**

El espesor de la placa matriz determinamos por medio de la Tabla 3 “Espesores recomendados para placa matriz en función del espesor de la chapa a cortar” , siendo:

Espesor de chapa de corte  $e=0,5$  mm, por tanto el espesor recomendado es

$$a = 23,8 [mm]$$

## **Vida útil**

Como se describe en el ítem 0 se emplea la Ecuación 2 “Vida útil recomendada para una matriz de corte”

$$**Vida Útil recomendada = (3 ó 4) * e**$$

$$**Vida Útil recomendada = 4 * 0,4 [mm]**$$

$$**Vida Útil recomendada = 1,6 [mm]**$$

El valor puede ser mayor que el obtenido mediante la ecuación y menor que  $\frac{a}{2}$  por lo tanto la vida útil práctica será:

$$**Vida Útil práctica = 10 [mm]**$$

No se emplea una placa en su lugar se emplea una matriz de forma de la roseta.

## **Ángulo de salida.**

A la cavidad de la matriz se le aplica un ángulo de salida equivalente a 2° acorde a la Ilustración 23 “Formas de los interiores de las matrices para facilitar la salida de la pieza” .

$$**Ángulo de salida = 3°**$$

Realizado con una forma cónica a partir de la vida útil de la placa matriz.

## **Fijación y montaje de la placa matriz.**

La placa matriz va montada a la base inferior del bastidor por medio de elementos normalizados pernos y pasadores cilíndricos.

## Fijación

Se emplea dos pernos M8 x45 para fijar la placa matriz a la base inferior del bastidor se emplea la Ecuación 28 “Fuerza de separación en el corte en función del perímetro”

$$F_{sep} = 4,22 * p [kg]$$

Reemplazando con el valor conocido se tiene:

$$F_{sep} = 4,22 * (76,953 * \pi) [kg]$$

$$F_{sep} = 1020,21 [kg]$$

La fuerza de separación que soportan los 4 pernos es:

$$F = 2 * 1250 [kg]$$

$$F = 2500 [kg]$$

## Alineamiento

Se disponen dos pasadores cilíndricos  $\phi$  8 mm que atraviesan el espesor de toda placa matriz así como la base inferior para garantizar el alineamiento de la placa matriz con la base inferior del bastidor, acorde a la Tabla 12 “Carga admisible de un pasador en función de su diámetro” .

Ø8 [mm]	417 [kgf]
---------	-----------

## Resumen de dimensiones y disposición final de la matriz

Descripción	Valor de aplicación.
Material	Acero Sverker 3 / AISI D6



Juego de embutición	No se aplica en la matriz
Espesor placa matriz	80 mm
Ángulo de salida	3°
Uniones apernadas	2 Pernos Allen M8x45
Alineación por pasadores	2 Pasadores $\varnothing$ 8 h 8 x 75 DIN 7
Distancia Arista – borde matriz	35,7 mm

**Tabla 44 “Resumen de valores para el dimensionamiento de la matriz”<sup>220</sup>**

## **Diseño y dimensiones**

Las dimensiones finales y detalles constructivos de diseño que debe tener la matriz de embutición y la distribución de los elementos de fijación y alineamiento se muestra en el Anexo 10.3.2 “Matriz de corte y doblado”

### **3.5.2 Punzón de corte**

El punzón es la herramienta que se encarga de provocar fuerzas en sentidos opuestos sobre la chapa que se encuentra delimitada por su contorno cuando se desplaza hacia la matriz aplicando una fuerza que supera la resistencia a la cizalladura del material.

### **Material**

El punzón debe ser de un material igual a la matriz, por cual se emplea el Acero “Sverker 3” de Uddeholm cuyo equivalente es el AISI D6 por sus propiedades y aplicaciones sugeridas por el fabricante como se muestra en el Anexo digital 3.1.1, así como la disponibilidad de stock interno en varias dimensiones.

### **Perfil**

El perfil de corte es redondo

<sup>220</sup> Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, *Diseño e Implementación del Proceso...* óp. cit.

### **Terminación de la parte de corte**

Se emplea de la Ilustración 24 “Varios tipos de punzones” , el tipo 2, con un ángulo de 5° por ser un material blando.

### **Vida útil**

La vida útil del punzón es la misma de la matriz; la vida útil práctica 8,4 mm

### **Dimensiones del punzón**

Las dimensiones detalladas se muestran en el Anexo 10.3.1 “Punzón de corte”.

### **Cuerpo del punzón**

Al cuerpo del punzón se le aplica el juego de 0,04mm obtenido en el ítem 2.1.13 Juego entre punzón y matriz, con lo cual la dimensión del cuerpo del punzón es de  $\varnothing 25.95$  mm

### **Resalto o cabeza del punzón**

A criterio de diseño se hace un resalto de diámetro 30 mm x 8mm para impedir el desplazamiento axial, con una cara plana para permitir el alineamiento.

### **Angulo de salida**

Para este punzón no se emplea ángulo de salida, pero se aplica un ángulo de doble tijera para realizar el corte, de la chapa.

### **Fijación**

Se fija por medio del resalto el desplazamiento axial.

## **Alineamiento**

El ajuste deslizante en todo el cuerpo del punzón con la placa porta punzones da el alineamiento al punzón con la placa superior del bastidor.

## **Diseño y dimensiones**

Las dimensiones finales y detalles constructivos de diseño del punzón, se muestran en el Anexo 10.3.1 “Punzón de corte”

### **3.5.3 Placa porta punzón**

La placa porta punzón se encarga de garantizar el alineamiento y la fijación del punzón con la placa superior del bastidor.

## **Material**

Para la placa porta punzón, se selecciona de los catálogos de aceros un acero de construcción mecánica como el AISI 1045 el cual su equivalente es el Böhler V945 como se muestra en el Anexo digital 3.3.1 y Anexo digital 3.3.2

## **Espesor**

El espesor de la placa porta punzón se hace en función del resalto del punzón y de los elementos de fijación, así la placa porta punzón tendrá 18 mm

## **Fijación y alineamiento**

La fijación se hace por medio de 2 pernos tipo Allen M8 mientras que el alineamiento se hace empleando 2 pasadores cilíndricos  $\varnothing 8$  mm

## **Diseño y dimensiones**

Las dimensiones y detalles constructivos de diseño se muestran en el Anexo 10.3.4 “Placa porta punzón”

### **3.5.4 Sufridera**

La sufridera ayuda a soportar la carga que recibe el punzón y la distribuye hacia el bastidor.

### **Material**

El material seleccionado en base al ítem 1.6.6 Sufridera o contra placa así como los catálogos de aceros es el Sverker 3 cuyo equivalente es el AISI D6 como se muestra en los Anexos digitales 3.1.1 y 3.1.2.

### **Tratamiento térmico:**

Al igual que el punzón debe ser templada y rectificada por sus dos caras, la dureza que se recomienda en el catálogo es de 60 – 62 HRC.

### **Espesor**

El espesor recomendado para la sufridera para trabajar materiales blandos es mínimo 3mm y puede utilizar hasta 6mm como se indica en el ítem 0 Espesor de la sufridera o contra placa, por lo cual se toma un espesor de 8mm

### **Fijación y alineamiento**

La fijación y alineamiento se hace por medio de los 2 pernos tipo Allen M8 mientras que el alineamiento se hace empleando 2 pasadores cilíndricos  $\varnothing 8$  mm

## **Diseño y dimensiones**

Las dimensiones finales así como los detalles constructivos de diseño se muestran en el Anexo 10.3.9 “Sufridera”

### **3.5.5 Bastidor**

El bastidor para el troquel como se señala en el ítem 2.3 Selección del tipo de troquel, es un bastidor que cuenta con una placa fija inferior, una placa móvil superior guiada por cuatro columnas; el primer elemento que consideramos es la columna.

#### **Guía columna**

La guía columna, es el primer elemento que se selecciona a partir de los catálogos y las tablas ya que de su longitud depende el diámetro de la misma, del diámetro de ésta depende directamente el espesor de las placas bases.

#### **Material**

El material que se selecciona a partir de los catálogos de aceros es el Impax Supreme que se describe detalladamente en el Anexo digital 3.2.1, losa equivalentes son el AISI P20 que se describe en el Anexo digital 3.2.2 y el Böhler M238 que se describe en el Anexo digital 3.2.3.

Como se señala en las aplicaciones, la fabricación de componentes estructurales y ejes.

#### **Tratamiento térmico**

El tratamiento térmico recomendado para las columnas es el temple con una dureza de 45 - 50 HRC

## **Longitud de columna**

En función de los elementos y componentes previamente diseñados, la longitud de columna mínima entre las bases es de 140 a 1150 mm; la longitud final será de 240mm acorde al espesor de las placas del bastidor.

## **Diámetro de columna**

El diámetro de la columna se selecciona del Anexo digital 4.1 Columnas normalizadas, en la tabla se muestra las longitudes y sus correspondientes diámetros así como la dimensión recomendada para el espesor de las placas bases del bastidor.

A partir de la tabla, el espesor recomendado para la bases recomendado es 37.5 mm, con los cual la longitud de columna incrementa a un máximo de 190mm, también se emplea el "HASCO Digital Catalogue R1-2006 Build 10", como se muestra en el Anexo digital 4.3.1.1 Columnas troquel de corte, las columnas pueden ser lisas, o un collar donde se realiza la fijación. El diámetro de columna seleccionado que se selecciona en base a los anexos es de 30mm.

## **Fijación y montaje**

La fijación se hace por medio de ajuste con tolerancia, la columna debe tener en su sección de ajuste tolerancia -0.02 mientras que el agujero donde se aloja tiene una tolerancia de -0.03 a -0.04, para garantizar un ajuste con apriete.

## **Resalto**

La columna se le realiza un resalto para impedir el desplazamiento axial una vez montada la misma; este resalto tiene  $\varnothing 35\text{mm}$  y una altura de 10 mm

## **Diseño y dimensiones**

Las dimensiones y detalles constructivos de diseño se señalan en el Anexo 10.3.6 “Guía columna”.

## **Bocines**

Denominados también casquillos se hace en función a la columna.

## **Material**

Para garantizar un desgaste uniforme cuando hace contacto con la columna, se hace del mismo material de la columna Impax Supreme y sus equivalentes como se describe en los Anexos digitales 3.2.1, 3.2.2 y 3.2.3.

## **Tratamiento térmico**

Se realiza temple con una dureza de 45 – 50 HRC

## **Dimensiones**

Las dimensiones que posee el bocín se toman del Anexo digital 4.2 Bocines normalizados, a partir del diámetro de la columna.

## **Diseño**

Las dimensiones finales y los detalles constructivos de diseño se muestran en el Anexo 10.1.13 “Bocín guía”

## **Placas bases**

### **Material**

El material seleccionado para las placas bases a partir de los catálogos de aceros es el AISI 1045 que se describe en el Anexo digital 3.3.1 y su

correspondiente equivalente el Böhler V945 que se describe en el Anexo digital 3.3.2.

### **Dimensiones**

Para determinar las dimensiones de las bases, se emplea las dimensiones de la matriz de corte, así como requerimiento de maniobra dado por el diseñador, la dimensiones de matriz propuestas son 150 x 150 mm, estas definen los valores de b2 y a2 respectivamente en el Anexo digital 4.3.2 y en el 4.3.2.

Se diseña también en función de las perforaciones para las columnas, al ser el diámetro útil de la columna una perforación pasante, se emplea la Tabla 10 “Distancia mínima borde agujero acorde al material”, siendo:

$$Distancia= 1.25 \times 30mm = 37.5 mm$$

La distancia aplicada es de 45 mm, considerando un factor de seguridad de 1.2

Considerada la distancia a la cual se realizan las perforaciones de las columnas, y los bocines o casquillos que se emplean, se tiene que las dimensiones de la placa base son las siguientes:

Longitud (a1) = 350 mm

Ancho (b1) = 300 mm

Espesor = 37.5 mm

Se toma el valor de 37.5mm obtenido en el diseño y dimensionamiento de la longitud de columna.



## **Diseño**

Las dimensiones finales y los detalles constructivos de diseño se muestran en el Anexo 10.3.3 “Base inferior” y el Anexo 10.3.5 “Base superior”.

### **3.5.6 Acople prensa – troquel**

El acople prensa troquel, no se puede hacer de forma normalizada ya que no es una prensa de tipo normalizada para troquelado.

## **Material**

El material que se selecciona a partir de los catálogos de aceros es el Impax Supreme que se describe detalladamente en el Anexo digital 3.2.1, losa equivalentes son el AISI P20 que se describe en el Anexo digital 3.2.2 y el Böhler M238 que se describe en el Anexo digital 3.2.3.

## **Tratamiento térmico**

No se aplica un tratamiento térmico.

## **Dimensiones y diseño**

Las dimensiones y diseño del acople prensa troquel se hace a partir del husillo de la prensa, se tiene una sección para acople de herramientas con una rosca de 1” – 14 Hilos (1-14 UNS) para garantizar el acoplamiento, a continuación un espacio para alojar un cambio de sección de 1¼” x ½” el cual facilita el alineamiento, el diámetro del husillo es de 2 ½”; sobre este propiamente actuará la fuerza de la prensa.

Con estas consideraciones, las dimensiones y detalles constructivos de diseño se muestran en el Anexo 10.3.14 “Acople prensa – troquel”

### **3.5.7 Fijación superior**

#### **Material**

De los catálogos de aceros se selecciona el acero AISI 1045 para construcción mecánica de acuerdo a sus propiedades que se describen en el Anexo digital 3.3.1 y su equivalente el Böhler V945 cuyas propiedades se describen en el Anexo digital 3.3.2.

#### **Tratamiento térmico**

No se aplica un tratamiento térmico

#### **Espesor**

El espesor de la fijación superior, se hace en función al acople prensa troquel.

#### **Fijación y alineamiento**

La fijación se hace empleando cuatro pernos tipos Allen M10 hacia la placa base superior.

El alineamiento se hace empleando 2 pasadores cilíndricos  $\varnothing 10$  mm

#### **Diseño**

Las dimensiones finales y los detalles constructivos de diseño se detallan en el Anexo 10.3.12.

### 3.5.8 Pasadores

#### Material

Los pasadores cilíndricos, se hacen de acero duro, como se requiere una sección constante y rectificada, se emplea barras de acero calibradas, para minimizar los mecanizados, se emplea de acuerdo a los catálogos de aceros el acero “Plata K510”, cuyas propiedades se describen detalladamente en el Anexo digital 3.4.1, el equivalente es el “Acero plata rectificado” del cual las propiedades se describen en el Anexo digital 3.4.2. Este material tiene una estrecha tolerancia (h8).

#### Tratamiento térmico

No se requiere tratamiento térmico

#### Diámetro

El diámetro de los 3 tipos de pasadores es  $\varnothing 10$  h8, de acuerdo a la Tabla 12 “Carga admisible de un pasador en función de su diámetro”

$\varnothing 10$ [mm]	738 [kgf]
-----------------------	-----------

Es la carga a la cizalladura que soportan los pasadores cilíndricos por cada pasador, los pasadores en el troquel no están sometidos a cizallamiento, se encargan únicamente de garantizar el alineamiento de posición de los componentes, los pernos se encargan de recibir los esfuerzos, los esfuerzos que se generan en el troquel de corte son normales, o se aplican en la misma trayectoria de la línea de eje de los pasadores.

#### Diseño y longitudes

El diseño de los pasadores se basa en la Norma DIN 7, la longitud de los pasadores y los detalles constructivos se describe para cada pasador en los

siguientes Anexos 10.1.7 “Pasador cilíndrico  $\varnothing 10 \times 80$ ”, 9.1.15 “Pasador cilíndrico  $\varnothing 10 \times 60$ ” y 10.1.20 “Pasador cilíndrico  $\varnothing 10 \times 50$ ”

## **CAPÍTULO 3.- COSTOS DE FABRICACIÓN**

Para determinar los costos de fabricación de la matricería, se tomas las siguientes consideraciones.

### **Materiales**

Se parte del tipo, dimensiones brutas y el peso que posee el material previo al maquinado.

### **Mecanizado**

Para el costo de la construcción intervienen dos factores primordiales, que son la mano de obra y la maquinaria.

De forma general como maquinaria se considera un costo igual para cualquier tipo de operación y proceso de fabricación del taller por política interna del Grupo F.V. por cada hora de operación realizada.

Para el costo de la mano de obra, se considera cada hora de trabajo por cada operador de máquina.

Del costo de fabricación se tiene la siguiente tabla resumen del costo de fabricación de la matricería en general en la siguiente tabla; mientras que el costo detallado de los costos de fabricación de la matricería se encuentra en las siguientes tablas.

## COSTOS DE FABRICACIÓN DE MATRICERÍA

TIPO	DESCRIPCION	TIEMPO/H/TALLER	COSTO1	ACEROS	C USA/Kg
F.02	Pasadores guías	2	18,24		36,48
F.03	Bujes templados	15	18,24	SVERKER	8,12
F.04	Bujes de bronce	3	18,24	IMPAX	5,18
G.13	Matriz de embutido	18	18,24	QRO 90	12,18
G.14	Punzon de embutido	18	18,24	1045	1,5
H.113	Cortante para troqueles	24	18,24	HORA TALLER	\$ 18,24
H.m10	Punzones para troquelar	18,22	18,24		
M.02	Guías y placas	4	18,24		72,96
M.04	Placas redondas para moldes	5	18,24		91,20
M.10	Placas	8	18,24		145,92
M.15	Anillo guía	7,973	18,24		145,43
N.10	Expulsores de matrices	6	18,24		109,44
N.13	Pernos guías para matrices	13	18,24		237,12
N.15	Perno guías roscados	2	18,24		36,48

CODIGO	DESCRIPCION	TIPO	MANO/OBRA	PESO	MATERIAL	COST/MAT	COSTO U	CANTIDAD	COSTO TOTAL
3MC-0001.1/1	MATRIZ DE CORTE	H.13	437,76	19	8,12	154,28	592,04	1	\$592,04
3MC-0001.10/1	PUNZON DE CORTE	H.m10	332,24	10	8,12	81,20	413,44	1	\$413,44
3MC-0001.11/1	SUFRIDERA	M.10	145,92	1,6	8,12	12,99	158,91	1	\$158,91
3MC-0001.12/1	BASE SUPERIOR	M.10	145,92	32	1,5	48,00	193,92	1	\$193,92
3MC-0001.13/1	BOCIN GUIA	F.03	273,60	1,5	5,18	7,77	281,37	4	\$1.125,48
3MC-0001.15/1	PASADOR DIA. 10 x 60	F.02	36,48	0,013	5,18	0,07	36,55	2	\$73,09
3MC-0001.17/1	ACOPLE TROQUEL PRENSA	M.15	145,43	2,4	5,18	12,43	157,86	1	\$157,86
3MC-0001.18/1	FIJACION ACOPLE TROQUEL PRENSA	M.04	91,20	3,2	1,5	4,80	96,00	1	\$96,00
3MC-0001.2/1	GUIA PASO	F.02	36,48	0,018	5,18	0,09	36,57	1	\$36,57
3MC-0001.20/1	PASADOR DIA. 8 x 50	F.02	36,48	0,019	5,18	0,10	36,58	2	\$73,16
3MC-0001.3/1	GUIA CHAPA	M.10	145,92	3,5	1,5	5,25	151,17	1	\$151,17
3MC-0001.4/1	BASE INFERIOR	M.10	145,92	32	1,5	48,00	193,92	1	\$193,92
3MC-0001.5/1	GUIA COLUMNA	N.13	237,12	1,44	5,18	7,46	244,58	4	\$978,32
3MC-0001.7/1	PASADOR DIA. 10 x 75	F.02	36,48	0,046	5,18	0,24	36,72	2	\$73,44
3MC-0001.9/1	PLACA PORTA PUNZON	M.10	145,92	3,5	1,5	5,25	151,17	1	\$151,17
IME-0001.0/1	BASE INFERIOR	M.10	145,92	35	1,5	52,50	198,42	1	\$198,42
IME-0001.0/2	MATRIZ DE EMBUTIDO	G.13	328,32	17	8,12	138,04	466,36	1	\$466,36
IME-0001.10/1	BOCIN PRENSACHAPAS	F.04	54,72	0,19	5,18	0,98	55,70	4	\$222,82
IME-0001.11/1	ACOPLE PRENSA TROQUEL	M.15	145,43	5,63	5,18	29,16	174,59	1	\$174,59
IME-0001.12/1	FIJACION ACOPLE TROQUEL PRENSA	M.04	91,20	6	1,5	9,00	100,20	1	\$100,20
IME-0001.14/1	PRENSACHAPAS	M.04	91,20	5,53	1,5	8,30	99,50	1	\$99,50
IME-0001.15/1	PERNO GUIA PRENSACHAPAS	N.15	36,48	0,17	5,18	0,88	37,36	4	\$149,44
IME-0001.17/1	REGULACION PRENSACHAPAS	F.03	273,60	0,15	5,18	0,78	274,38	4	\$1.097,51
IME-0001.3/1	PERNO GUIA	N.13	237,12	6	5,18	31,08	268,20	4	\$1.072,80
IME-0001.5/1	EXPULSOR	N.10	109,44	0,22	5,18	1,14	110,58	1	\$110,58
IME-0001.7/1	BASE SUPERIOR	M.10	145,92	35	1,5	52,50	198,42	1	\$198,42
IME-0001.8/1	BOCIN GUIA	F.03	273,60	2,7	5,18	13,99	287,59	4	\$1.150,34
IME-0001.9/1	PUNZON DE EMBUTIDO	G.14	328,32	13,43	8,12	109,05	437,37	1	\$437,37
IME-0002.1/1	PUNZON DE EMBUTIDO TROQUEL	G.14	328,32	0,35	8,12	2,84	331,16	1	\$331,16
IME-0002.10/1	PASADOR 8 x 55	F.02	36,48	0,02	5,18	0,10	36,58	2	\$73,17
IME-0002.2/1	MATRIZ CORTE EMBUTIDO TROQUEL	G.13	328,32	3,16	8,12	25,66	353,98	1	\$353,98
IME-0002.3/1	BASE INFERIOR	M.10	145,92	28,3	1,5	42,45	188,37	1	\$188,37
IME-0002.4/1	PORTA PUNZON	M.04	91,20	1,49	1,5	2,24	93,44	1	\$93,44
IME-0002.5/1	BASE SUPERIOR	M.10	145,92	28,3	1,5	42,45	188,37	1	\$188,37
IME-0002.6/1	PERNO GUIA	N.13	237,12	2,18	5,18	11,29	248,41	4	\$993,65
IME-0002.7/1	BOCIN GUIA	F.03	273,60	1,3	5,18	6,73	280,33	4	\$1.121,34
IME-0002.9/1	SUFRIDERA	M.04	91,20	0,93	8,12	7,55	98,75	1	\$98,75

**\$13.389,06**

## CONCLUSIONES

- La complejidad de la pieza a fabricar mediante el proceso de embutido, determina de igual manera el tipo de matriz que se debe emplear, ya sea de embutido simple como de embutido progresivo. En nuestro caso, la fabricación de la roseta 406.19 se emplea el embutido simple con prensachapas.
- Para la fabricación de la roseta 406.19 se definió además de la construcción de la matriz de embutido, la necesidad de construir un troquel de corte para la obtención de los blancos y una matriz de corte y embutido para el conformado del agujero central y embutido de la hélice de rosca de la pieza.
- Se definió como alternativa de proceso de fabricación el embutido profundo considerando las restricciones definidas al inicio del proyecto con lo cual se logró fabricar la roseta 406.19 dentro de las especificaciones solicitadas, utilizando la maquinaria existente en las instalaciones de FV Area Andina S.A.
- Para el acabado superficial se utilizó la infraestructura y tecnología utilizada por FV sin incurrir en variantes que modifiquen el proceso normal.



## RECOMENDACIONES

- Es importante considerar las relaciones para embutido con y sin prensachapas ya que esto permite definir las diversas formas de piezas embutidas que se pueden obtener y la complejidad de la matricería
- Para el proceso de corte de los blancos es necesario implementar un dispensador de fleje.
- La base de la roseta puede ser mejorada con un proceso adicional de corte.
- El uso de láminas de polietileno como lubricante para la embutición permite mejorar el deslizamiento y reduce la formación de arrugas durante el conformado.
- La calibración de la carrera en la matriz de corte y embutido de la hélice debe ser ajustada con precisión para asegurar que en la primera etapa corte el centro y solo embuta la hélice, la falta de calibración puede provocar el corte simultáneo de la hélice.
- El juego dimensional que debe existir entre el punzón y la matriz es la base primordial para lograr un perfecto conformado de la pieza, razón por la cual la mínima pérdida de holgura generará defectos de fabricación como ondulaciones y perfiles no definidos.
- La coordinación entre las tareas de diseño, construcción y proceso no es muy común por lo que generalmente existen diferencias que retrasan el desarrollo. Es por ésta razón que existen un valor agregado importante en la retroalimentación entre los involucrados en cada una de estas etapas lo que permite solventar problemas y realizar correcciones que representan ahorros significativos de tiempo y recursos.

- El acabado superficial y dimensional del punzón y matriz de embutición, debe ser conseguido de preferencia en un mecanizado CNC para evitar deformaciones posteriores, mismas que provocan pérdida de holgura y precisión en el ajuste entre los elementos. No es recomendable realizar trabajos de pulido manual en éstas superficies.
- Los ajustes y tolerancias para las partes funcionales de la matriz como son bujes guía de las columnas deberán ser conseguidos montándolas primero en las placas para su mecanizado, logrando así un perfecto centramiento de todos los componentes.
- Para el dimensionamiento de los planos es recomendable fijar como punto de referencia (0,0), el centro de la forma para que todos los puntos de control y posicionamiento en todas las placas permitan un ajuste garantizado.
- Se recomienda el seguimiento, la participación y coordinación directa entre el diseñador y el personal encargado de la construcción para solventar directamente cualquier duda.

## BIBLIOGRAFÍA

- *Askeland Donald R., Ciencia de Ingeniería e Materiales, Tercera edición, 1998, México, International Thomson Editores S.A. p 131.*
- *ASM International Handbook Committee , Metals Hand Book Desk Edition 2001, Segunda Edición, Primera Impresión (Diciembre 1998), United States Of America: Editorial ASM International ISBN 0-87170-654-7, p 298-299*
- *ASM International Handbook Committee , Introduction to Workability, Forming and Forging, Vol. 14, Novena Edición, Tercera Impresión (Noviembre 1998), United States Of America: Editorial ASM International ISBN 0-87170-007-7 (v. 1), p 363 – 372*
- *ASM International Handbook Committee , Alloy Phase Diagrams Vol. 3, Primera Impresión (1992), United States Of America: Editorial ASM International 0-87170-377-7 (v.1) 0-87170-381-5 (v.3), p 363 – 372*
- *ASM International Handbook Committee, Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials, Volume 2, Cuarta impresión , Octubre 1995, United States of America: Editorial ASM International ISBN 0-87170-378-5 (v. 2)*
- *ASM International Handbook Committee , Casting Vol. 15, Cuarta Impresión, Marzo 1998, United States Of America: Editorial ASM International ISBN 0-87170-007-7 (v. 1), p 363 - 372*
- *ASM International Handbook Committee , Irons, Steels, and High-Performance Alloys Vol1, Segunda Edición, Primera Impresión (Diciembre 1998), United States Of America: Editorial ASM International ISBN 0-87170-654-7, p 298-299*
- *Berrocal Ortiz Luis, Resistencia de Materiales, Mayo 1990, Madrid España, Editorial McGraw Hill.*
- *Böhler, Manual de aceros, 2006 Quito Ecuador*

- Félix Gonzalo, Sánchez Ángel y otros, Manual de Mecánica Industrial, Tomo I Soldadura y Materiales, Madrid – España, Cultural S.A., 1999
- F.W. Boulger, *Machinability of Steels, Properties and Selection: Irons, Steels, and High-Performance Alloys, Vol. 1*, ASM Handbook, ASM International, 1990, p 591
- Heinrich Gerling, Moldeo y Conformación, Primera Edición, 1979, Barcelona España, Editorial Reverté S.A.
- Instituto Técnico Superior Salesiano Don Bosco, Curso Básico De Matricería, Primera Edición, Sin Año, Quito Ecuador, Editorial Colegio Don Bosco,
- Instituto Técnico Superior Salesiano Don Bosco, Tecnología Mecánica Máquinas Herramientas, Primera Edición, Sin Año, Quito Ecuador, Editorial Colegio Don Bosco, p. 27G, fig. 159.2
- Koninck Gutter, Manual Del Técnico Matricero, Edición 1977, Barcelona España, Editorial José Montesó
- López Navarro Tomás, Troquelado Y Estampación, Sexta Edición 1981, Barcelona España, Editorial Gustavo Gili. S.A.
- Méndez Patricio, Ibarra Xavier, Quinteros Vinicio, Diseño e Implementación del Proceso de Embutición Modelo 406.19, Quito Ecuador, 2010,
- Oehler – Kaiser, Herramientas De Troquelar Estampar y Embutir, Sexta Edición, 1977, Barcelona España, Editorial Gustavo Gili S.A.
- Pancorbo Floristan Francisco J., “Latones y aleaciones de cinc – aluminio para componentes en contacto con agua potable”, Barcelona España 2009
- SECAP, Información Tecnológica Matriz de Corte, Edición S.N, Ref. HIT.263.

- *SECAP, Información Tecnológica Matriz de Corte, Edición S.N, Ref. HIT.283.*
- *SECAP, Información Tecnológica Matriz de Corte, Edición S.N, Ref. HIT.264*
- *Rossi Mario, Estampado En Frio De La Chapa, Novena Edición, Primera Impresión, 1971, Barcelona España, Editorial Científico Médica, ISBN 39.358-1970*

# **ANEXOS**

**ANEXO 1 AL**

**ANEXO 9 y**

**ANEXO 11**

**ANEXOS**

**DIGITALES**

**ANEXO1.**

**RESISTENCIA A**

**LA**

**CIZALLADURA**

**DE LOS**

**MATERIALES**

Tabla 16.4 Resistencia a la cizalladura ( $\sigma_T$ ) de los materiales que pueden ser cortados con troquel

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



**ANEXO 2**

**COEFICIENTES**

**MECÁNICOS DE**

**LOS**

**MATERIALES**

Tabla 16.5 Coeficientes mecánicos de los materiales (kgf/mm<sup>2</sup> de sección)

Materiales	Módulo de elasticidad $E$	Carga de rotura $\sigma_R$		Límite de elasticidad $\sigma_E$	Carga de seguridad admisible $\sigma_{ad}$	
		Tracción	Compresión		Maquinaria	Construcción
Hierro pудelado .....	20.000	30-36	28-30	16-20	9	8-10
Acero suave .....	21.500	35-45	»	18-24	9-12	»
Acero semiduro .....	22.000	40-60	80	25-35	12-15	13-20
Acero al níquel .....	»	50-110	»	30-50	20-25	18-24
Acero esp. al cromo, silicio, etc. ....	—	90-180	—	60-120	15-30	—
Alambre de hierro .....	20.000	45-60	—	24-30	15-20	15-20
Alambre de acero .....	24.000	75-200	—	40-50	18-30	24-30
Fundición de hierro .....	10.000	10-15	60-80	[ trac. 6 comp. 15	[ trac. 3 comp. 9	[ trac. 2 comp. 5
Cobre fundido .....	11.000	13-15	40	—	—	—
Cobre laminado .....	»	20-25	40-50	trac. 10	3-5	—
Alambre de cobre .....	13.000	40-60	—	» 13	4-6	—
Aluminio laminado .....	7.000	10-12	—	—	—	—
Latón fundido .....	6.000	12-15	50	trac. 5	1,5	—
Latón laminado .....	10.000	20-25	70-90	» 10	3-5	—
Alambre de latón .....	»	35-80	—	» 12	4-6	—
Bronce fundido .....	7.000	15-25	50	» 6-10	2-3	—
Bronce fosforoso .....	9.800	30-40	—	» 13,5	7	—
Plomo .....	2.000	3-5	5	» 1	—	comp. 1
Cinc laminado .....	9.500	16	—	» 2,5	—	—
Estaño .....	4.000	3-4	11	» 0,5	—	—
Cuero .....	10-20	3-5	—	» 1,5	0,25	—
Madera fuerte, fibra larga .....	1.200	8-9	4-5	[ trac. 1 comp. 2,2	0,6	[ trac. 1 comp. 0,6
Madera suave, fibra larga .....	1.000	7-8	3-4	[ trac. 2,2 comp. 1,6	0,4	[ trac. 0,6 comp. 0,4
Madera, fibra transversal .....	150	1,2	2,5	—	—	—
Cuerda de cáñamo .....	150	6-8	—	2	0,6-1	1

**ANEXO 3**

**MATERIALES**

**PARA**

**CONSTRUCCIÓN**

**MECÁNICA**

## Información general

SVERKER 3 es un acero para utilajes con un alto contenido en carbono y cromo, aleado con tungsteno y que cuenta con las características siguientes:

- Gran resistencia al desgaste
- Alta resistencia a la compresión
- Alta dureza de la superficie después de temple
- Buenas propiedades de temple
- Buena estabilidad durante el temple
- Buena resistencia al revenido.

SVERKER 3 ha ido ganando una amplia aceptación como un acero que cuenta con una resistencia al desgaste excepcional, adecuado para utilajes que requieran una larga vida útil juntamente con unos bajos costos en reparación y mantenimiento, todo ello a fin de obtener una máxima economía en producción.

Análisis típico %	C 2,05	Si 0,3	Mn 0,8	Cr 12,7	W 1,1
Especificación standard	AISI D6, (AISI D3), (W.-Nr. 1.2436)				
Estado de suministro	Recocido blando, aprox. 240 HB				
Código de color	Rojo				

## Aplicaciones

### CORTE

Recomendamos SVERKER 3 en aplicaciones que requieran una máxima resistencia al desgaste, tales como: utilajes de corte y cizallado de materiales finos y duros, útiles de prensa que deban fabricar largas series, útiles de conformado, moldes para cerámica y moldes para plásticos abrasivos.

	Espesor del material	Dureza del material	
		≤ 180 HRC	> 180 HRC
<i>Útiles para:</i> Corte, punzonado, doblado cizallado y desbarbado	< 3	60–62	56–58
Cizallas cortas para materiales finos, cuchillas de corte y triturado para recuperación de materiales plásticos			56–60
Cizallas circulares para chapa, cartón, etc.			58–60
Útiles para tronzado y desbarbado para piezas de forja			58–60
Fresas para madera, escariadore, mandrines y brochas			56–58

### CONFORMADO

<i>Útiles para:</i>	HRC
Doblado, acuñado, embutición profunda; repujado, conformado por estirado	56–62
Rodillos para laminar tubo y laminado de segmentos	58–62
Matrices de estirado en frío/matrices de calibrado	58–62
Útiles para compactación de polvo	58–62
Carriles guía, estampación en frío de carriles guía	56–60
<i>Útiles para compactación y el conformado de:</i> Materiales cerámicos, ladrillos, azulejos; muelas de rectificado; tabletas, pastillas, grageas (medicamentos), plásticos abrasivos	58–62
Calibres, elementos de metrología, guías deslizamiento, casquillos, manguitos, moletas; boquillas para arenado	58–62
Martillos para triturar	56–60
Bloques para forja y estampado	56–60

## Propiedades

### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Material templado y revenido a 62 HRC. Datos obtenidos a temperatura ambiente y a elevadas temperaturas.

Temperatura	20°C	200°C	400°
Densidad kg/m <sup>3</sup>	7 700	7 650	7 600
Módulo de elasticidad N/mm <sup>2</sup> kp/mm <sup>2</sup>	194 000 19 800	189 000 19 300	173 000 17 600
Coefficiente de dilatación térmica por °C a partir 20°	–	11,0 x 10 <sup>-6</sup>	10,8 x 10 <sup>-6</sup>
Conductividad térmica W/m °C	20,5	21,5	23,0
Calor específico J/kg °C	460	–	–

### RESISTENCIA A LA COMPRESION

Las cifras deberán considerarse como aproximadas.

Dureza	Resistencia a la compresion, Rc0,2 MPa
62 HRC	2200
60 HRC	2100
55 HRC	1850
50 HRC	1600

## Tratamiento térmico

### RECOCIDO BLANDO

Proteger el acero y calentar en toda su masa hasta alcanzar los 850°C. Refrigerar luego en el horno a una velocidad de 10°C por hora hasta los 650°C, después libremente al aire.

### LIBERACION DE TENSIONES (ESTABILIZADO)

Una vez realizado el mecanizado de desbaste, el utillaje debería calentarse en toda su masa hasta alcanzar los 650°C, manteniendo la temperatura por espacio de 2 horas. Enfriar lentamente hasta los 500°C luego libremente al aire.

### TEMPLE

Temperatura de precalentamiento: 600–700°C  
 Temperatura de austenización: 920–1000°C, normalmente 940–980°C.

Temperatura °C	Tiempo de mantenimiento* minutos	Dureza antes de revenido
920	60	approx. 65 HRC
960	30	approx. 66 HRC
1000	15	approx. 66 HRC

\* Tiempo de mantenimiento = tiempo a temperatura de temple una vez el utillaje esté totalmente calentado en toda su masa.

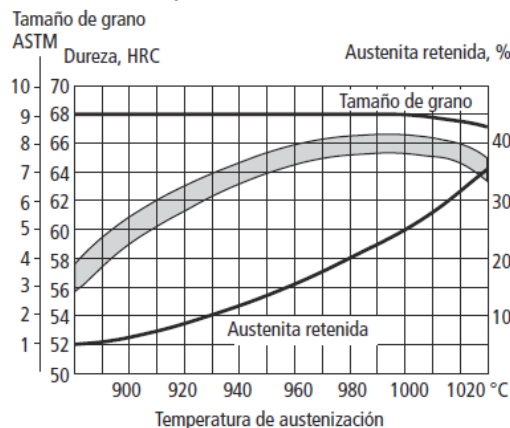
Proteger el utillaje contra la decarburación y oxidación durante el proceso de temple.

### MEDIOS DE ENFRIAMIENTO

- Aceite
- Vacío (gas a alta velocidad)
- Aire forzado/gas
- Baño de martemple o lecho fluidizado a 180–500°C, luego enfriar al aire.

Nota: Revenir el utillaje tan pronto como su temperatura alcance 50–70°C.

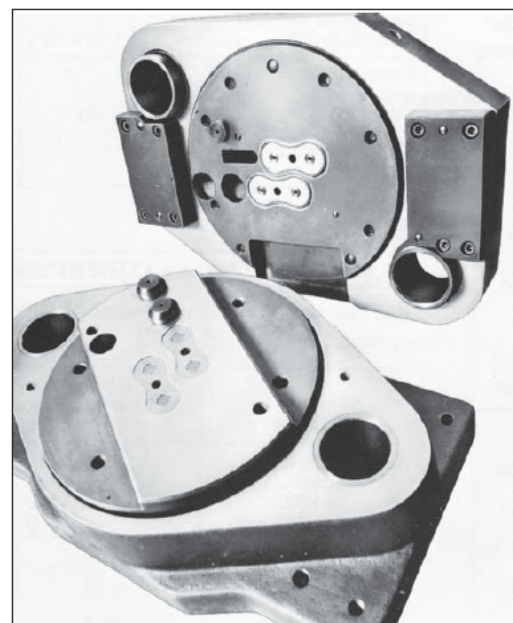
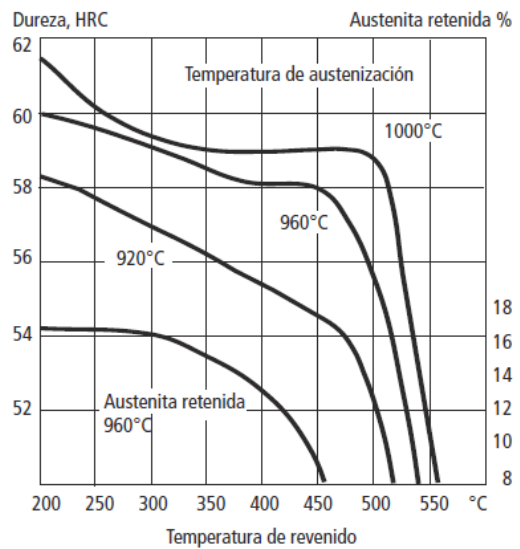
Dureza, tamaño de grano y austenita retenida, en función de la temperatura de austenización



### REVENIDO

Seleccionar la temperatura de revenido de acuerdo con la dureza requerida y siguiendo el gráfico de revenido como referencia. Revenir dos veces con un enfriamiento intermedio a temperatura ambiente. Temperatura más baja de revenido, 180°C. Tiempo mínimo de mantenimiento de temperatura, 2 horas.

#### Gráfico de revenido



Utillaje de corte fino realizado en SVERKER 3, para la fabricación de rodillos para cadena de transmisión

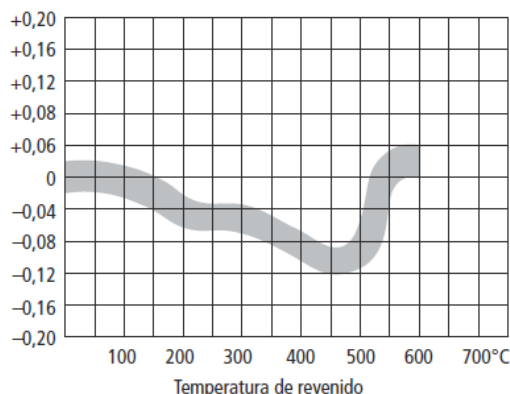
### CAMBIOS DIMENSIONALES DURANTE EL TEMPLE

Placa probeta de 100 x 100 x 25 mm.

		Ancho %	Largo %	Espesor %
Temple en aceite desde 960°C	min.	-0,05	+0,07	—
	max.	-0,08	+0,09	-0,08
Baño de martemple desde 960°C	min.	-0,01	+0,07	—
	max.	-0,03	+0,09	-0,16
Temple al aire desde 960°C	min.	+0,05	+0,09	—
	max.	+0,06	+0,13	+0,05

### CAMBIOS DIMENSIONALES DURANTE EL REVENIDO

Cambios dimensionales %



*Nota:* Deberán sumarse los cambios dimensionales ocurridos durante el temple y revenido.

### TRATAMIENTO SUB-CERO

Las piezas que requieran una máxima estabilidad dimensional deberían ser sometidas a un tratamiento sub-cero\* a fin de que con el tiempo no puedan experimentar cambios de volumen. Ello es aplicable, por ejemplo, para los utillajes de medición como calibres y ciertos componentes estructurales.

Una vez realizado el enfriamiento, y de forma inmediata deberá aplicarse el tratamiento sub-cero entre -70 y -80°C – con un tiempo de mantenimiento de 3–4 horas, seguido de un revenido. El tratamiento sub-cero conferirá un incremento de dureza de 1–3 HRC. Deberán evitarse las formas sinuosas puesto que éstas aportan el riesgo de formación de grietas.

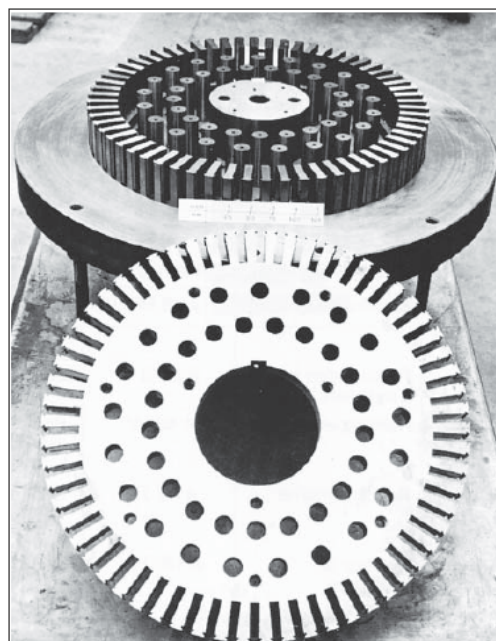
*\*En algunas ocasiones se utiliza también un envejecimiento a 110–140°C durante 25–100 horas.*

### NITRURACION

La nitruración conferirá una capa dura en la superficie que es muy resistente al desgaste y a la erosión, aumentando también la resistencia a la corrosión. La nitruración en gas amoníaco a una temperatura de 525°C da a la superficie una dureza de aproximadamente 1150 HV<sub>1</sub>.

Temperatura de nitruración °C	Tiempo de nitruración horas	Profundidad aprox. de la capa mm
525	20	0,20
525	30	0,25
525	60	0,30

Dos horas de Nitrocarburoción a 570°C confieren una dureza de superficie de aprox. 800 HV<sub>1</sub>. El espesor de la capa contando con ésta dureza será de 10–20 µm. Estas cifras se refieren a material templado y revenido.



*Matriz progresiva de corte y punzonado realizada en SVERKER 3 destinada a fabricar placas de laminación utilizando plancha abrasiva con alto contenido en silicio.*

## Recomendaciones sobre mecanizado

Los parámetros de corte que se encuentran a continuación deben ser considerados como valores guía. Estos valores deberán adaptarse a las condiciones locales existentes.

### TORNEADO

Parámetros de corte	Torneado con metal duro		Torneado con acero rápido
	Torneado de desbaste	Torneado fino	Torneado fino
Velocidad de corte ( $v_c$ ) m/min.	70–100	100–150	8–12
Avance (f) mm/r	0,3–0,6	–0,3	–0,3
Profundidad de corte ( $a_p$ ) mm	2–6	0,5–2	0,5–3
Mecanizado grupo ISO	K20, P10–P20 Carburo revestido*	K15, P10 Carburo revestido*	–

\* Utilizar una calidad de metal duro revestida,  $Al_2O_3$  resistente al desgaste

### TALADRADO

#### Taladrado con brocas de acero rápido

Diámetro de la broca $\varnothing$ mm	Velocidad de corte ( $v_c$ ) m/min.	Avance (f) mm/r
–5	10–12*	0,05–0,10
5–10	10–12*	0,10–0,20
10–15	10–12*	0,20–0,25
15–20	10–12*	0,25–0,30

\* Para brocas de acero rápido recubiertos  $v_c = 16–18$  m/min.

#### Taladrado con brocas de metal duro

Parámetros de corte	Tipo de broca		
	Metal duro insertado	Metal duro sólido	Taladro con canales de refrigeración <sup>1)</sup>
Velocidad de corte ( $v_c$ ) m/min.	100–130	50–70	30–40
Avance (f) mm/r	0,05–0,25 <sup>2)</sup>	0,10–0,25 <sup>2)</sup>	0,15–0,25 <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Brocas con canales de refrigeración interna y plaqueta de metal duro.

<sup>2)</sup> Dependiendo del diámetro de la broca.

### FRESADO

#### Fresado frontal y axial

Parámetros de corte	Fresado con metal duro	
	Fresado de desbaste	Fresado en fino
Velocidad de corte ( $v_c$ ) m/min.	90–110	110–130
Avance ( $f_z$ ) mm/diente	0,2–0,4	0,1–0,2
Profundidad de corte ( $a_p$ ) mm	2–4	–2
Mecanizado grupo ISO	K20, P10–20 Carburo revestido*	K15, P10 Carburo revestido*

\* Utilizar una calidad de metal duro revestida,  $Al_2O_3$  resistente al desgaste

#### Fresado de acabado

Parámetros de corte	Tipo de fresa		
	Metal duro integral	Insertado metal duro	Acero rápido
Velocidad de corte ( $v_c$ ) m/min.	30–70	40–80	10–15 <sup>1)</sup>
Avance ( $f_z$ ) mm/diente	0,03–0,2 <sup>2)</sup>	0,08–0,2 <sup>2)</sup>	0,05–0,35 <sup>2)</sup>
Mecanizado Grupo ISO	–	K15, P10–P20 <sup>3)</sup> Carburo revestido	–

<sup>1)</sup> Para fresas de acabado de acero rápido recubierto  $v_c = 20–25$  m/min.

<sup>2)</sup> Dependiendo de la profundidad radial de corte y diámetro de corte.

<sup>3)</sup> Utilizar una calidad de metal duro revestida,  $Al_2O_3$  resistente al desgaste.

### RECTIFICADO

A continuación ofrecemos unas recomendaciones generales sobre muelas de rectificado. Puede obtenerse más información en la publicación de Uddeholm «Rectificado de acero para moldes y matrices».

Tipo de rectificado	Muelas recomendadas	
	Estado recocido blando	Estado templado
Rectificado frontal muela recta	A 46 HV	B107 R75 B3 <sup>1)</sup> A 46 HV
Rectificado frontal por segmentos	A 24 G V	3SG 46 FVSPF <sup>1)</sup> A 36 FV
Rectificado cilíndrico	A 46 LV	B126 R75 B3 <sup>1)</sup> A 60 KV
Rectificado interno	A 46 JV	B107 R75 B3 <sup>1)</sup> A 60 IV
Rectificado de perfil	A 100 LV	B107 R100 V <sup>1)</sup> A 100 JV

<sup>1)</sup> Siempre que sea posible utilizar muelas de rectificado CBN.

## Soldadura

Pueden obtenerse buenos resultados al soldar acero para utillajes si son tomadas las precauciones necesarias durante la operación de soldadura (elevada temperatura de trabajo, preparación de la junta, elección de los consumibles a utilizar y aplicación de la soldadura). Si el utillaje debe ser pulido o fotograbado, es necesario trabajar con un electrodo que contenga la misma composición que el acero a soldar.

Método de soldadura	Temperatura de trabajo	Consumibles	Dureza después de soldadura
MMA (SMAW)	200–250°C	Inconel 625-type UTP 67S Castolin 2 Castolin 6	280 HB 55–58 HRC 56–60 HRC 59–61 HRC
TIG	200–250°C	Inconel 625-type UTPA 73G2 UTPA 67S UTPA 696 Castotig 5	280 HB 53–56 HRC 55–58 HRC 60–64 HRC 60–64 HRC

## Mecanizado por electroerosión

Si se efectúa un mecanizado por electroerosión con el material en estado templado y revenido, deberá efectuarse un revenido adicional a aproximadamente 25°C por debajo de la temperatura anterior de revenido. Puede obtenerse más información sobre éste tema en el catálogo de Uddeholm «Mecanizado por electroerosión de acero para utillajes».

## Información adicional

Puede contactar la oficina local de Uddeholm para obtener información sobre selección, tratamiento térmico, aplicación y disponibilidad de los aceros para utillajes de Uddeholm así como la publicación «Aceros para utillaje de estampación».

## Cuadro comparativo del acero de Uddeholm para aplicaciones de trabajo en frío

### PROPIEDADES DEL MATERIAL Y RESISTENCIA A LOS MECANISMOS DE FALLO

Calidad Uddeholm	Dureza/ Resist. dé- formación plástica	Mecani- bilidad	Rectifi- cabilidad	Estabilidad dimensional	Resistencia a		Resistencia a	
					Desgaste abrasivo	Desgaste adhesivo	Melladuras/ Ductilidad	Roturas/ Tenacidad
ARNE	████	██████	██████	█	████	████	████	████
CALMAX	████	██████	██████	██████	████	████	██████	██████
RIGOR	████	██████	██████	██████	████	████	████	████
SLEIPNER	██████	██████	██████	██████	████	████	████	████
SVERKER 21	████	██████	████	████	████	█	█	████
SVERKER 3	████	████	█	████	██████	█	█	█
VANADIS 4	████	██████	████	██████	████	████	████	████
VANADIS 6	████	████	█	██████	████	████	████	████
VANADIS 10	██████	█	█	██████	████	████	████	█
VANADIS 23	██████	████	████	██████	████	████	████	████



## ANEXO 3.1.2 AISI D6 IVAN BOHOMAN

### XW-5 = AISI D6 Acero para trabajo en frío

**GENERALIDADES:** Acero para utilajes con alto contenido en carbono y cromo, aleado con tungsteno. Gran resistencia al desgaste, alta resistencia a la compresión, elevada dureza después de temple con muy buena estabilidad dimensional. Adecuado para utilajes que necesiten excepcional resistencia al desgaste y larga vida, lo que implica bajos costos en reparación y mantenimiento. Dureza de suministro 240 HB.

#### ANÁLISIS TÍPICO %

	C	Si	Mn	Cr	W
ASSAB XW-5	2.05	0.30	0.80	12.5	1.3
AISI/SAE D6	2.05	0.30	0.40	11.5	0.70

#### EQUIVALENCIAS

AISI/SAE	D6
DIN	X210CrW12
W.Nr	1.2436
BOFORS	RT 60
UDDEHOLM	SVERKER 3

#### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS A 62 HRC

Temperatura °C	20	200	400
Densidad kg/m <sup>3</sup>	7700	7650	7600
Módulo de elasticidad N/mm <sup>2</sup>	194000	189000	173000
Coefficiente de dilatación térmica por °C a partir de 20 °C	—	11.0x10 <sup>-6</sup>	10.8x10 <sup>-6</sup>

#### APLICACIONES:

	ESPOSOR DEL MATERIAL	DUREZA DEL MATERIAL < 180 HRB	DUREZA DEL MATERIAL > 180 HRB
Útiles para: Corte, punzonado, doblado, cizallado y desbarbado	< 3 mm	60-62	56-58
Cizallas cortas para materiales finos, cuchillas de corte y triturado para recuperación de materiales plásticos.			56-60
Cizallas circulares para chapa, cartón, etc.			58-60
Útiles para tronchado y desbarbado para piezas de forja			58-60
Fresas para madera, escariadores, etc			56-58
Doblado, acuaño, embutición profunda, repujado, estirado y conformado por estirado			56-62
Rodillos para laminar tubo y laminado de segmentos			58-62
Matrices de estirado en frío, matrices de calibrado			58-62
Compactación de polvos			58-62
Carriles guía			56-60
Conformado de materiales cerámicos, ladrillos, azulejos, muelas de rectificado, plásticos abrasivos, boquillas para arenado, instrumentos de metrología, manguitos, calibres, etc.			58-62

#### TRATAMIENTO TÉRMICO

**Recocido blando:** Proteger el acero en toda su masa hasta alcanzar los 850 °C. Refrigerar luego en el horno a una velocidad de 10 °C por hora hasta los 650 °C, después libremente al aire.

**Eliminación de tensiones:** Una vez realizado el mecanizado de desbaste, el utilaje debería calentarse en toda su masa hasta los 650 °C, manteniendo la temperatura por espacio de 2 horas. Enfriar lentamente hasta los 500 °C y luego libremente al aire.

#### Temple:

Temperatura de precalentamiento: 600-700 °C

Temperatura de austenización: 920-1000 °C, normalmente 940-980 °C.

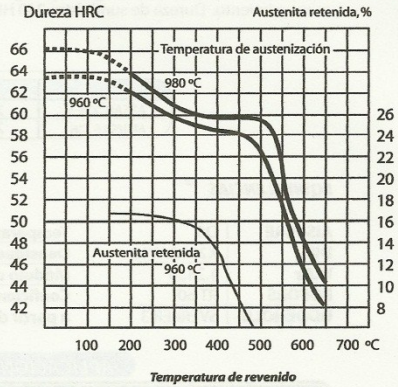
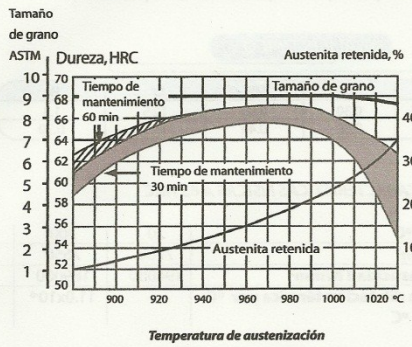
**Nitruración:** Este proceso en gas amoníaco puede alcanzar durezas de hasta 1150 HV<sub>1</sub>. Con estas durezas, no puede soportar cargas puntuales por peligro de despostillamiento.

#### Agentes de enfriamiento:

- Aceite
- Vacío (gas a alta velocidad)
- Aire forzado/gas
- Baño de martemple o lecho fluidizado a 180-500 °C, luego enfriar al aire

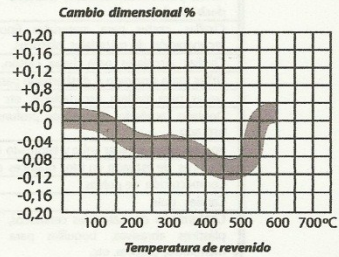
**Nota:** Revenir el utilaje tan pronto como su temperatura alcance 50-70 °C

CURVAS PARA TEMPLE Y REVENIDO (2h+2h)



Cambios dimensionales durante el temple y revenido

	Ancho %	Largo %	Espesor %
Temple en aceite desde 960 °C.			
min.	-0.05	+0.07	--
máx.	-0.08	+0.09	-0.08
Baño de martemple desde 960 °C			
min.	-0.01	+0.07	--
máx.	-0.03	+0.09	-0.16
Temple al aire desde 960 °C.			
min	+0.05	+0.09	--
máx.	+0.06	+0.13	+0.05



MEDIDAS EN STOCK:

REDONDO

mm	APROX. PULGADAS	PESO APROX. kg/m
12.7	1/2	1.0
20	25/32	2.5
22	7/8	3.0
25	63/64	3.9
25.4	1	4.0
28	1 1/32	4.8
38	1 1/2	8.8
43	1 11/16	11.2
50	2	15.6
55	2 5/32	18.5
60	2 3/8	22.1
63.5	2 1/2	23.6

REDONDO

mm	APROX. PULGADAS	PESO APROX. kg/m
90	3 17/32	49.7
100	3 31/32	61.7
125	4 29/32	94.5
140	5 1/2	118.6
150	5 7/8	139.0
160	6 1/4	159.2
170	6 11/16	177.2
182	7 3/16	204.1
192	7 9/16	227.1
202	7 15/16	251.3
225	8 7/8	313.1
250	9 17/32	385.0

**PLATINA**

mm	APROX. PULGADAS	PESO APROX. kg/m
6x57	1/4x2 1/4	2.7
8x57	5/16x2 1/4	3.6
10x57	3/8x2 1/4	4.5
10x86	3/8x3 3/8	6.8
12x57	15/32x2 1/4	5.3
12x86	15/32x3 3/8	7.9
12x108	1/2x4 1/4	10.8
15x57	19/32x2 1/4	6.8
15x69	19/32x2 23/32	8.1
15x82	19/32x3 7/32	9.7
15x108	19/32x4 1/4	12.8
18x108	22/32x4 1/4	15.3
18x133	22/32x5 7/32	18.8
20x180	25/32x7 1/8	27.7
22x45	7/8x1 1/4	7.8
22x57	7/8x2 1/4	9.8
22x82	7/8x3 7/32	13.9
22x86	7/8x3 3/8	14.6
22x108	7/8x4 1/4	18.7
22x133	7/8x5 1/4	23.0
22x158	7/8x6 1/4	27.3

**PLATINA**

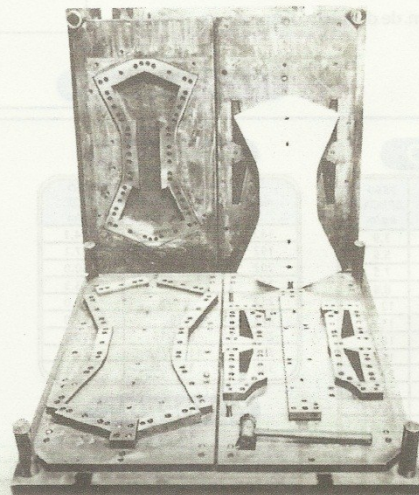
mm	APROX. PULGADAS	PESO APROX. kg/m
22x260	7/8x10 1/4	44.9
25x50	1x1 31/32	9.6
25x60	1x2 3/8	11.6
25x80	1x3 15/16	19.3
28x69	1 3/32x2 23/32	14.9
28x82	1 1/4x3 1/4	18.1
28x86	1 1/4x3 3/8	18.9
30x120	1 3/16x4 3/4	27.7
30x150	1 3/16x5 7/8	34.7
30x200	1 3/16x7 7/8	46.2
30x250	1 3/16x10 1/4	61.3
35x108	1 3/8x4 1/4	29.7
35x133	1 3/8x5 1/4	36.7
35x210	1 3/8x8 1/4	57.8
40x60	1 9/16x2 3/8	18.5
40x80	1 9/16x3 5/32	24.6
40x120	1 9/16x4 3/4	37.0
40x150	1 9/16x5 7/8	48.0
40x270	1 9/16x10 5/8	84.9
41x260	1 9/16x10 1/4	83.7
50.8x305	2x12	118.0

**CUADRADO**

mm	APROX. PULGADAS	PESO APROX. kg/m
20x20	2 5/32x2 5/32	3.2
25x25	1x1	4.8
28x28	1 1/8x1 1/8	6.1
30x30	1 3/16x1 3/16	6.9

**CUADRADO**

mm	APROX. PULGADAS	PESO APROX. kg/m
35x35	1 3/8x1 3/8	9.4
40x40	1 9/16x1 9/16	12.3
41x41	1 19/32x1 19/32	13.3
69x69	2 3/4x2 3/4	37.4



## ANEXO 3.2.1 ACERO IMPAX SUPREM

IMPAX SUPREME

### Información general

IMPAX SUPREME es un acero aleado al cromo-níquel-molibdeno, desgasificado en vacío, que se suministra templado y revenido ofreciendo las siguientes ventajas:

- Sin riesgos de temple
- Sin costos por temple
- Ahorro de tiempo, por ejemplo, no hay necesidad de esperar para el tratamiento térmico
- Menor costo de herramientas (por ejemplo, no hay que rectificar deformaciones)
- Las modificaciones se efectúan fácilmente
- Puede nitrurarse para aumentar la resistencia de su superficie al desgaste o templarlo a la llama localmente para reducir los daños en la superficie.

IMPAX SUPREME se fabrica cumpliendo unos standards muy elevados. Posee un contenido de azufre muy bajo, lo cual le proporciona las siguientes características:

- Excelentes aptitudes para pulido y la elaboración de fotograbados
- Buena mecanibilidad
- Gran pureza y buena homogeneidad
- Dureza uniforme en todas las dimensiones.

*Nota: IMPAX SUPREME ha sido probado ultrasónicamente en el 100%.*

Análisis aprox. %	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	S
	0,37	0,3	1,4	2,0	1,0	0,2	<0,010
Norma	UNE F-5303, F-3404, W.Nr. 1.2738, 1.2311 (mejorado)						
Forma de entrega	Templado y revenido a 290-330 HB						
Código de color	Amarillo/verde						

Las secciones grandes se suministran pre-mecanizadas, lo cual ofrece las siguientes ventajas en comparación con el material sin mecanizar:

- Ahorro de peso
- La superficie no está decarburada
- Tamaño nominal exacto (más la tolerancia)
- Menor mecanizado
- Al no existir rebabas se reduce a un mínimo el desgaste de las máquinas y herramientas.



### Aplicaciones

- Moldes de inyección para termoplásticos
- Moldes de extrusión para termoplásticos
- Moldes de soplado
- Herramientas de conformar sin arranque de viruta (templadas a la llama o nitruradas)
- Componentes estructurales, ejes.

### Propiedades

#### CARACTERÍSTICAS FÍSICA

Templado y revenido 310 HB.

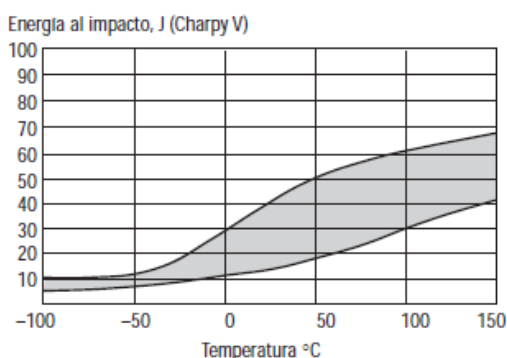
Temperatura	20°C	200°C
Densidad, kg/m <sup>3</sup>	7 800	7 750
Coefficiente de dilatación térmica por °C a partir de 20°C	-	12,7 x 10 <sup>-6</sup>
Conductividad térmica W/m °C	29	30
Modulo de elasticidad N/mm <sup>2</sup> kp/mm <sup>2</sup>	205 000 20 900	200 000 20 650
Calor específico J/kg °C	460	-

#### PROPIEDADES MECANICAS

La resistencia al impacto, resistencia a al tensión y a la compresión dependen de la dureza en estado de suministro.

### Resistencia al impacto

La absorción de energía en el test de impacto depende del material de prueba (tamaño de la barra y dureza suministrada), temperatura de prueba de la muestra (tipo, situación y orientación en la barra). La gráfica a continuación nos indica como la energía al impacto cambia en función de la temperatura de prueba y variación de dureza, dentro de los niveles de suministro.

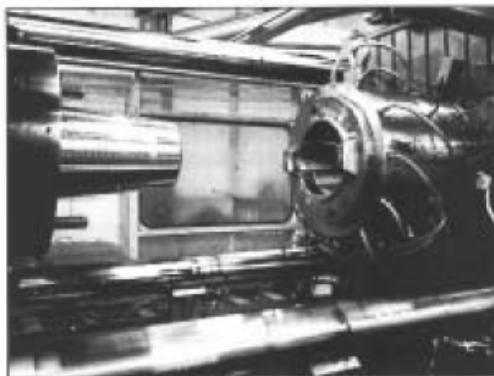


### Resistencia a la tensión

Temperatura de ensayo	20°C	200°C
Máxima resistencia a la tensión $R_m$ N/mm <sup>2</sup>	1020	930
Límite de elasticidad $R_{p0,2}$ N/mm <sup>2</sup>	900	800

### Resistencia a la compresión

Límite de resistencia a la compresión, $R_{c0,2}$	850-1000 N/mm <sup>2</sup>
---	----------------------------



Molde de grandes dimensiones para fabricar cestos de ropa para lavanderías. La calidad de acero adecuada para este tipo de molde es IMPAX SUPREME.

## Tratamiento térmico

IMPAX SUPREME está destinado a utilizarse en estado templado y revenido, es decir, en la forma en que se suministra.

No obstante, cuando el acero deba someterse a termotratamiento para conseguir una mayor dureza o cementarse, puede ser de utilidad seguir las siguientes instrucciones.

### RECOCIDO BLANDO

Proteger el acero y calentarlo en toda su masa a 700°C. Tiempo de mantenimiento 2 horas. Luego enfriarlo en el horno 10°C por hora hasta 600°C y por último libremente al aire.

### ELIMINACION DE TENSIONES

Después del desbaste, debe calentarse la herramienta en toda su masa a 550°C, tiempo de mantenimiento 2 horas. Enfriar lentamente hasta 500°C y después libremente al aire.

### TEMPLE

Nota: El acero deberá someterse a un recocido blando completo antes de templearlo.  
Temperatura de precalentamiento: 500-600°C.  
Temperatura de austenización: 850°C.  
El acero deberá calentarse hasta la temperatura de austenización, manteniéndose en ella durante 30 minutos.

*Proteger la herramienta contra la decarburación y oxidación durante el proceso de temple.*

### MEDIOS DE ENFRIAMIENTO

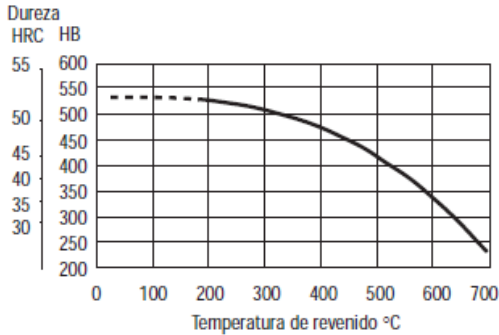
- Gas a alta velocidad/atmósfera circulante. (Tan sólo geometrías sencillas.)
- Aceite.
- Baño de martemple a 300°C durante máx. 4 minutos; después, enfriar al aire libre.

*Nota: revenir inmediatamente que la herramienta alcance 50-70°C.*

### REVENIDO

Elegir la temperatura de revenido de acuerdo con la dureza requerida refiriéndose al gráfico de revenido. Revenir dos veces con un enfriamiento intermedio a temperatura ambiente. Temperatura mínima de revenido 180°C para pequeños insertos, pero preferiblemente 250°C de temperatura mínima. Tiempo mínimo de mantenimiento 2 horas.

El gráfico es válido para pequeñas probetas (15 x 15 x 40 mm), austenización 30 min. a 850°C, enfriado al aire y revenido 2 + 2 horas.



### TEMPLE A LA LLAMA Y POR INDUCCION

IMPAX SUPREME puede templarse a la llama o por inducción hasta una dureza de 50 HRC. Es preferible el enfriamiento en aire.

Para obtener más información ver el estudio elaborado por el Servicio Técnico de Uddeholm «Temple a la llama de IMPAX SUPREME».

### NITRURACION O NITROCARBURACION

La nitruración crea una superficie dura muy resistente al desgaste y a la erosión. Una superficie nitrurada aumenta también la resistencia a la corrosión.

Para obtener un mejor resultado después de nitrurar se deben seguir los siguientes pasos:

1. Desbastado
2. Eliminación de tensiones a 550°C
3. Rectificado
4. Nitrurado.

Se pueden conseguir las siguientes durezas en la superficie y profundidades de nitrurado después de realizar la nitruración.

	Temperatura °C	Tiempo h.	Dureza de la superficie HV <sub>1</sub>	Profundidad, mm
Nitruración por Gas	525	20	650	0,30
	525	30	650	0,35
Nitruración Iónica	480	24	700	0,30
	480	48	700	0,40
Nitrocarburation	570	2	700	0,10

## Mecanizado

Los datos de corte indicados a continuación deben ser considerados como guía debiendo ser adaptados a las condiciones específicas existentes. Pueden obtener más información en «Recomendaciones de Mecanizado».

### TORNEADO

Parámetros de corte	Torneado con metal duro		Torneado con acero rápido
	Torneado de desbaste	Torneado fino	Torneado fino
Velocidad de corte (v <sub>c</sub> ) m/min	120–170	170–220	15–20
Avance (f) mm/r	0,2–0,4	0,05–0,2	0,05–0,3
Profundidad de corte (a <sub>p</sub> ) mm	2–4	0,5–2	0,5–3
Mecanizado grupo ISO	P20–P30 Revestido carburo	P10 Revestido carburo o cermet	–

### TALADRADO

#### Taladrado con brocas de acero rápido

Diámetro de la broca mm	Velocidad de corte (v <sub>c</sub> ) m/min	Avance (f) mm/r
– 5	14–16*	0,08–0,15
5–10	14–16*	0,15–0,25
10–15	14–16*	0,25–0,30
15–20	14–16*	0,30–0,35

\* Para brocas de acero rápido recubiertas v<sub>c</sub> 24–26 m/min.

#### Taladrado con brocas de metal duro

Parámetros de corte	Tipo de taladro		
	Metal duro insertado	Metal duro sólido	Taladro con canales de refrigeración <sup>1)</sup>
Velocidad de corte (v <sub>c</sub> ) m/min	180–200	120–150	60–80
Avance (f) mm/r	0,05–0,25 <sup>2)</sup>	0,10–0,25 <sup>2)</sup>	0,15–0,25 <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Brocas con canales de refrigeración interna y plaqueta de metal duro.

<sup>2)</sup> Dependiendo del diámetro de la broca.

## FRESADO

### Fresado frontal y axial

Parámetros de corte	Fresado con metal duro	
	Fresado de desbaste	Fresado fino
Velocidad de corte ( $v_c$ ) m/min	80–150	150–190
Avance ( $f_z$ ) mm/diente	0,2–0,4	0,1–0,2
Profundidad de corte ( $a_p$ ) mm	2–4	–2
Mecanizado grupo ISO	P20–P40 Revestido carburo	P10–P20 Revestido carburo o cermet

### Fresado de acabado

Parámetros de corte	Tipo de fresa		
	Metal duro integral	Insertado metal duro	Acero rápido
Velocidad de corte ( $v_c$ ) m/min	70–110	80–120	15–20 <sup>1)</sup>
Avance ( $f_z$ ) mm/diente	0,03–0,20 <sup>2)</sup>	0,08–0,20 <sup>2)</sup>	0,05–0,35 <sup>2)</sup>
Mecanizado grupo ISO	K10, P40	P20–P40	–

<sup>1)</sup> Para fresas de acero rápido recubiertas  $v_c$  35–40 m/min.

<sup>2)</sup> Dependiendo del tipo de fresado y diámetro de corte.

## RECTIFICADO

A continuación damos unas recomendaciones generales sobre muelas de rectificado, pueden obtener más información en el catálogo de Uddeholm «Rectificado de Acero para Herramientas».

Tipo de rectificado	Muelas recomendadas
Rectificado frontal	A 46 HV
Rectificado frontal por segmentos	A 24 GV
Rectificado cilíndrico	A 46 LV
Rectificado interno	A 46 JV
Rectificado del perfil	A 100 LV

## Mecanizado por electroerosión (EDM)

Si la erosión con chispa eléctrica se realiza con el material templado y revenido la herramienta debe someterse a un revenido adicional a unos 550°C. Si el acero ha sido retemplado, la temperatura adicional de revenido deberá ser 25°C más baja que la última temperatura de revenido utilizada.

Pueden obtener más información en el catálogo de Uddeholm «Mecanizado por electroerosión de acero para herramientas».

## Fotograbado

IMPAX SUPREME es especialmente adecuado para texturar mediante el proceso de fotograbado. Su bajo contenido de azufre garantiza una reproducción exacta y uniforme del relieve.

Para secciones grandes se recomienda realizar un revenido extra a 550°C antes del fotograbado.

## Soldadura

Se pueden obtener buenos resultados al soldar un acero para herramientas si se toman las precauciones necesarias durante la operación de soldadura (temperatura de trabajo elevada, preparación de la junta, elección de los consumibles y buen procedimiento de soldadura). Si la herramienta debe ser pulida o fotograbada debe utilizarse un electrodo que tenga la misma composición.

Metodo de soldadura	TIG	MMA
Temperatura de trabajo	200–250°C	200–250°C
Material de soldadura	IMPAX TIG-WELD	IMPAX WELD
Dureza después de soldadura	320–350 HB	320–350 HB

Pueden obtener más información en nuestro catálogo: «Soldadura de acero para herramientas».

## Cromado duro

Después del cromado duro se debe revenir la herramienta a 180°C durante aproximadamente 4 horas para eliminar la fragilidad por hidrógeno.

## Pulido

*IMPAX SUPREME* tiene unas aptitudes de pulibilidad excelentes en estado templado y revenido. Tras el rectificado, el pulido se realiza con óxido de aluminio o pasta de diamante.

*Nota:* Cada calidad de acero tiene un tiempo de pulido óptimo que depende en gran parte de la dureza y de la técnica de pulido. Un sobrepulido puede derivar en una superficie de acabado deficiente (por ejemplo, efecto de «piel de naranja»).

La publicación de Uddeholm «Pulido de acero para herramientas» contiene información más detallada.

## Información adicional

Póngase en contacto con la oficina local de Uddeholm para obtener una mayor información sobre la selección, termotratamiento, aplicaciones y disponibilidad de los aceros de Uddeholm para herramientas. Ver también la publicación «Acero para moldes».



## ANEXO 3.2.2 AISI P20

### 718=AISI P20 Acero pretemplado para moldes de plástico



**GENERALIDADES:** Es un acero aleado al cromo-níquel-molibdeno, desgasificado en vacío, que se suministra templado y revenido con alta pureza y uniformidad ofreciendo las siguientes ventajas:

- Sin riesgos de temple y ahorro de divisas por este proceso
- Ahorro de tiempo
- Menor costo de las herramientas (evitamos rectificación de deformaciones producidas por el tratamiento térmico)
- Las modificaciones se efectúan fácilmente
- Pueden nitrurarse para mejorar resistencia al desgaste
- Acepta temple a la llama, pudiendo reducir los daños en la superficie
- Dureza de suministro: 310 HB

#### CARACTERÍSTICAS:

1. Excelentes aptitudes para el pulido y elaboración de fotograbados
2. Buena maquinabilidad
3. Alta pureza y homogeneidad probadas con ultrasonido en el 100%
4. Dureza uniforme en todas las dimensiones

#### ANÁLISIS TÍPICO %

	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo
718	0.37	0.30	1.40	2.00	1.00	0.20
AISI/SAE P20	0.35	0.20-0.40	0.20-0.40	1.70	—	0.40

#### EQUIVALENCIAS

AISI/SAE	P20
W.Nr	1.2738, (1.2311 mejorado)
UNE	F-5303
AFNOR	35CND7
UDDEHOLM	IMPAX SUPREME

#### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS A 310 HB

Temperatura °C	20	200
Densidad kg/m <sup>3</sup>	7800	7750
Módulo de elasticidad N/mm <sup>2</sup>	205000	200000
Coefficiente de dilatación térmica por °C a partir de 20°C	—	12.7x10 <sup>-6</sup>

#### APLICACIONES:

- Moldes de inyección para termoplásticos
- Moldes de extrusión para termoplásticos
- Moldes para soplado
- Herramientas de conformar sin arranque de viruta (templadas a la llama o nitruradas)
- Componentes estructurales, ejes

#### TRATAMIENTO TÉRMICO

Este es un acero destinado a utilizarse en estado de suministro (templado y revenido). Sin embargo, cuando se desea tener mayor dureza del acero, puede ser útil seguir las instrucciones de tratamiento térmico siguientes:

**Recocido blando:** Proteger al acero y calentarlo en toda su masa a 700 °C. Luego enfriarlo en el horno a 10 °C/hora hasta 600 °C y por último libremente al aire.

**Eliminación de tensiones:** Después del desbaste, debe calentarse la herramienta en toda su masa a 550 °C, tiempo de mantenimiento 2 horas. Enfriar lentamente hasta 500 °C. y después libremente al aire.

#### Temple:

**Nota:** El acero debe someterse a un recocido blando completo antes de templarlo.

Temperatura de precalentamiento: 500-600 °C

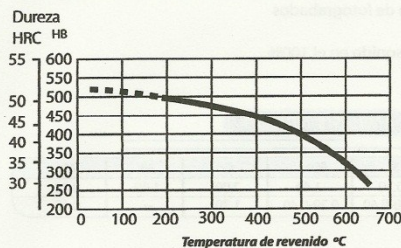
Temperatura de austenización: 850 °C

**Agentes de enfriamiento:**

- Gas a alta velocidad/atmósfera circulante ( Solamente geometrías sencillas )
- Aceite
- Temple escalonado martensítico a 300 °C, durante máx. 4 minutos; después, enfriar al aire libre

**Nota:** Revenir inmediatamente antes que la herramienta alcance los 70 °C

GRÁFICO DEL REVENIDO (2h+2h)



**Otras operaciones de tratamiento térmico:**

**Temple a la llama y por inducción:** Se pueden lograr durezas de hasta 50 HRC, seguido de un enfriamiento al aire y las piezas pequeñas requerirán en algunos casos enfriamiento forzado. Debe ir seguido al temple un revenido inmediato.

**Nitruración:** Se crea una superficie muy dura y resistente al desgaste, erosión y corrosión. Para obtener mejores resultados se debe hacer el respectivo desbaste, luego eliminado de tensiones a 550 °C, rectificado y por último nitrurado. Dureza obtenida por nitruración 53-55 HRC.

MEDIDAS EN STOCK

**REDONDO**

mm	APROX. PULGADAS	PESO APROX. kg/m
25	1	3.8
30	1 3/16	5.5
35	1 3/8	7.5
43	1 3/4	11.4
50.8	2	15.6
55	2 3/16	19.0
70	2 3/4	30.0
76.2	3	35.6
80	3 5/32	39.2
100	3 15/16	61.3
115	4 17/32	81.5
127	5	98.9
130	5 1/8	104.2
150	5 7/8	137.9
160	6 1/4	157.0
180	7 1/8	198.6
203	8	252.9
210	8 1/4	270.3
254	10	397.3
260	10 1/4	414.4
300	11 3/4	551.7
400	15 3/4	986.0

**PLATINA**

mm	APROX. PULGADAS	PESO APROX. kg/m
25x160	1x6 1/4	31.4
25x300	1x11 3/4	58.9
30x100	1 3/16x3 15/16	23.6
30x200	1 3/16x7 7/8	47.1
30x250	1 3/16x9 7/8	59.0
35x260	1 3/8x10 1/4	71.0
40x110	1 9/16x4 5/16	34.3
40x160	1 9/16x6 1/4	50.2
40x200	1 9/16x7 7/8	62.8
40x250	1 9/16x9 7/8	78.5
40x300	1 9/16x11 27/32	94.2
45x166	1 3/4x6 15/32	58.3
50x160	1 31/32x6 1/4	62.8
50x200	1 31/32x7 7/8	78.5
50x250	1 31/32x9 7/8	98.1
54x166	2 1/8x6 17/32	70.4
54x206	2 1/8x8 1/8	87.4
55x206	2 5/32x8 1/8	88.4
55x266	2 3/16x10 1/2	114.8
60x110	2 3/8x4 5/16	51.5
60x200	2 3/8x7 7/8	94.2
63x200	2 15/32x7 7/8	99.0
63x250	2 15/32x9 7/8	123.0
63x300	2 15/32x11 3/4	151.0
66x305	2 5/8x12	158.0
66x346	2 5/8x13 5/8	179.4
63x300	3 1/4x11 3/4	194.2

# ANEXO 3.2.3 BÖHLER M238

## BÖHLER M 238



**Tipo de aleación:** C 0.38 Si 0.30 Mn 1.50 Cr 2.00 Mo 0.20 Ni 1.10 %

**Color de identificación:** Azul - Verde - Blanco  
**Estado de suministro:** Bonificado 950 - 1100 N/mm<sup>2</sup> (280 - 320 HB)  
**Acabado:** IBO ECOMAX

**Equivalencia**  
 AISI: ~ P20 (mejorado)  
 DIN: 40CrMnNiMo8-6-4  
 No. Mat. 1.2738

### PROPIEDADES:

Acero para moldes plásticos suministrado en estado bonificado (300 HB) el cual no disminuye la dureza del núcleo respecto a la superficie en espesores superiores a 400 mm debido a su aleación de níquel. Su tecnología de fundición ofrece una buena maquinabilidad y excelente pulido, ideal para ser nitrurado lo que mejora su resistencia al desgaste.

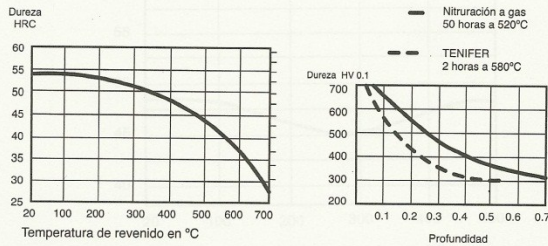
### EMPLEO:

Para la fabricación de grandes moldes plásticos de espesores superiores a los 400 mm y almazones de moldes plásticos. Herramientas, componentes de maquinaria y repuestos en general.

### TRATAMIENTO TÉRMICO:

<b>Forjado:</b>	1050 – 850 °C
<b>Recocido:</b>	720 – 740 °C
enfriamiento lento en el horno	
<b>Distensionado:</b>	aprox. 600 °C
<b>Temple:</b>	840 – 860 °C
enfriamiento en: aceite, baño de sales (180 – 200 °C),	
<b>Dureza obtenible:</b>	52 – 54 HRC
<b>Revenido:</b> ver en el diagrama de revenido las durezas obtenibles después del temple.	
<b>Nitruración:</b> ver en el diagrama de nitruración las profundidades obtenibles tanto en procesos con gases como en procesos con sales (tenifer).	

### Esquema de tratamiento térmico



**SOLDADURA DE REPARACIÓN**

Existe una tendencia general en los aceros de herramientas de fisurarse luego de procesos de soldadura. En caso de ser necesario puede utilizar:

Electrodos recomendables: UTP 65

Pre calentamiento: 150 °C

Distensionar a 500 °C

**MEDIDAS EN STOCK:**

ACERO	GEOMETRÍA	ESPESOR (mm)	ANCHO (mm)	PESO / METRO (kg)
M 238	platina	25.00	150.00	29.63
M 238	platina	25.00	200.00	39.50
M 238	platina	25.00	300.00	59.25
M 238	platina	25.00	500.00	98.75
M 238	platina	30.00	200.00	47.40
M 238	platina	30.00	250.00	59.25
M 238	platina	30.00	450.00	106.65
M 238	platina	31.00	606.00	148.41
M 238	platina	35.00	200.00	55.30
M 238	platina	40.00	250.00	79.00
M 238	platina	40.00	300.00	94.80
M 238	platina	40.00	350.00	110.60
M 238	platina	40.00	500.00	158.00
M 238	platina	40.00	610.00	192.76
M 238	platina	45.00	300.00	106.65
M 238	platina	45.00	350.00	124.43
M 238	platina	50.00	100.00	39.50
M 238	platina	50.00	130.00	51.35
M 238	platina	50.00	150.00	59.25
M 238	platina	50.00	200.00	79.00
M 238	platina	50.00	250.00	98.75
M 238	platina	50.00	500.00	197.50
M 238	platina	55.00	350.00	152.08
M 238	platina	60.00	105.00	49.77
M 238	platina	60.00	250.00	118.50
M 238	platina	60.00	300.00	142.20
M 238	platina	60.00	350.00	165.90
M 238	platina	65.00	300.00	154.05
M 238	platina	65.00	500.00	256.75
M 238	platina	65.00	605.00	310.67
M 238	platina	70.00	485.00	268.21
M 238	platina	80.00	160.00	101.12
M 238	platina	80.00	185.00	116.92
M 238	platina	80.00	203.00	128.30
M 238	platina	80.00	250.00	158.00
M 238	platina	80.00	380.00	240.16
M 238	platina	80.00	540.00	341.28
M 238	platina	85.00	105.00	70.51
M 238	platina	100.00	300.00	237.00
M 238	platina	105.00	300.00	248.85
M 238	platina	105.00	337.00	279.54
M 238	platina	105.00	500.00	414.75

ACERO	GEOMETRÍA	DIMENSIONES (mm)	PESO / METRO (kg)
M 238	redondo	25.50	4.03
M 238	redondo	30.50	5.77
M 238	redondo	30.80	5.89
M 238	redondo	35.80	7.95
M 238	redondo	40.80	10.33
M 238	redondo	45.80	13.02
M 238	redondo	50.80	16.01
M 238	redondo	55.00	18.77
M 238	redondo	55.80	19.32
M 238	redondo	60.80	22.94
M 238	redondo	66.00	27.03
M 238	redondo	71.00	31.28
M 238	redondo	76.00	35.84
M 238	redondo	81.00	40.71
M 238	redondo	91.00	51.38
M 238	redondo	101.50	63.92
M 238	redondo	106.50	70.37
M 238	redondo	116.00	83.49
M 238	redondo	116.50	84.21
M 238	redondo	121.50	91.59
M 238	redondo	126.50	99.29
M 238	redondo	131.50	107.29
M 238	redondo	141.50	124.23
M 238	redondo	151.50	142.41
M 238	redondo	162.00	162.84
M 238	redondo	182.00	253.52
M 238	redondo	202.00	253.17
M 238	redondo	212.00	278.86
M 238	redondo	222.00	305.79
M 238	redondo	262.50	427.54
M 238	redondo	292.50	530.85
M 238	redondo	302.50	567.77

ACERO	GEOMETRÍA	ESPESOR (mm)
M 238	lámina	25.00



## ANEXO 3.3.1 ACERO AISI 1045

IBCA  
IVAN BOHMAN C.A.



### 760 = AISI 1045 Acero al carbono para maquinaria

**GENERALIDADES:** Acero al carbono sin alea de esmerada manufactura, con buena tenacidad. Característica es su alta uniformidad y rendimiento. Puede utilizarse en condición de suministro o con tratamiento térmico de temple y revenido. Aplicable a partes relativamente simples de máquinas. Dureza de suministro aproximada: 200 HB

#### ANÁLISIS TÍPICO %

	C	Si	Mn	P	S
760	0.50	0.30	0.60	—	0.04
AISI 1045	0.43-0.50	—	0.60-0.90	0.040	0.050

#### EQUIVALENCIAS:

AISI	1045
SAE	C1045
W.Nr	1.1820

DIN	CK45
UDDEHOLM	UHB11

#### PROPIEDADES MECÁNICAS:

Resistencia a la Tracción	65 kg/mm <sup>2</sup>
Esfuerzo de cedencia	32 kg/mm <sup>2</sup>
Elongación, A5	min 10%
Reducción de area	40%
Dureza	220-235

#### APLICACIONES:

Componentes sencillos, como por ej:

- Pernos
- Chavetas
- Piezas de mediana resistencia para aplicación automotriz
- Ejes

#### TRATAMIENTO TÉRMICO:

Forjado	800-1050 °C
Normalizado	830-850 °C
Temple (agua)	770-810 °C
Temple (aceite)	790-830 °C
Revenido (herramientas de corte)	100-300 °C
Revenido de bonificación	550-650 °C

#### MEDIDAS EN STOCK

#### REDONDO

mm	APROX. PULGADAS	PESO APROX. kg/m
170	6 11/16	178.0
180	7 1/8	199.0
190	7 1/2	222.3
200	7 7/8	250.1
230	9	326.4
250	9 7/8	383.1
305	12 1/64	576.0
350	13 25/32	756.0

Nota: Laminado en caliente

#### CUADRADO

mm	APROX. PULGADAS	PESO APROX. kg/m
6x6	1/4x1/4	0.3
8x8	5/16x5/16	0.5
10x10	3/8x3/8	0.8
12x12	1/2x1/2	1.2
16x16	5/8x5/8	2.1
18x18	23/32x23/32	2.6
20x20	25/32x25/32	3.2
25x25	1x1	5.0
30x30	1 3/16x1 3/16	7.2
35x35	1 3/8x1 3/8	9.8
40x40	1 9/16x1 9/16	12.6
45x45	1 11/16x1 11/16	14.7
45x45	1 3/4x1 3/4	15.9
55x55	2 5/32x2 5/32	23.9
70x70	2 3/4x2 3/4	39.0
80x80	3 11/32x3 11/32	56.9

mm	APROX. PULGADAS	PESO APROX. kg/m	mm	APROX. PULGADAS	PESO APROX. kg/m
6x30	7/32x7/32	1.5	20x60	25/32x2 3/8	9.5
6x35	1/4 x1 3/8	1.7	20x70	25/32x2 3/4	11.0
6x40	1/4 x1 9/16	2.0	20x90	25/32x3 17/32	14.2
6x45	1/4 x1 3/4	2.2	20x100	25/32x3 15/16	15.8
6x50	1/4 x1 31/32	2.5	20x120	25/32x4 3/4	18.8
6x60	1/4 x2 3/8	2.8	20x130	25/32x5 3/32	20.5
8x30	5/16x1 3/16	2.0	20x180	25/32x7 1/8	28.3
8x40	5/16x1 9/16	2.6	22x57	27/32x2 7/32	9.9
8x50	5/16x2 3/8	3.9	22x69	27/32x2 11/16	12.0
8x59	5/16x2 11/16	4.3	22x86	27/32x3 3/8	15.0
10x30	3/8x1 3/16	2.4	22x130	7/8x5 1/8	22.5
10x35	3/8x1 3/8	2.8	25x50	1x1 31/32	9.9
10x40	3/8x1 9/16	3.2	25x60	1x2 3/8	11.9
10x57	3/8x2 1/4	4.6	25x90	1x3 17/32	17.8
10x60	3/8x2 3/8	4.8	25x110	1x4 5/16	21.8
10x90	3/8x3 17/32	7.2	25x120	1x4 3/4	23.8
10x110	3/8x4 5/16	8.7	25x300	1x11 7/8	58.9
10x120	3/8x4 3/4	9.4	27x57	1 1/16x2 7/32	12.2
12x30	15/32x1 3/16	2.9	27x69	1 1/16x2 11/16	14.6
12x40	15/32x1 9/16	3.9	27x130	1 1/16x5 1/8	27.8
12x57	15/32x2 7/32	5.5	30x70	1 3/16x2 3/4	16.6
12x90	15/32x3 17/32	8.5	30x90	1 3/16x3 17/32	21.3
12x170	15/32x6 11/16	16.1	30x300	1 3/16x11 7/8	70.7
15x30	19/32x1 3/16	3.5	40x90	1 9/16x3 17/32	28.4
15x40	19/32x1 9/16	4.7	43x70	1 11/16x2 3/4	23.7
15x60	19/32x2 3/8	7.2	43x170	1 11/16x6 11/16	57.5
15x90	19/32x3 17/32	10.7	43x260	1 11/16x10 1/4	87.9
15x100	19/32x3 15/16	11.9	54x70	2 1/8x2 3/4	30.0
15x260	19/32x10 1/4	30.6	54x105	2 1/8x4 1/8	44.5
18x86	11/16x3 3/8	12.4	54x210	2 1/8x8 1/4	89.0
20x40	25/32x1 9/16	6.3	60x100	2 3/8x3 15/16	47.5
20x50	25/32x1 31/32	8.0			

Nota: Laminado en caliente

**REDONDO**

APROX. PULGADAS	PESO APROX. kg/m
5/8	1.6
3/4	2.2
7/8	3.0
1	4.0
1 1/4	6.2
1 1/2	8.9
1 3/4	12.2
2	15.9
2 1/4	20.1
2 1/2	24.8
2 3/4	30.0
3	35.8
3 1/2	48.7

Nota: Tolerancia h9 - h11

## ANEXO 3.3.2 BÖHLER V945

### BÖHLER V 945



**Tipo de aleación:** C 0.45 Si 0.25 Mn 0.65 %

Color de Identificación: Blanco  
Estado de suministro: Recocido 180 HB

Equivalencia  
AISI: ~ 1045  
DIN: C45  
No. Mat. 1.1191

#### PROPIEDADES:

Acero al carbono de alta calidad, de mayores propiedades mecánicas que el acero de transmisión, puede mejorar sus propiedades mecánicas si es bonificado.

#### EMPLEO:

Para la fabricación de partes de maquinaria sometida a esfuerzos normales, como: árboles de transmisión, ejes, pernos, tuercas, ganchos, pines de sujeción, pasadores, cuñas, chavetas, portamatrices.

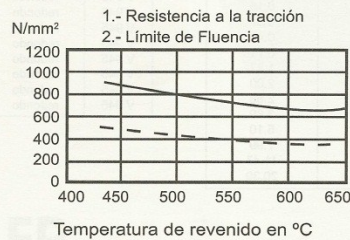
#### TRATAMIENTO TÉRMICO:

<b>Forjado:</b>	1100 – 850 °C
<b>Recocido:</b>	650 – 700 °C
enfriamiento lento en el horno	
<b>Normalizado:</b>	840 – 870 °C
<b>Distensionado:</b>	500 °C
<b>Temple:</b>	820 – 850 °C
<b>enfriamiento en:</b>	agua, aceite (piezas pequeñas)
<b>Dureza obtenible:</b>	54 – 56 HRC
<b>Revenido:</b>	ver en el diagrama de bonificación la resistencia requerida.
<b>Nitruración:</b>	en baño de sales 580 °C

#### PROPIEDADES MECÁNICAS

Estado	Diámetro mm	Límite de fluencia N/mm <sup>2</sup>	Resistencia a la tracción N/mm <sup>2</sup>	Alargamiento (Lo=5d) min %	Contracción min. %
Recocido	16 - 100	340	650 - 750	17	35
	100 - 250	330	580 - 700	18	---

#### DIAGRAMA DE BONIFICACIÓN



**SOLDADURA DE UNIÓN O REPARACIÓN**

Electrodo recomendado: UTP 642, 63 ó 630

**Precauciones:**

UTP 642: No precalentar, excepto si la temperatura ambiente es menor a 0 °C (si es así, precalentar las uniones a soldar a 40 °C).

Post-calentamiento: recocido a 620 °C.

UTP 63 ó 630: No precalentar excepto que la temperatura ambiente sea menor a 0 °C. Dejar enfriar lentamente luego de soldar.

**MEDIDAS EN STOCK:**

ACERO	GEOMETRÍA	ESPESOR (mm)	ANCHO (mm)	PESO / METRO (kg)
V 945	platina	25.00	76.00	15.01
V 945	platina	25.00	80.00	15.80
V 945	platina	25.00	100.00	19.75
V 945	platina	50.00	200.00	79.00

ACERO	GEOMETRÍA	ESPESOR (mm)
V 945	lámina	6.00
V 945	lámina	10.00
V 945	lámina	12.00
V 945	lámina	15.00
V 945	lámina	20.00
V 945	lámina	25.00
V 945	lámina	30.00
V 945	lámina	31.75
V 945	lámina	35.00
V 945	lámina	38.10
V 945	lámina	40.00
V 945	lámina	50.00
V 945	lámina	50.80
V 945	lámina	60.00
V 945	lámina	80.00
V 945	lámina	100.00
V 945	lámina	120.00

**\*Nota:**

Para pedido en lámina usted puede solicitar el ancho de platina que desea, el largo mínimo es un metro, en máquina sierracinta (corte en frío).

Para láminas de más de 30 mm. de espesor el servicio de corte es mediante oxicorte.

**BÖHLER E 910 cuadrado (AISI 1016)**

ACERO	GEOMETRÍA	DIMENSIONES (mm)	PESO / METRO (kg)
E 910	cuadrado	4.76	0.18
E 910	cuadrado	6.40	0.32
E 910	cuadrado	7.90	0.49
E 910	cuadrado	9.50	0.71
E 910	cuadrado	12.70	1.27
E 910	cuadrado	15.90	2.00
E 910	cuadrado	19.10	2.88
E 910	cuadrado	22.20	3.89
E 910	cuadrado	25.40	5.10
E 910	cuadrado	31.80	7.99
E 910	cuadrado	38.10	11.47
E 910	cuadrado	50.80	20.39

ACERO	GEOMETRÍA	DIMENSIONES (mm)	PESO / METRO (kg)
V 945	redondo	12.70	1.00
V 945	redondo	15.90	1.57
V 945	redondo	20.00	2.48
V 945	redondo	22.20	3.06
V 945	redondo	25.40	4.00
V 945	redondo	28.00	4.86
V 945	redondo	28.60	5.08
V 945	redondo	29.00	5.22
V 945	redondo	30.00	5.58
V 945	redondo	31.80	6.27
V 945	redondo	34.90	7.56
V 945	redondo	38.00	8.96
V 945	redondo	40.00	9.93
V 945	redondo	45.00	12.56
V 945	redondo	50.00	15.51
V 945	redondo	50.80	16.01
V 945	redondo	52.00	16.78
V 945	redondo	55.00	18.77
V 945	redondo	57.10	20.23
V 945	redondo	60.00	22.34
V 945	redondo	63.50	25.02
V 945	redondo	65.00	26.21
V 945	redondo	70.00	30.40
V 945	redondo	75.00	34.50
V 945	redondo	76.20	36.03
V 945	redondo	80.00	39.71
V 945	redondo	85.00	44.83
V 945	redondo	90.00	50.26
V 945	redondo	100.00	62.05
V 945	redondo	105.00	68.41
V 945	redondo	110.00	75.08
V 945	redondo	115.00	82.06
V 945	redondo	120.00	89.35
V 945	redondo	130.00	104.86
V 945	redondo	140.00	121.61
V 945	redondo	150.00	139.60
V 945	redondo	155.00	149.07
V 945	redondo	160.00	158.84
V 945	redondo	170.00	179.31
V 945	redondo	180.00	201.03
V 945	redondo	190.00	223.99
V 945	redondo	200.00	248.19
V 945	redondo	210.00	273.63
V 945	redondo	230.00	328.23
V 945	redondo	250.00	387.79
V 945	redondo	280.00	486.45
V 945	redondo	300.00	558.42
V 945	redondo	310.00	596.27
V 945	redondo	330.00	675.99
V 945	redondo	350.00	760.07
V 945	redondo	400.00	992.75



## ANEXO 3.4.1 ACERO PLATA K 510

### ACERO PLATA



#### MEDIDAS EN STOCK PARA ACERO PLATA EN MILÍMETROS:

Acabado certificado h8.

ACERO	GEOMETRÍA	ESPESOR (mm)	PESO / METRO (kg)
PLATA K 510	redondo	2.00	0.02
PLATA K 510	redondo	2.50	0.04
PLATA K 510	redondo	3.00	0.06
PLATA K 510	redondo	3.50	0.08
PLATA K 510	redondo	4.00	0.10
PLATA K 510	redondo	4.50	0.13
PLATA K 510	redondo	5.00	0.16
PLATA K 510	redondo	6.00	0.22
PLATA K 510	redondo	7.00	0.30
PLATA K 510	redondo	8.00	0.40
PLATA K 510	redondo	9.00	0.50
PLATA K 510	redondo	10.00	0.62
PLATA K 510	redondo	11.00	0.75
PLATA K 510	redondo	12.00	0.89
PLATA K 510	redondo	13.00	1.05
PLATA K 510	redondo	14.00	1.22
PLATA K 510	redondo	15.00	1.40
PLATA K 510	redondo	16.00	1.59
PLATA K 510	redondo	17.00	1.79
PLATA K 510	redondo	18.00	2.01
PLATA K 510	redondo	20.00	2.48
PLATA K 510	redondo	22.00	3.00
PLATA K 510	redondo	24.00	3.57
PLATA K 510	redondo	25.00	3.88
PLATA K 510	redondo	28.00	4.86

Este acero viene en varillas de 2000 mm, el pedido por longitud es de 1000 mm.

ACERO	GEOMETRÍA	ESPESOR (mm)	PESO / METRO (kg)
PLATA K 460	redondo	4.00	0.10
PLATA K 460	redondo	4.76	0.14
PLATA K 460	redondo	14.00	1.22
PLATA K 460	redondo	14.22	1.25
PLATA K 460	redondo	22.35	3.10
PLATA K 460	redondo	28.50	5.04

Este acero viene en varillas de 920 mm.

## ANEXO 3.4.2 ACERO PLATA RECTIFICADO (AISI 01, AISI L2)

IBCA

IVAN BOHMAN C.A.

### Acero Plata Rectificado

**GENERALIDADES:** Acero para herramientas tipo AISI O1 o L2, que se suministra rectificado, con acabado brillante y tolerancias muy estrechas (ISO-h8).

#### ANÁLISIS TÍPICO %

	C	Si	Mn	Cr	W	V
AISI O1	0.85-0.95	0.20-0.40	1.00-1.30	0.40-0.60	0.40-0.60	0.20
AISI L2	0.50-1.10	0.20-0.40	0.20-0.40	1.00	--	0.20

**APLICACIONES:** Guías, botadores, punzones, etc.

Para más información remítase al acero DF2=AISI O1 (Tratamiento Térmico: Temperaturas de temple del O1 y L2 son similares)

#### MEDIDAS EN STOCK:

APROX. PULGADAS	PESO APROX. kg/m
2	0.025
3	0.055
4	0.10
5	0.15
6	0.22
7	0.30
8	0.39
9	0.50
10	0.62
11	0.75
12	0.89
13	1.04
14	1.21
16	1.58
18	2.00
19	2.23
20	2.47
22	2.98
25	3.85

APROX. PULGADAS	PESO APROX. kg/m
1/8	0.07
3/16	0.14
1/4	0.25
5/16	0.39
3/8	0.56
7/16	0.76
1/2	1.0
5/8	1.6
3/4	2.2
7/8	3.0
1	4.0

Patricio Xavier Méndez Mera

## ANEXO 3.5 BRONCE SAE 40



### BRONCE SAE 40

Calidad BS 1400 LG-2

**GENERALIDADES:** Aleación de cobre de buenas cualidades elásticas y de resistencia al desgaste. Alta pureza de material, con la eliminación total de porosidad interna. Buena conductividad térmica, resistencia a la corrosión y facilidad de maquinado .

#### ANALISIS TIPICO %

	Cu	Sn	Pb	Zn
<b>SAE 40</b>	85%	5%	5%	5%

#### APLICACIONES

Donde hay aplicación de cargas ligeras y velocidades de baja a media, con sistemas de lubricación normal. Respaldos de cojinetes, arandelas de empuje de transmisiones automáticas automotrices, cojinetes múltiples, manguitos de bomba y bocines. Utilizado donde se requiere mucho maquinado.

**Dureza de suministro:** Mínimo 70HB

#### MEDIDAS EN STOCK

##### REDONDO

APROX. mm	PULGADAS	PESO APROX. kg/m
13	1/2	1.2
16	5/8	1.9
19	3/4	2.5
23	7/8	3.8
26	1"	4.8
29	1 1/8	5.9
31	1 1/4	6.7
33	1 3/8	7.6
36	1 3/8	9.1
39	1 1/2	10.7
41	1 11/16	11.8
46	1 3/4	14.8
51	2"	18.2
56	2 1/4	21.9
61	2 3/8	26.0
67	2 5/8	31.3
72	2 3/4	36.7
77	3"	41.0
82	3 1/4	51.1
87	3 1/2	52.3
92	3 3/4	58.5
102	4"	72.7
112	4 1/2	87.8
122	4 3/4	104.0
132	5 1/4	121.8
142	5 1/2	140.9
152	6"	161.5
172	7"	207.0
182	7 1/4	232.0
202	8"	285.0
222	8 3/4	344.0
252	10"	444.0

##### BARRA HUECA

APROX. mm	PULGADAS	PESO APROX. kg/m
26x13	1x1/2	3.5
26x18	1x3/4	2.5
29x13	1 1/8x1/2	4.7
29x18	1 1/8x3/4	3.6
33x13	1 1/4x1/2	6.4
33x18	1 1/4x3/4	5.3
33x25	1 1/4x1	3.9
36x18	1 3/8x1/2	7.9
36x18	1 3/8x3/4	6.9
36x23	1 3/8x7/8	5.4
39x26	1 1/2x1	5.9
39x28	1 1/2x1 1/8	5.2
41x13	1 5/8x1/2	10.6
41x18	1 5/8x3/4	9.5
41x23	1 5/8x7/8	8.1
46x18	1 3/4x3/4	12.5
46x23	1 3/4x7/8	11.1
46x33	1 3/4x1 1/4	7.2
51x18	2x3/4	15.9
51x23	2x7/8	14.5
51x33	2x1 1/4	10.6
51x38	2x1 1/2	8.1
56x18	2 1/4x3/4	19.6
56x23	2 1/4x1	18.2
56x33	2 1/4x1 1/4	14.3
56x38	2 1/4x1 1/2	11.8
61x18	2 1/2x3/4	23.7
61x38	2 1/2x1 1/2	15.9
61x43	2 1/2x1 3/4	13.1
61x48	2 1/2x1 7/8	9.9
67x38	2 5/8x1 1/2	21.3
67x48	2 5/8x1 7/8	15.3
72x23	2 3/4x7/8	32.5
72x33	2 3/4x1 1/4	28.6
72x38	2 3/4x1 1/2	26.1

APROX. mm	PULGADAS	PESO APROX. kg/m
72x43	2 3/4x1 3/4	23.3
72x48	2 3/4x1 7/8	20.1
77x23	3x1	33.8
77x38	3x1 1/2	31.4
77x53	3x2 1/8	21.8
77x63	3x2 1/2	13.7
82x43	3 1/4x1 3/4	34.1
82x48	3 1/4x1 7/8	30.9
87x43	3 1/2x1 3/4	40.0
87x48	3 1/2x1 7/8	36.8
87x68	3 1/2x2 3/4	20.6
87x73	3 1/2x3	15.7
97x38	3 3/4x1 1/2	55.6
97x43	3 3/4x1 3/4	52.8
97x48	3 3/4x1 7/8	49.6
97x58	3 3/4x2 1/4	42.3
97x63	3 3/4x2 1/2	38.0
97x68	3 3/4x2 3/4	33.4
102x48	4x1 7/8	56.6
102x58	4x2 1/4	49.2
102x68	4x2 3/4	40.4
102x78	4x3	30.2
117x63	4 1/2x2 1/2	67.9
117x73	4 1/2x3	58.4
122x78	4 3/4x3	61.5
127x103	5x4	38.6
142x58	5 1/2x2 1/4	117.4
142x78	5 1/2x3	98.4
142x98	5 1/2x3 3/4	73.0
147x103	5 3/4x4	76.9
152x88	6x3 1/2	107.3
152x98	6x3 3/4	94.3
162x98	6 3/4x3 3/4	116.3
182x118	7x4 1/2	134.1
202x98	8x3 3/4	218.0



Flat products, 1 mm (0.04 in.) thick											
OS100	300	44	75	11	68	54	11	215	31	90	13
OS070	315	46	95	14	65	58	15	220	32	90	13
OS050	325	47	105	15	62	64	26	230	33	...	...
OS035	340	49	115	17	57	68	31	235	34	95	14
OS025	350	51	130	19	55	72	36	235	34	...	...
OS015	365	53	150	22	54	78	43	240	35	105	15
H01	370	54	275	40	43	55 HRB	54	250	36	...	...
H02	425	62	360	52	23	70 HRB	65	275	40	125	18
H04	525	76	435	63	8	82 HRB	73	305	44	145	21
H06	595	86	450	65	5	83 HRB	76	315	46	...	...
H08	650	94	...	...	3	91 HRB	77	330	48	160	23
H10	680	99	...	...	3	93 HRB	78	...	...	...	...
Wire, 2 mm (0.08 in.) diameter											
OS050	330	48	110	16	64	...	...	230	33	...	...
OS035	345	50	125	18	60	...	...	235	34	...	...
OS025	360	52	145	21	58	...	...	240	35	...	...
OS015	370	54	160	23	58	...	...	250	36	...	...
H00	400	58	315	46	35	...	...	260	38	...	...
H01	485	70	395	57	20	...	...	290	42	...	...
H06	855	124	...	...	4	...	...	...	...	...	...

H08	895	130	...	...	3	...	...	415	60	150	22
<b>Tube, 25 mm (1 in.) outside diameter × 1.6 mm (0.065 in.) wall thickness</b>											
OS050	325	47	105	15	65	64	26	...	...	...	...
OS025	360	52	140	20	55	75	40	...	...	...	...
H80	540	78	440	64	8	82 HRB	73	...	...	...	...
<b>Rod, 25 mm (1.0 in.) diameter</b>											
OS050	330	48	110	16	65	65	...	235	34	...	...
H00	380	55	275	40	48	60 HRB	...	260	38	...	...
H02	480	70	360	52	30	80 HRB	...	290	42	22 <sup>(c)</sup>	150 <sup>(c)</sup>

(a) At 0.5% extension under load.

(b) Reverse bending, at  $10^8$  cycles.

(c) Reverse bending, at  $5 \times 10^7$  cycles

**Table 56 Typical tensile properties of cold-rolled and annealed C26000 sheet**

Direction in sheet	Tensile strength		Elongation, %
	MPa	ksi	
Parallel to RD	330	48	59
40° to RD	305	44	66
90° to RD	325	47	61

Note: Approximate values for material given a ready-to-finish anneal at 400 °C (750 °F), then cold rolled 70% and annealed 1 h at

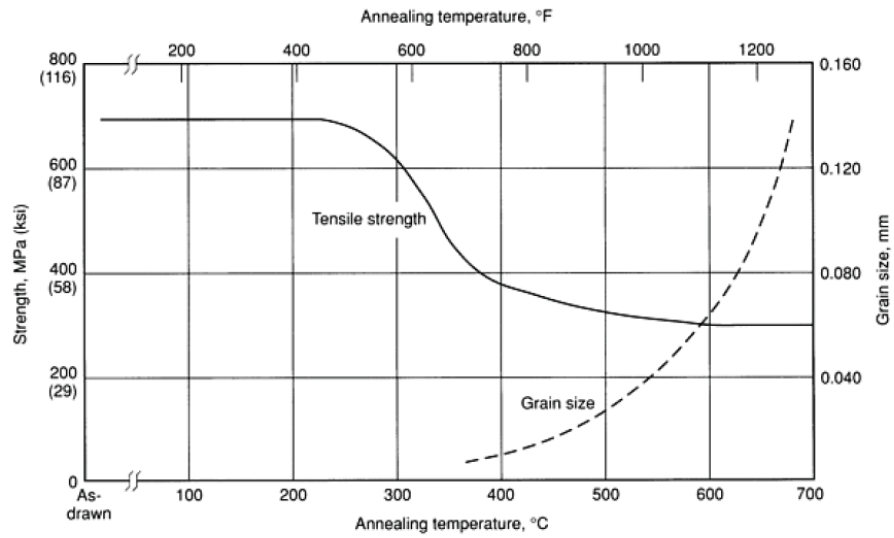


Fig. 29 Tensile strength and grain size as a function of annealing temperature for C26000 rod. Data are for cartridge brass rod less than 25 mm (1 in.) in diameter that was cold drawn 50% (from starting material having a grain size of 0.045 mm), then annealed 1 h at the indicated temperature.

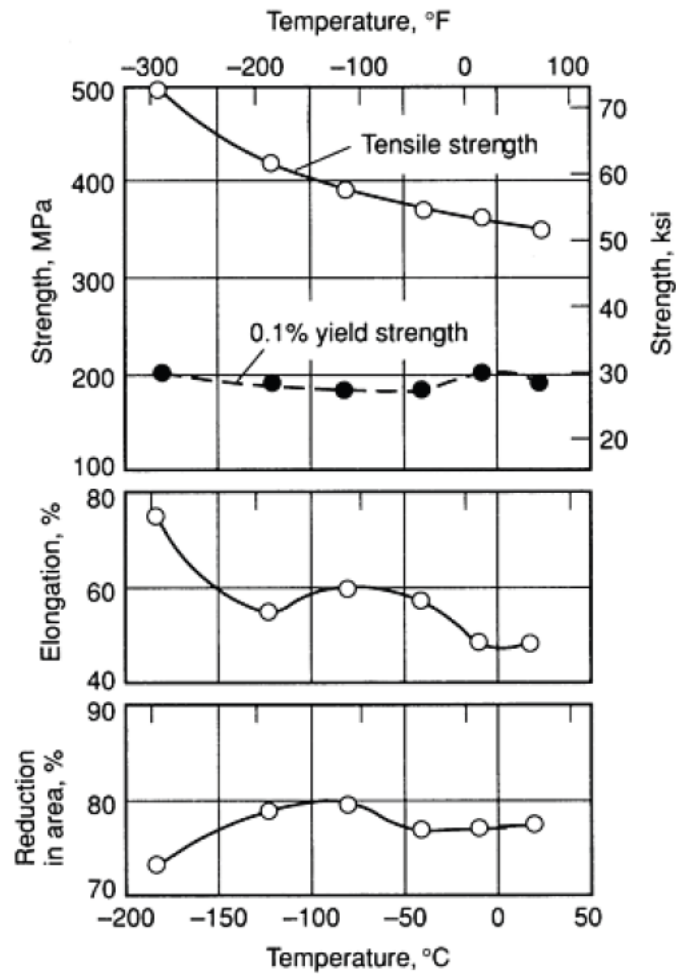


Fig. 30 Low-temperature tensile properties of C26000 rod, O61 temper

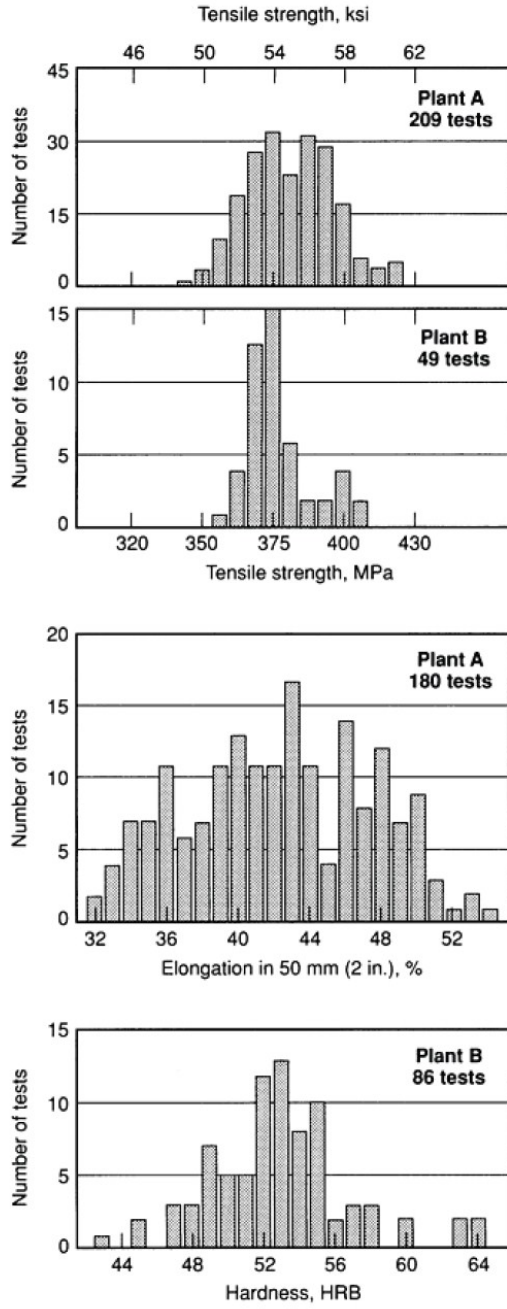


Fig. 31 Typical distribution of tensile properties and hardness for C26000 strip, H01 temper. Data are for cartridge brass strip 0.5 to 1 mm (0.020 to 0.040 in.) thick.

Hardness. See Table 55 and Fig. 31.



Elastic modulus. Tension, 110 GPa ( $16 \times 10^6$  psi); shear, 40 GPa ( $6 \times 10^6$  psi)

Fatigue strength. See Table 55.

Impact strength. Charpy V-notch: O61 temper 60 J (44 ft · lbf); M20 temper, 19 J (14 ft · lbf); Izod: O61 temper, 89 J (66 ft · lbf) for notched round specimen

Creep-rupture properties. See Fig. 32.

Velocity of sound. 3660 m/s (12,000 ft/s) at 20 °C (68 °F)

### Structure

Crystal structure. Face-centered cubic; lattice parameter, 0.3684 nm

Minimum interatomic distance. 0.2605 nm

Microstructure. Single-phase  $\alpha$  usually with extensive pattern of annealing twins

Damping capacity. See Fig. 33.

### Mass Characteristics

Density. 8.53 g/cm<sup>3</sup> (0.308 lb/in.<sup>3</sup>) at 20 °C (68 °F)

### Thermal Properties

Liquidus temperature. 955 °C (1750 °F)

Solidus temperature. 915 °C (1680 °F)

Coefficient of linear thermal expansion. Cold-rolled stock: 19.9  $\mu\text{m}/\text{in} \cdot \text{K}$  (11.1  $\mu\text{in.}/\text{in.} \cdot ^\circ\text{F}$ ) at 20 to 300 °C (68 to 572 °F). Equation for 20 to 300 °C:  $L_t = L_0[1 + (17.75t + 0.00653t^2) \times 10^{-6}]$ , where  $t$  is temperature difference from 20 °C

Specific heat. 375 J/kg · K (0.09 Btu/lb · °F) at 20 °C (68 °F)

Thermal conductivity. 120 W/m · K (70 Btu/ft · h · °F) at 20 °C (68 °F)

### Electrical Properties

Electrical conductivity. Volumetric, O61 temper, 28% IACS at 20 °C (68 °F)

Electrical resistivity. O61 temper, 62 n $\Omega \cdot \text{m}$  at 20 °C (68 °F), temperature coefficient, 0.092 n $\Omega \cdot \text{m}$  per K at 20 °C (68 °F)

Hall coefficient. 25 pV · m/A · T

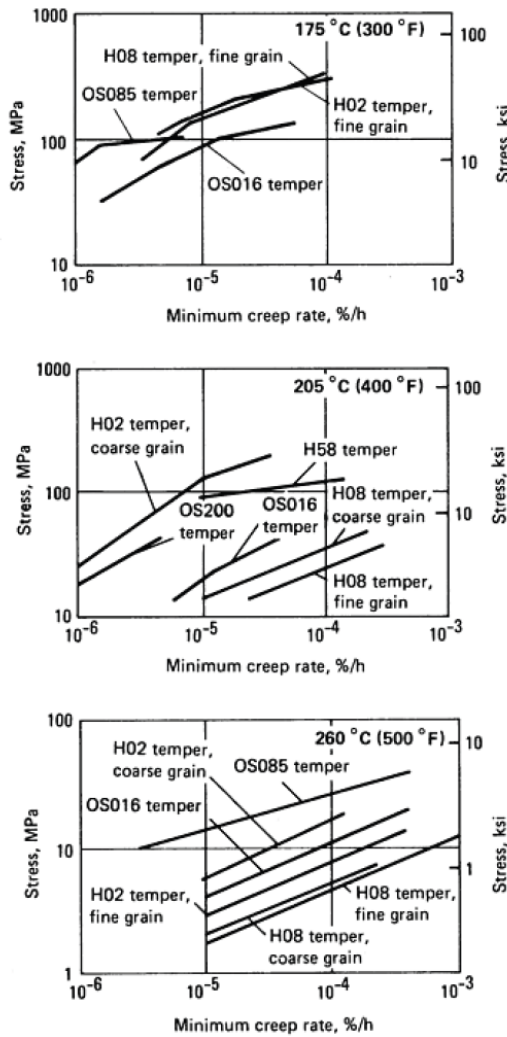


Fig. 32 Minimum creep rates for C26000

### Magnetic Properties

Iron in excess of 0.03% can precipitate from C26000 during suitable low-temperature anneals. Precipitation is slow and occurs chiefly in a nonmagnetic form, which is converted to a ferromagnetic structure on subsequent cold working.

**Magnetic susceptibility.**  $-8 \times 10^{-8}$  to  $-16 \times 10^{-8}$  (mks units); susceptibility in  $\alpha$  brasses decreases with increasing zinc content.

**Chemical Properties**

**General corrosion behavior.** Resists corrosion in a wide variety of waters and chemical solutions; may undergo dezincification in stagnant or slowly moving salt solutions, brackish water, or mildly acidic solutions. Susceptible to stress-corrosion cracking (season cracking), especially in ammoniacal environments

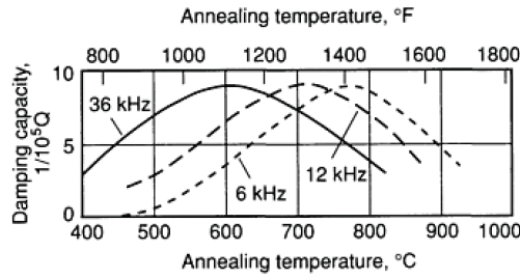


Fig. 33 Damping capacity of annealed C26000

**Fabrication Characteristics**

**Machinability.** 30% of C36000 (free-cutting brass)

**Formability.** Excellent for cold working and forming; fair for hot forming. Directionality in brass is more readily developed with high zinc content, such as in C26000 and higher-zinc brasses. Earing usually occurs 45° to the direction of rolling and is aggravated by heavy final reductions, low ready-to-finish annealing temperatures, and high finish annealing temperatures.

**Weldability.** Soldering and brazing: excellent. Oxyfuel gas, resistance spot, and resistance butt welding: good. Gas metal arc welding: fair. Other welding processes are not recommended.

**Recrystallization temperature.** About 300 °C (575 °F) for 0.045 mm initial grain size and a cold reduction of 50%

**Hot-working temperature.** 725 to 850 °C (1350 to 1550 °F)

**Annealing temperature.** 425 to 750 °C (800 to 1400 °F)

**ANEXO 4**

**CATÁLOGOS DE**

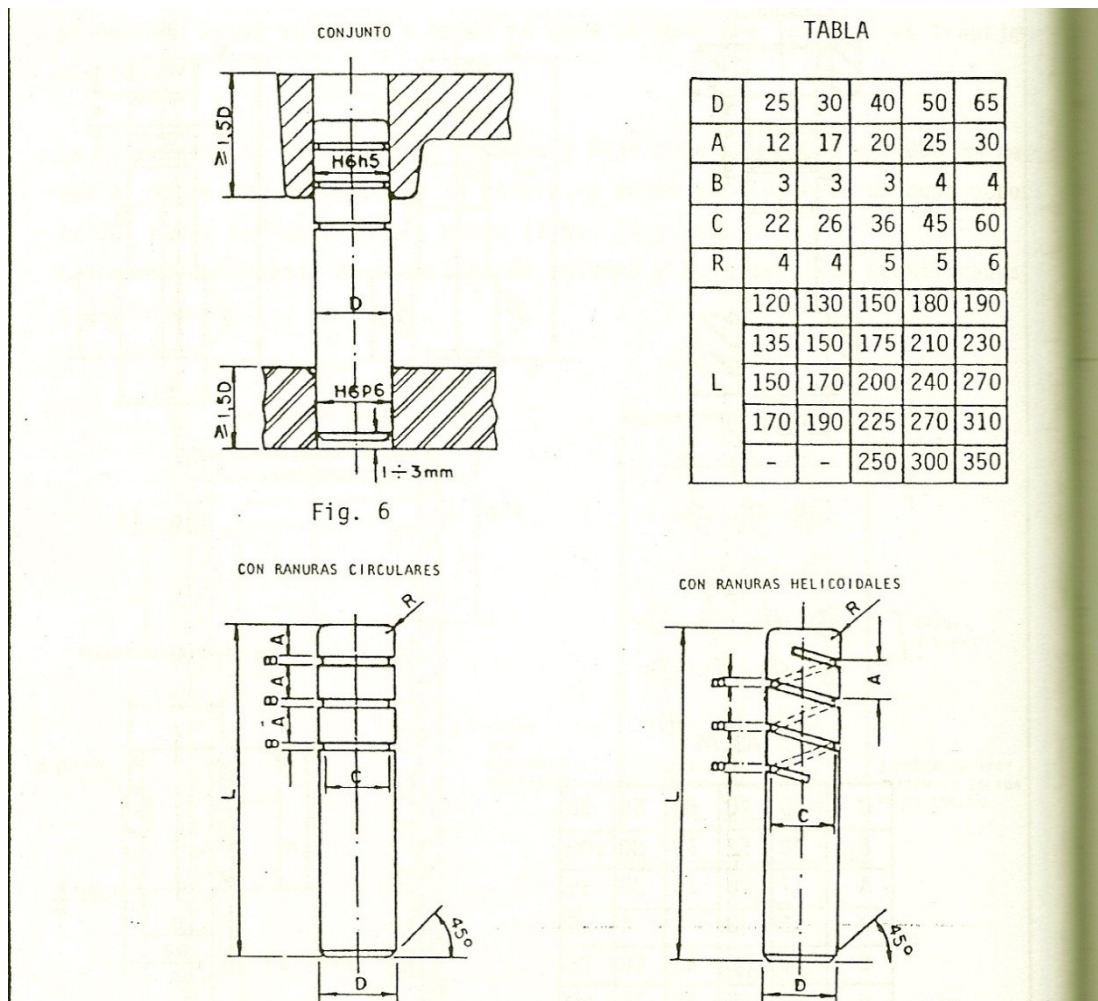
**ELEMENTOS**

**NORMALIZADOS**

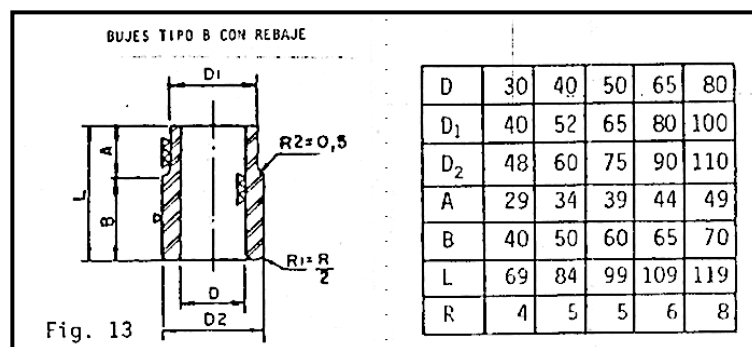
**DE TROQUELES**

**Y MATRICES**

## ANEXO 4.1 TROQUELES NORMALIZADOS



## ANEXO 4.2.1. BOCINES NORMALIZADOS



## ANEXO 4.2.2 BOCINES HASCO (CASQUILLOS CON BRIDA)

T2230 Casquillo guia, brida Mat.: C00 (Sintermetall), ISO 9448-4 / DIN 9831-1

Continuar  
 Pantalla anterior  
 Interrupción  
 Ayuda...

Productinformation

Typ A      Typ B      Typ C

[T2230/40 x 30 x 25 -> 87.90 EUR (€)]

ID	Número de pedido	EUR [€]	d1 [mm]	l2 [mm]	l1 [mm]	k [mm]	d5 [mm]	d4 [mm]	d3 [mm]
26	T2230/40 x 30 x 25	87.90	40	30	25	33	70	85	58
27	T2230/40 x 37 x 30	95.90	40	37	30	33	70	85	58
28	T2230/40 x 47 x 30	103.38	40	47	30	33	70	85	58

## ANEXO 4.3 EXTRACTOS TROQUELES HASCO ®

### ANEXO 4.3.1 COLUMNAS LISAS Hasco ®

#### ANEXO 4.3.1.1 COLUMNA TROQUEL DE CORTE

T2010 Columna guia, lisa Mat.: 1.8159 / 62 ± 2 HRC, ISO 9182-2 / DIN 9825-2

Continuar  
Pantalla anterior  
Interrupción  
Ayuda...

Productinformation

T2010/15 x 200 -> 19,64 EUR (€)

ID	Número de pedido	EUR [€]	d1 [mm]	l1 [mm]	l4 [mm]
20	T2010/15 x 200	19,64	15	200	4
28	T2010/16 x 200	19,64	16	200	4
35	T2010/19 x 200	19,95	19	200	4
43	T2010/20 x 200	19,95	20	200	4
51	T2010/24 x 200	20,99	24	200	6
61	T2010/25 x 200	20,99	25	200	6
69	T2010/30 x 200	25,66	30	200	6
78	T2010/32 x 200	25,66	32	200	6
85	T2010/38 x 200	33,77	38	200	6
94	T2010/40 x 200	33,77	40	200	6
102	T2010/48 x 200	52,89	48	200	8
112	T2010/50 x 200	52,89	50	200	8

## ANEXO 4.3.1.2 COLUMNAS TROQUEL EMBUTIDO

T2010 Columna guía, lisa Mat.: 1.8159 / 62 ± 2 HRC, ISO 9182-2 / DIN 9825-2

Continuar  
 Pantalla anterior  
 Interrupción  
 Ayuda...

Productinformation

l1 [mm] 400  
 d1 [mm] \*

Selección T2010/38 x 400 -> 77.82 EUR (€)

ID	Número de pedido	EUR [€]	d1 [mm]	l1 [mm]	l4 [mm]
91	T2010/38 x 400	77.82	38	400	6
100	T2010/40 x 400	77.82	40	400	6
108	T2010/48 x 400	101.72	48	400	8
118	T2010/50 x 400	101.72	50	400	8
125	T2010/60 x 400	131.43	60	400	8
132	T2010/63 x 400	131.43	63	400	8

## ANEXO 4.3.2 BASES HASCO® TROQUEL CORTE

T1520 Placa /315x500/ Espesor placa/ Material

Pantalla anterior	a1	500,00
	a2	356,00
Interrupción	b1	315,00
	b2	171,00
Ayuda...	e1	414,00
	e2	229,00

Selección T1520/315x500x32/1.0570 -> 185,33 EUR (€)

ID	Número de pedido	...	t	1.0570
21	T1520/315x500x32/	32	185,33	
22	T1520/315x500x36/	36	200,64	
23	T1520/315x500x40/	40	214,37	
24	T1520/315x500x45/	45	233,38	
25	T1520/315x500x50/	50	249,22	
26	T1520/315x500x56/	56	267,17	
27	T1520/315x500x63/	63	285,12	
28	T1520/315x500x71/	71	311,52	
29	T1520/315x500x80/	80	341,09	
30	T1520/315x500x90/	90	373,82	
31	T1520/315x500x100/	100	409,73	

T Dimensiones de molde / Superficie de trabajo

Continuar

Pantalla anterior

Interrupción

Ayuda...

Selección T\*/630x1000

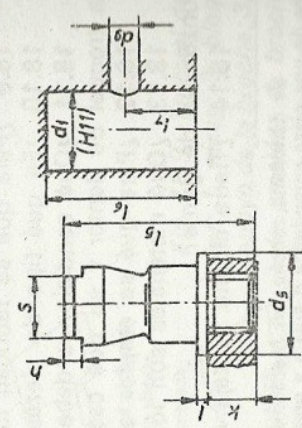
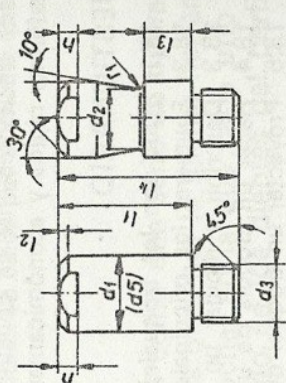
ID	Número de pedido	b1 [mm]	a1 [mm]	b2 [mm]	a2 [mm]	d2 [mm]	Typ	d1_1 [mm]	d1_2 [mm]	e1 [mm]	e2 [mm]	d5 [mm]
87	T*/315x500	315	500	171	356	58	T1520	38	40	414	229	M 6



# ANEXO 4.4 VÁSTAGOS NORMALIZADOS DIN 9859

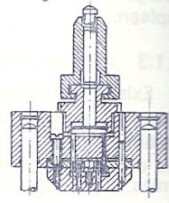
Tabla 19.1C Dimensiones de los vástagos de sujeción según norma DIN 9859

	$d_1$ 20	25	32	40	50	65
Vástagos (sin brida)	$d_3$ M16 x 1,5	M16 x 1,5 M20 x 1,5	M20 x 1,5 M24 x 1,5	M24 x 1,5 M30 x 2	M30 x 2 M36 x 2	M42 x 3
	$l_1$ 40	45	56	70	80	100
	$l_2$ 3	4	4	5	6	8
	$l_4$ 58	68	79	93	108	128
Entrecaras para la llave	$h$ 6	6	8	10	12	16
	$s$ 17 <sup>-0.2</sup>	19 <sup>-0.25</sup>	27 <sup>-0.25</sup>	32 <sup>-0.25</sup>	41 <sup>-0.22</sup>	55 <sup>-0.4</sup>
Muesca	$d_2$ 15	20	25	32	42	53
	$l_3$ 12	16	16	26	26	26
	$r_1$ 2,5	2,5	2,5	4	4	4
Potencia de la prensa en Tm	4	8	12	40	60	100
Vástagos con brida	$d_s$ 28	34	42	52	62	—
	$i$ 5	5	6	8	8	—
	$l_5$ 61	70	86	108	118	—
Espesor mínimo de la placa	$k$ 18	23	23	23	28	28
Agujero para el vástago	$l_6$ 45	50	62	76	87	108
	$l_7$ 20	22	22	36	36	36
	$d_s$ M12 x 1	M12 x 1	M12 x 1	M16 x 1,5	M16 x 1,5	M16 x 1,5

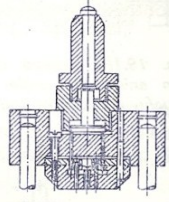


# ANEXO 4.5 VÁSTAGOS NORMALIZADOS DIN 9827

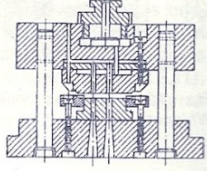
Tabla 19.1 D Dimensiones de los vástagos según normas DIN 9 827

Soporte para perno de amarre de acoplamiento (Compárese proyecto DIN 9 860)		Dimensiones						Diagrama
$d^H$ mm	$d_1^{H11}$ mm	$d_2^{H11}$ mm	$h$ mm	$h_1$ mm	$l$ mm			
32	38,5	29	56	25	111,5			
40	48,5	33	71	30	121,5			

Perno de amarre para expulsor de movimiento forzado en estampas de corte completo según DIN 9 827		Dimensiones								Diagrama
$d^H$ mm	$d_1^{H11}$ mm	$d_2$ mm	$d_3$	$d_4$ mm	$h$ mm	$h_1$ mm	$h_2$ mm			
32	10	18	M 27 x 2	48	56	15	20			
32	10	33	M 45 x 3	58	56	15	20			
32	12	39	M 56 x 4	68	56	17	23			
40	14	49	M 64 x 4	78	71	19	23			
40	14	64	M 85 x 4	98	71	28	25			
40	14	74	M 95 x 4	108	71	28	25			
40	14	84	M 105 x 4	128	71	28	30			

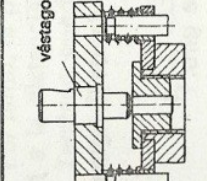
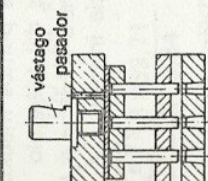
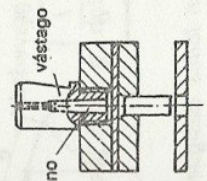
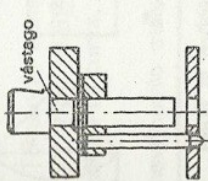
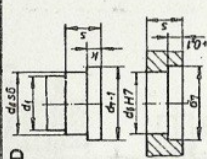
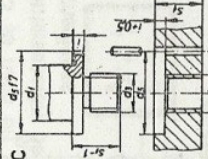
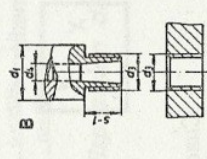
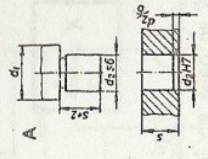
  

Perno de acoplamiento para estampas de corte completo DIN 9 827 (Compárese proyecto DIN 9 860)		Dimensiones										Diagrama	
$d_{s11}$ mm	$d_1^{s11}$ mm	$d_2$	$d_3$ mm	$d_4$	$d_5$ mm	$h$ mm	$h_1$ mm	$h_2$ mm	$h_3$ mm	$h_{3-0,1}$ mm			
37,5	28	M 10	18	M 27 x 2	48	49	20	27	15	7			
37,5	28	M 10	33	M 45 x 3	58	49	20	27	15	7			
37,5	28	M 10	39	M 56 x 4	68	54	23	32	17	7			
47,5	32	M 10	49	M 64 x 4	78	60	23	32	19	9			
47,5	32	M 10	64	M 85 x 4	98	71	25	35	28	9			
47,5	32	M 10	74	M 95 x 4	108	71	25	38	28	9			
47,5	32	M 10	84	M 105 x 4	128	76	30	38	28	9			

# ANEXO 4.6 FIJACIÓN VÁSTAGOS DIN 9859

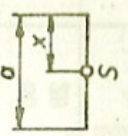
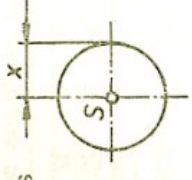

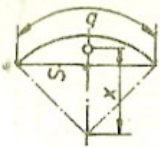
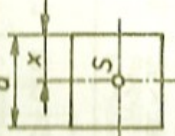
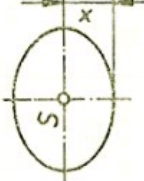
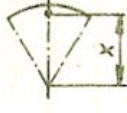
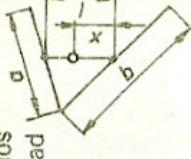
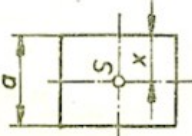
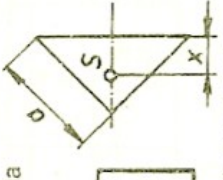
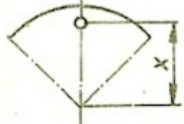
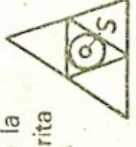
Tabla 19.1 N Fijación de los vástagos según DIN 9859

Dimensiones en mm	$d_1$	20	25	32	40	50	65
Vástago con espiga remachada	S	18	23	23	23	28	28
Vástago con espiga remachada	$d_2$	16	20	(25)	(32)	(40)	—
<p><b>Forma A</b> Sólo se emplean para troqueles pequeños, con diámetros de vástagos de hasta 25 mm.</p>							
Vástago con espiga roscada y con agujero cónico	$d_3$	M16 x 1,5	M20 x 1,5	M24 x 1,5	M30 x 2	M36 x 2	M42 x 2
Pasador cónico según norma DIN 1	$d_4$	6,5 6 x 30	8,5 8 x 30	13,5 13 x 40	16,5 16 x 50	21,0 20 x 60	27,0 26 x 70
<p><b>Forma B</b> Es la más práctica y que mejor resultado da.</p>							
Vástago con espiga roscada y con brida	$d_5$	28	34	42	52	62	62
Pasador cilíndrico según norma DIN 7	i	5	5	6	8	8	8
Pasador cilíndrico según norma DIN 7	S <sub>1</sub>	5 x 12 23	5 x 12 23	5 x 14 30	6 x 16 32	6 x 16 35	6 x 16 35
<p><b>Forma C</b> También se emplea bastante.</p>							
Vástago con cuello y brida	$D_6$	22	26	34	42	52	68
Vástago con cuello y brida	$d_7$	25	32	40	50	63	80
Vástago con cuello y brida	k	5	5	6	6	8	8
<p><b>Forma D</b> Se emplea principalmente para troqueles de grandes dimensiones. Se requiere dispositivos adicionales para impedir el giro.</p>							



## Anexo 4.7 DETERMINACIÓN DE CENTRO DE GRAVEDAD

Tabla 19.4 Posición del centro de gravedad de líneas para útiles de corte

<p>S se halla en el centro</p>  $X = \frac{a}{2}$ <p><i>Línea recta</i></p>	<p>S se halla en la intersección de las medianas</p>  $X = \frac{d}{2}$ <p><i>Circunferencia</i></p>	<p>S se halla sobre la mediana</p>  $X = 0,637 \cdot r$ <p><i>Semicircunferencia</i></p>	<p>S se halla sobre la mediana</p>  $X = \frac{r \cdot s}{b}$ <p><i>Arco cualquiera circunferencia</i></p>
<p>S se halla en la intersección de las medianas</p>  $X = \frac{a}{2}$ <p><i>Cuadrado</i></p>	<p>S se halla en la intersección de los ejes</p>  $X = \frac{a}{2}$ <p><i>Elipse</i></p>	<p>S se halla sobre la mediana</p>  $X = 0,955 \cdot r$ <p><i>Sexta parte de un arco de circunferencia</i></p>	<p>S se halla sobre la línea de unión de los dos centros de gravedad</p>  $X = \frac{a \cdot l}{a + b}$ <p><i>Ángulo con lados desiguales</i></p>
<p>S se halla en la intersección de las medianas</p>  $X = \frac{a}{2}$ <p><i>Rectángulo</i></p>	<p>S se halla sobre la bisectriz</p>  $X = 0,707 \cdot \frac{a}{2}$ <p><i>Ángulo recto de lados iguales</i></p>	<p>S está sobre la mediana</p>  $X = 0,9 \cdot r$ <p><i>Cuadrante de circunferencia</i></p>	<p>Se unen los puntos medios de los lados del triángulo S en el centro de la circunferencia inscrita</p>  <p><i>Triángulo</i></p>

**ANEXO 5 TABLA  
DE AJUSTES  
CON  
TOLERANCIAS,  
VALORES  
SUGERIDOS,  
SEGÚN DIN 7.157**

Tabla 9.39 A Diferencias en micras para campos de tolerancias seleccionados según DIN 7.157 INEN - 99

Abertura ISO	Serie	±S/±S <sup>1)</sup>		r5	r6	r5	r6	r7	r8	r9	r10	r11	r12	r13	r14	r15	r16	r17	r18	r19	r20	r21	r22	r23	r24	r25	r26	r27	r28	r29	r30	r31	r32	r33	r34	r35	r36	r37	r38	r39	r40	r41	r42	r43	r44	r45	r46	r47	r48	r49	r50	r51	r52	r53	r54	r55	r56	r57	r58	r59	r60	r61	r62	r63	r64	r65	r66	r67	r68	r69	r70	r71	r72	r73	r74	r75	r76	r77	r78	r79	r80	r81	r82	r83	r84	r85	r86	r87	r88	r89	r90	r91	r92	r93	r94	r95	r96	r97	r98	r99	r100	r101	r102	r103	r104	r105	r106	r107	r108	r109	r110	r111	r112	r113	r114	r115	r116	r117	r118	r119	r120	r121	r122	r123	r124	r125	r126	r127	r128	r129	r130	r131	r132	r133	r134	r135	r136	r137	r138	r139	r140	r141	r142	r143	r144	r145	r146	r147	r148	r149	r150	r151	r152	r153	r154	r155	r156	r157	r158	r159	r160	r161	r162	r163	r164	r165	r166	r167	r168	r169	r170	r171	r172	r173	r174	r175	r176	r177	r178	r179	r180	r181	r182	r183	r184	r185	r186	r187	r188	r189	r190	r191	r192	r193	r194	r195	r196	r197	r198	r199	r200	r201	r202	r203	r204	r205	r206	r207	r208	r209	r210	r211	r212	r213	r214	r215	r216	r217	r218	r219	r220	r221	r222	r223	r224	r225	r226	r227	r228	r229	r230	r231	r232	r233	r234	r235	r236	r237	r238	r239	r240	r241	r242	r243	r244	r245	r246	r247	r248	r249	r250	r251	r252	r253	r254	r255	r256	r257	r258	r259	r260	r261	r262	r263	r264	r265	r266	r267	r268	r269	r270	r271	r272	r273	r274	r275	r276	r277	r278	r279	r280	r281	r282	r283	r284	r285	r286	r287	r288	r289	r290	r291	r292	r293	r294	r295	r296	r297	r298	r299	r300	r301	r302	r303	r304	r305	r306	r307	r308	r309	r310	r311	r312	r313	r314	r315	r316	r317	r318	r319	r320	r321	r322	r323	r324	r325	r326	r327	r328	r329	r330	r331	r332	r333	r334	r335	r336	r337	r338	r339	r340	r341	r342	r343	r344	r345	r346	r347	r348	r349	r350	r351	r352	r353	r354	r355	r356	r357	r358	r359	r360	r361	r362	r363	r364	r365	r366	r367	r368	r369	r370	r371	r372	r373	r374	r375	r376	r377	r378	r379	r380	r381	r382	r383	r384	r385	r386	r387	r388	r389	r390	r391	r392	r393	r394	r395	r396	r397	r398	r399	r400	r401	r402	r403	r404	r405	r406	r407	r408	r409	r410	r411	r412	r413	r414	r415	r416	r417	r418	r419	r420	r421	r422	r423	r424	r425	r426	r427	r428	r429	r430	r431	r432	r433	r434	r435	r436	r437	r438	r439	r440	r441	r442	r443	r444	r445	r446	r447	r448	r449	r450	r451	r452	r453	r454	r455	r456	r457	r458	r459	r460	r461	r462	r463	r464	r465	r466	r467	r468	r469	r470	r471	r472	r473	r474	r475	r476	r477	r478	r479	r480	r481	r482	r483	r484	r485	r486	r487	r488	r489	r490	r491	r492	r493	r494	r495	r496	r497	r498	r499	r500	r501	r502	r503	r504	r505	r506	r507	r508	r509	r510	r511	r512	r513	r514	r515	r516	r517	r518	r519	r520	r521	r522	r523	r524	r525	r526	r527	r528	r529	r530	r531	r532	r533	r534	r535	r536	r537	r538	r539	r540	r541	r542	r543	r544	r545	r546	r547	r548	r549	r550	r551	r552	r553	r554	r555	r556	r557	r558	r559	r560	r561	r562	r563	r564	r565	r566	r567	r568	r569	r570	r571	r572	r573	r574	r575	r576	r577	r578	r579	r580	r581	r582	r583	r584	r585	r586	r587	r588	r589	r590	r591	r592	r593	r594	r595	r596	r597	r598	r599	r600	r601	r602	r603	r604	r605	r606	r607	r608	r609	r610	r611	r612	r613	r614	r615	r616	r617	r618	r619	r620	r621	r622	r623	r624	r625	r626	r627	r628	r629	r630	r631	r632	r633	r634	r635	r636	r637	r638	r639	r640	r641	r642	r643	r644	r645	r646	r647	r648	r649	r650	r651	r652	r653	r654	r655	r656	r657	r658	r659	r660	r661	r662	r663	r664	r665	r666	r667	r668	r669	r670	r671	r672	r673	r674	r675	r676	r677	r678	r679	r680	r681	r682	r683	r684	r685	r686	r687	r688	r689	r690	r691	r692	r693	r694	r695	r696	r697	r698	r699	r700	r701	r702	r703	r704	r705	r706	r707	r708	r709	r710	r711	r712	r713	r714	r715	r716	r717	r718	r719	r720	r721	r722	r723	r724	r725	r726	r727	r728	r729	r730	r731	r732	r733	r734	r735	r736	r737	r738	r739	r740	r741	r742	r743	r744	r745	r746	r747	r748	r749	r750	r751	r752	r753	r754	r755	r756	r757	r758	r759	r760	r761	r762	r763	r764	r765	r766	r767	r768	r769	r770	r771	r772	r773	r774	r775	r776	r777	r778	r779	r780	r781	r782	r783	r784	r785	r786	r787	r788	r789	r790	r791	r792	r793	r794	r795	r796	r797	r798	r799	r800	r801	r802	r803	r804	r805	r806	r807	r808	r809	r810	r811	r812	r813	r814	r815	r816	r817	r818	r819	r820	r821	r822	r823	r824	r825	r826	r827	r828	r829	r830	r831	r832	r833	r834	r835	r836	r837	r838	r839	r840	r841	r842	r843	r844	r845	r846	r847	r848	r849	r850	r851	r852	r853	r854	r855	r856	r857	r858	r859	r860	r861	r862	r863	r864	r865	r866	r867	r868	r869	r870	r871	r872	r873	r874	r875	r876	r877	r878	r879	r880	r881	r882	r883	r884	r885	r886	r887	r888	r889	r890	r891	r892	r893	r894	r895	r896	r897	r898	r899	r900	r901	r902	r903	r904	r905	r906	r907	r908	r909	r910	r911	r912	r913	r914	r915	r916	r917	r918	r919	r920	r921	r922	r923	r924	r925	r926	r927	r928	r929	r930	r931	r932	r933	r934	r935	r936	r937	r938	r939	r940	r941	r942	r943	r944	r945	r946	r947	r948	r949	r950	r95
--------------	-------	---------------------	--	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-----

**ANEXO 6**

**RESISTENCIA**

**PERNOS**

**DIFERENTES**

**NORMAS**

Tabla 8-5 ESPECIFICACIONES Y MARCAS DE IDENTIFICACIÓN PARA PERNOS, TORNILLOS, ESPÁRRAGOS, SEMS<sup>a</sup> Y PERNOS U<sup>b</sup> (Multiplique las resistencias en kpsi por 6.89 para obtener valores en MPa.)

Grado SAE	Grado ASTM	Grado métrico	Diámetro nominal pulg	Resistencia a la prueba a la tensión kpsi	Resistencia a la tensión kpsi	Resistencia de fluencia kpsi	Dureza Rockwell		Marca de grado	Productos	Material
							Resistencia a la prueba a la tensión kpsi	Resistencia de fluencia kpsi			
1	A307	4.6	$\frac{1}{4}$ a $1\frac{1}{2}$	33	60	36	B70/B100	Ninguna	B, Sc, St	Acero de bajo o mediano carbono	
2	...	5.8	$\frac{1}{4}$ a $1\frac{1}{2}$	55	74	57	B80/B100	Ninguna	B, Sc, St	Acero de bajo o mediano carbono	
4	...	4.6	de $\frac{1}{4}$ a $1\frac{1}{2}$	33	60	36	B70/B100	Ninguna	B, Sc, St	Acero de bajo o mediano carbono	
4	...	8.9	$\frac{1}{4}$ a $1\frac{1}{2}$	65	115	100	C22/C32	Ninguna	St	Acero de mediano carbono, estrado en frío	
5	A449 o bien A325 Tipo 1	8.8	$\frac{1}{4}$ a 1	85	120	92	C25/C34		B, Sc, St	Acero de mediano carbono, Q&T	
5.1	...	7.8	de 1 a $1\frac{1}{2}$	74	105	81	C19/C30		B, Sc, St	Acero de mediano carbono, Q&T	
5.1	...	8.6	de $1\frac{1}{2}$ a 3	55	90	58	...		B, Sc, St	Acero de mediano carbono, Q&T	
5.2	A325 Tipo 2	8.8	No. 6 a $1\frac{1}{2}$	85	120	92	C25/C40		Sc	Acero de bajo o de mediano carbono, Q&T	
5.2	...	8.8	No. 6 a $1\frac{1}{2}$	85	120	92	C25/C40		B, Sc, St	Acero de bajo o de mediano carbono, Q&T	
5.2	...	8.8	$\frac{1}{4}$ a $1\frac{1}{2}$	85	120	92	C26/C36		B, Sc	Acero martensítico de bajo carbono, totalmente inerte, de grano fino, Q&T	
7.8	...	10.9	$\frac{1}{4}$ a $1\frac{1}{2}$	105	135	115	C28/C34		B, Sc	Acero de mediano carbono y aleación, Q&T	
8	A354 Grado BD	10.9	$\frac{1}{4}$ a $1\frac{1}{2}$	120	150	130	C33/C39		B, Sc, St	Acero de mediano carbono y aleación, Q&T	
8.1	...	10.9	$\frac{1}{4}$ a $1\frac{1}{2}$	120	150	130	C32/C38	Ninguna	St	Acero de mediano carbono y aleación, estrado a alta temperatura o bien, acero G15410	
8.2	...	10.9	$\frac{1}{4}$ a 1	120	150	130	C35/C42		B, Sc	Acero martensítico de bajo carbono, totalmente inerte, de grano fino, Q&T	
...	A574	12.9	0 a $1\frac{1}{2}$	140	180	160	C39/C45	12.9	SHCS	Acero de aleación, Q&T	
...	...	12.9	$\frac{1}{2}$ a $1\frac{1}{2}$	135	170	160	C37/C43	12.9	SHCS	Acero de aleación, Q&T	

<sup>a</sup> Sems = Screw and washer assemblies = Conjunto de tornillo y rondana o arandela.  
<sup>b</sup> Tomado de ANSI/SAE J429; ANSI B18.3.1.1978; y ASTM A325, A354, A449, y A574.  
<sup>c</sup> El grado métrico corresponde a xx.x, donde xx indica aproximadamente el valor 0.015<sub>in</sub> en MPa y x es la razón de 5<sub>in</sub> min. a 5<sub>in</sub>.  
<sup>d</sup> La resistencia de fluencia es el esfuerzo al cual se produce una deformación permanente de 0.2% de la longitud calibrada.  
<sup>e</sup> B = Bolt = perno; SC = screw = tornillo; St = steel = espárrago; Se = steel = conjunto de tornillo y arandela; SHCS = socket head cap screw = tornillo de maquinaria con cabeza de coja o cavetillo.  
<sup>f</sup> A los pernos y tornillos de grado 7 se les forma rosca laminada después del tratamiento térmico.  
<sup>g</sup> Los pernos y tornillos grado 7 se rosacan por volado después del tratamiento térmico.  
<sup>h</sup> Q&T = templado y revenido.



**ANEXO 7**

**TABLAS PARA**

**EMBUTICIÓN**

## ANEXO 7.1 DESARROLLO PARA ELEMENTOS PARA ELEMENTOS EMBUTIDOS.

350

E. EMBUTICIÓN

Tabla 14. Elementos de superficie para el cálculo del recorte

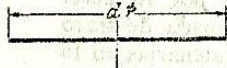
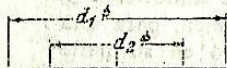
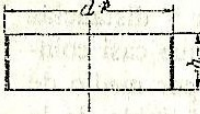
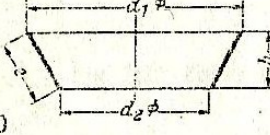


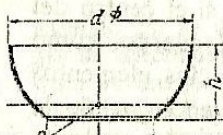

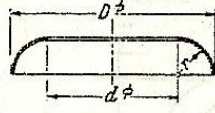
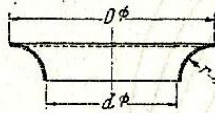
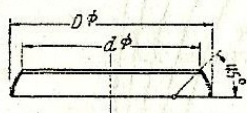
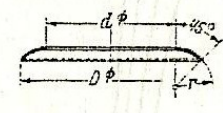



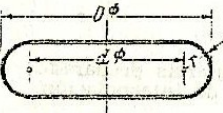
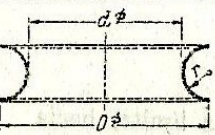
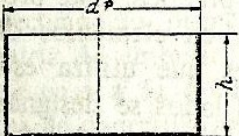
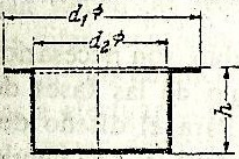
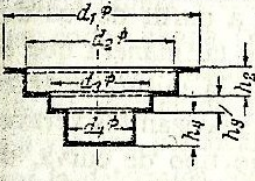
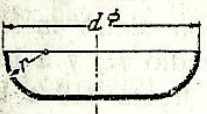
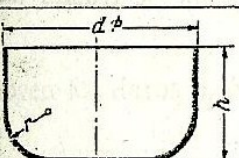
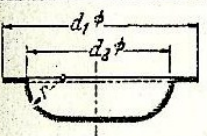
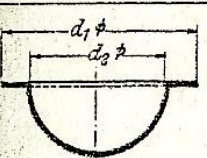
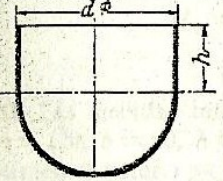
Elementos de superficie	Arza $F$	$\frac{1}{\pi} \cdot F$
<p>A</p> 	$\frac{\pi}{4} \cdot d^2$	$d^2$
<p>B</p> 	$\frac{\pi}{4} \cdot (d_1^2 - d_2^2)$	$d_1^2 - d_2^2$
<p>C</p> 	$\pi \cdot d \cdot h$	$4 \cdot d \cdot h$
<p>D</p> 	$\frac{\pi \cdot d}{2} \cdot (d_1 + d_2)$ $= \frac{\pi \cdot (d_1 + d_2)}{2} \cdot \sqrt{h^2 + \frac{(d_1 - d_2)^2}{4}}$	$2 \cdot d \cdot (d_1 + d_2)$ $= 2(d_1 + d_2) \cdot \sqrt{h^2 + \frac{(d_1 - d_2)^2}{4}}$
<p>E</p> 	$\frac{\pi \cdot d \cdot e}{2} = \frac{\pi \cdot d}{2} \cdot \sqrt{\frac{d^2}{4} + h^2}$	$2 \cdot d \cdot e = 2 \cdot d \cdot \sqrt{\frac{d^2}{4} + h^2}$
<p>F</p> 	$\frac{\pi \cdot d^2}{2}$	$2 \cdot d^2$
<p>G</p> 	$\pi \cdot d \cdot h$	$4 \cdot d \cdot h$
<p>H</p> 	$\pi \cdot d \cdot i = 2 \cdot R \cdot i \cdot \pi$ $= \frac{\pi}{4} \cdot (3^2 + 4i^2)$	$4d \cdot i = 8 \cdot R \cdot i = 3^2 + 4i^2$

Tabla 14. (Continuación)

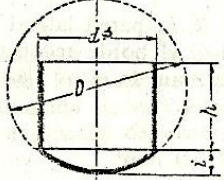
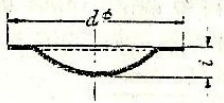
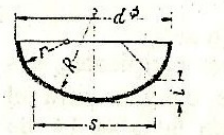
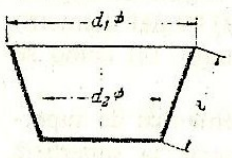
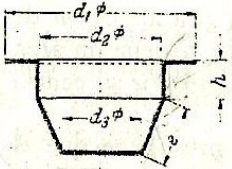
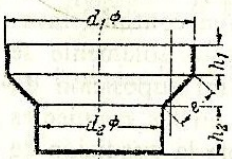
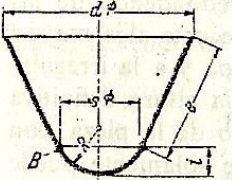
Elementos de superficie.	Area F	$\frac{1}{\pi} \cdot F$
I 	$\frac{\pi^2 \cdot r}{2} \cdot (d + 1,3 r)$ $= \frac{\pi^2 \cdot r}{2} \cdot (D - 0,7 r)$	$2 \pi \cdot r \cdot (d + 1,3 r)$ $= 2 \pi \cdot r \cdot (D - 0,7 r)$
K 	$\frac{\pi^2 \cdot r}{2} \cdot (d + 0,7 r)$ $= \frac{\pi^2 \cdot r}{2} \cdot (D - 1,3 r)$	$2 \pi \cdot r \cdot (d + 0,7 r)$ $= 2 \pi \cdot r \cdot (D - 1,3 r)$
L 	$\frac{\pi^2 \cdot r}{4} \cdot (d + 0,4 r)$ $= \frac{\pi^2 \cdot r}{4} \cdot (D - 0,2 r)$	$\pi \cdot r \cdot (d + 0,4 r)$ $= \pi \cdot r \cdot (D - 0,2 r)$
M 	$\frac{\pi^2 \cdot r}{4} \cdot (d + 0,74 r)$ $= \frac{\pi^2 \cdot r}{4} \cdot (D - 0,88 r)$	$\pi \cdot r \cdot (d + 0,74 r)$ $= \pi \cdot r \cdot (D - 0,88 r)$
N 	$\frac{\pi^2 \cdot r}{4} \cdot (d + 0,3 r)$ $= \frac{\pi^2 \cdot r}{4} \cdot (D - 0,4 r)$	$\pi \cdot r \cdot (d + 0,3 r)$ $= \pi \cdot r \cdot (D - 0,4 r)$
O 	$\frac{\pi^2 \cdot r}{4} \cdot (d + 0,88 r)$ $= \frac{\pi^2 \cdot r}{4} \cdot (D - 0,74 r)$	$\pi \cdot r \cdot (d + 0,88 r)$ $= \pi \cdot r \cdot (D - 0,74 r)$
P 	$\pi^2 \cdot r \cdot d$	$4 \cdot \pi \cdot r \cdot d$
Q 	$\pi^2 \cdot r \cdot (d + 1,27 r)$ $= \pi^2 \cdot r \cdot (D - 0,73 r)$	$4 \cdot \pi \cdot r \cdot (d + 1,27 r)$ $= 4 \cdot \pi \cdot r \cdot (D - 0,73 r)$
R 	$\pi^2 \cdot r \cdot (d + 0,73 r)$ $= \pi^2 \cdot r \cdot (D - 1,27 r)$	$4 \cdot \pi \cdot r \cdot (d + 0,73 r)$ $= 4 \cdot \pi \cdot r \cdot (D - 1,27 r)$

# ANEXO 7.2 DIÁMETRO D DE LOS DISCOS DE CHAPA PARA OBTENER

Tabla 15. Diámetro  $D_1$  de los discos de chapa necesarios para obtener

Forma de recipiente	$\varnothing$ disco de chapa = $\sqrt{\frac{4}{\pi} F}$	Elementos
	$\sqrt{d^2 + 4dh}$	A + C
	$\sqrt{d_1^2 + 4d_2h}$	A + C + B = A1 + C
	$\sqrt{d_1^2 + 4(d_2h_2 + d_3h_3 + d_4h_4)}$	A + C + B + C + B + C + B = A1 + C2 + C3 + C4
	$\sqrt{(d - 2r)^2 + 2\pi r(d - 0,7r)}$	A + J
	$\sqrt{(d - 2r)^2 + 4d(h - r) + 2\pi r(d - 0,7r)}$	A + C + J
	$\sqrt{d_1^2 - d_2^2 + (d_2 - 2r)^2 + 2\pi r(d_2 - 0,7r)}$	A + J + B
	$\sqrt{d_1^2 + d_2^2}$	F + B
	$\sqrt{2d^2 + 4dh}$	F + C

diversas formas de recipientes

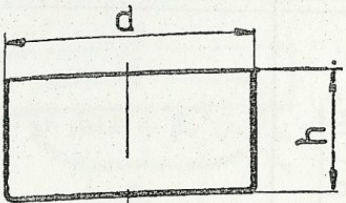
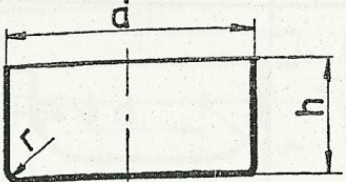
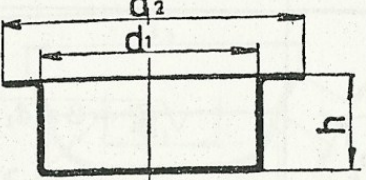
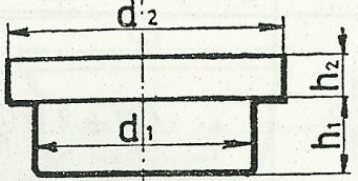
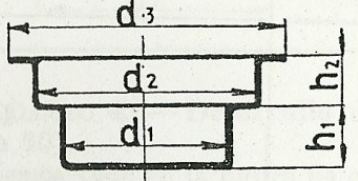
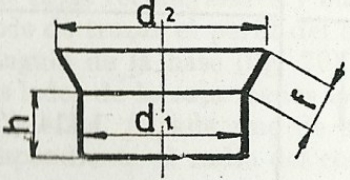
Forma de recipiente	$\varnothing$ disco de chapa = $\left  i \frac{1}{\pi} F \right.$	Elementos
<p>i</p> 	$  + d h + \frac{1}{2} D i  $ o $\sqrt{d h + d^2 + \frac{1}{4} i^2}$	H + C
<p>k</p> 	$\sqrt{d^2 + 4 i^2}$	H + B
<p>l</p> 	$\left  \frac{3 \cdot R \cdot i + \pi r (d - 0,2 r)}{\sqrt{d^2 + 4 i^2 + \pi \cdot r (d - 0,2 r)}} \right.$	H + L
<p>m</p> 	$\sqrt{d_1^2 + 2 c (d_1 + d_2)}$	A + D
<p>*n</p> 	$\sqrt{d_1^2 + 2 c (d_2 + d_3) + 4 d_2 h + d_1^2 - d_2^2}$	A + D + C + B
<p>*o</p> 	$\sqrt{d_1^2 + 4 d_3 h_2 + 2 c (d_1 + d_2) + 4 d_1 h_1}$	A + C + D + C
<p>P</p> 	$\left  \frac{3 \cdot R \cdot i + 2 c (d + s)}{\sqrt{d^2 + 4 i^2 + 2 c (d + s)}} \right.$	H + D

# ANEXO 7.3 DESARROLLO DE LOS DISCOS DE CHAPA D

TABLA VI

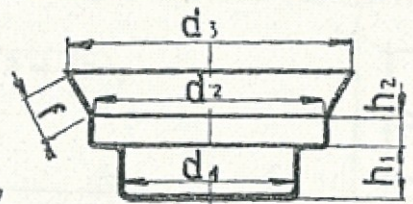
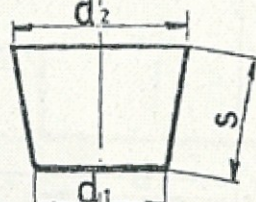
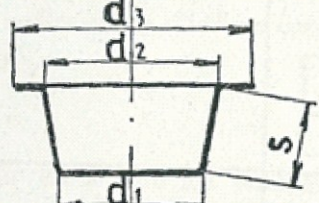
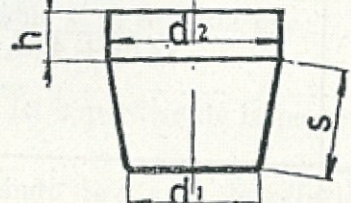
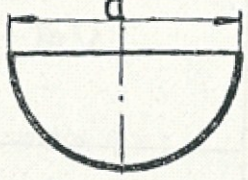
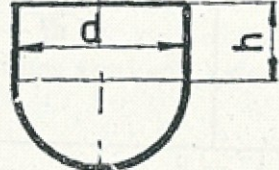
## Desarrollo de las piezas embutidas

Las fórmulas dan el diámetro  $D$  del disco desarrollado

Forma del recipiente	Diámetro del disco $D =$
<p>1</p> 	$\sqrt{d^2 + 4 d h}$
<p>2</p> 	$\sqrt{d^2 + 4 d h - r}$
<p>3</p> 	$\sqrt{d_2^2 + 4 d_1 h}$
<p>4</p> 	$\sqrt{d_2^2 + 4 (d_1 h_1 + d_2 h_2)}$
<p>5</p> 	$\sqrt{d_3^2 + 4 (d_1 h_1 + d_2 h_2)}$
<p>6</p> 	$\sqrt{d_1^2 + 4 d_1 h + 2 f (d_1 + d_2)}$

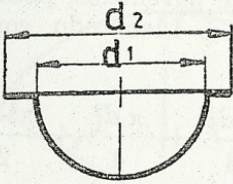
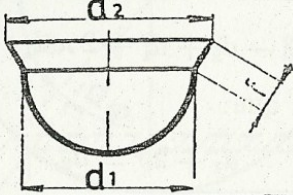
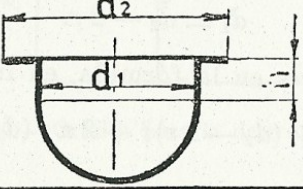
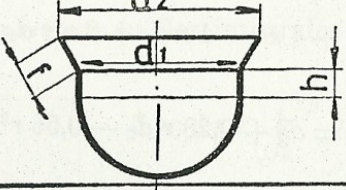
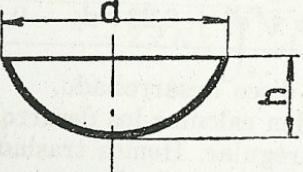
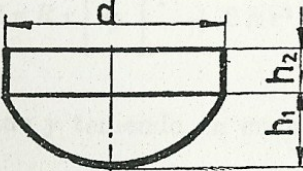
Sigue tabla VI

Las fórmulas dan el diámetro  $D$  del disco desarrollado

Forma del recipiente	Diámetro del disco $D =$
<p>7</p> 	$\sqrt{d_2^2 + 4(d_1 h_1 + d_2 h_2) + 2f(d_2 + d_3)}$
<p>8</p> 	$\sqrt{d_1^2 + 2s(d_1 + d_2)}$
<p>9</p> 	$\sqrt{d_1^2 + 2s(d_1 + d_2) + d_3^2 - d_2^2}$
<p>10</p> 	$\sqrt{d_1^2 + 2[s(d_1 + d_2) + 2d_2 h]}$
<p>11</p> 	$1,414 d$
<p>12</p> 	$1,414 \sqrt{d^2 + 2 d h}$

Segue tabla VI

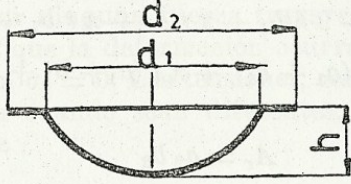
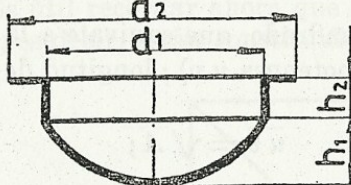

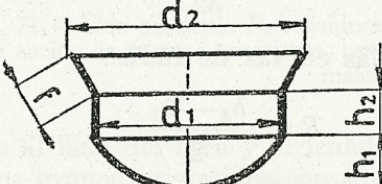
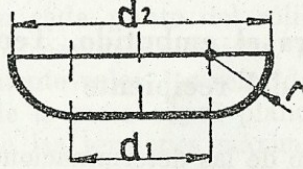
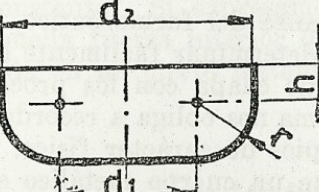
Las fórmulas dan el diámetro  $D$  del disco desarrollado

Forma del recipiente	Diámetro del disco $D =$
<p>13</p> 	$\sqrt{d_1^2 + d_2^2}$
<p>14</p> 	$1,414 \sqrt{d_1^2 + f(d_1 + d_2)}$
<p>15</p> 	$\sqrt{d_1^2 + d_2^2 + 4 d_1 h}$
<p>16</p> 	$1,414 \sqrt{d_1^2 + 2 d_1 h + f(d_1 + d_2)}$
<p>17</p> 	$\sqrt{d^2 + 4 h^2}$
<p>18</p> 	$\sqrt{d^2 + 4 (h_1^2 + d h_2)}$



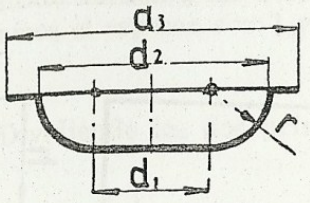
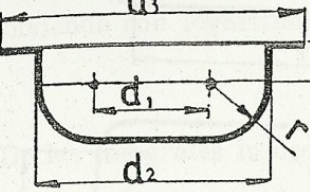
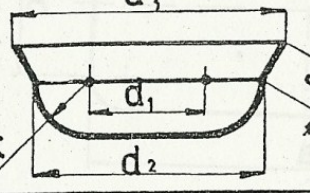
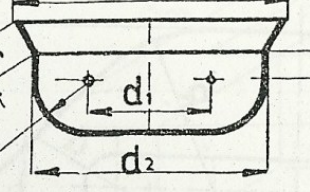
Sigue tabla VI

Las fórmulas dan el diámetro  $D$  del disco desarrollado

Forma del recipiente	Diámetro del disco $D =$
<p>19</p> 	$\sqrt{d_2^2 + 4h^2}$
<p>20</p> 	$\sqrt{d_2^2 + 4(h_1^2 + d_1 h_2)}$
<p>21</p> 	$\sqrt{d_1^2 + 4h^2 + 2f(d_1 + d_2)}$
<p>22</p> 	$\sqrt{d_1^2 + 4(h_1^2 + d_1 h_2) + 2f(d_1 + d_2)}$
<p>23</p> 	$\sqrt{d_2^2 + 2,28 r d_2 - 0,56 r^2}$
<p>24</p> 	$\sqrt{d_2^2 + 2,28 r d_2 - 0,56 r^2 + 4 d_2 h}$

Sigue tabla VI

Las fórmulas dan el diámetro  $D$  del disco desarrollado

Forma del recipiente	Diámetro del disco $D =$
<p>25</p> 	$\sqrt{d_3^2 + 2,28 r d_2 - 0,56 r^2}$
<p>26</p> 	$\sqrt{d_3^2 + 4 d_2 (0,57 r + h) - 0,56 r^2}$
<p>27</p> 	$\sqrt{d_3^2 + 2,28 r d_2 - 0,56 r^2 + 2 f (d_2 + d_3)}$
<p>28</p> 	$\sqrt{d_3^2 + 4 d_2 (0,57 r + h + \frac{1}{2} f) + 2 f d_3 - 0,56 r^2}$

# **ANEXO 8**

# **RELACIÓN DE**

# **GRADACIÓN**

Tabla 36. Tratamiento y elaboración de las chapas (Continuación)

Material	32 Ms 72 (Calidad de embutición) W	33 Chapa de presión de latón Ms 60, Ms 63 W	34 $\frac{1}{2}$ H	35 Cinc (Calidad cinc fino) W	36 Aleaciones de cinc Zn-Cu 1 (4) W	37 Zn-Al 1 W	38 Mg/Nn 2	39 Mg/Al 6 Zn
A. Cortado 1. Resistencia a la corrosión $r_B$ (kp/mm <sup>2</sup> )	22-30	25-32	35-40	10-12	16-24	15-20	20-24	18-22
B. Curvado 1. Factor mínimo de redondeado para $r_{\min} = e \cdot s$ 2. Factor de retroceso elástico $K$ con $r_B/s = 1$ con $r_B/s = 10$	0,30 — —	0,35 — —	0,40 — —	0,40 — —	0,60 — —	0,55 — —	0,5 — —	3,0 — —
C. Embutición 1. Lubricante	Aceites conteniendo jabón y grasa, emulsionables en agua, refinados con otros materiales			Sebo o aceite de colza con grafito exento de grano			Sebo o Palmín líquido 200-300° (véase el apartado 27 del capítulo E)	
2. Presión del pistón prensachapas $p_B$ (kp/cm <sup>2</sup> )	20	22	24	12	12	12	8	8
3. Relación de gradación $\beta_{100}$ para la 1.ª embutición 2.ª embutición sin recocido intermedio 2.ª embutición con recocido intermedio	2,2 1,4 2,0	2,1 1,4 2,0	1,9 1,2 1,7	1,55 1,3 —	1,70 1,35 —	1,6 1,35 —	1,35 <sup>1</sup> 1,20 —	1,45 <sup>1</sup> 1,30 —
4. Factor $q$ para embutición de piezas rectangulares	0,26	0,27	0,34	0,41	0,34	0,37	0,55	0,50
5. Temperatura de incandescencia (°C)	540-580°			Sin recocer	250°	150°	270-350°	
6. Indicación para mordentar	Acido nítrico puro						De 10 a 20 % de sosa cáustica a 50-80 °C	
D. Características del producto <sup>1</sup> tal como se pone a la venta: 1. Resistencia a la tracción $\sigma_B$ (kp/mm <sup>2</sup> ) 2. Alargamiento $\delta_4$ (%) 3. Profundidad de abollado $t$ (mm) para $s = 0,5$ mm $= 1,0$ mm $= 2,0$ mm	25-30 50-46 13,7 14,4 14,7	29-41 45-25 12,6 13,4 14,3	45-55 35-15 11,0 12,2 13,5	12-14 60-52 7,0 8,1 8,6	20-30 100-30 — — —	18-25 80-40 7,5-8,5 8,6-9,7 9,6-11,1	19-23 10-5 5,2-6,0 6,3-7,6 7,7-9,6	28-32 15-10 6,2-7,0 7,5-8,4 9,0-10,0
E. Prescripciones DIN 1. Tipo de material y calidad 2. Tolerancias de espesor y dimensiones <sup>2</sup>	DIN 1751	DIN 17660, DIN 17761	DIN 1791	DIN 1706 DIN 9721 DIN 9722 DIN 17770	DIN 1724 DIN 9721 DIN 9722	DIN 1729 DIN 9715 DIN 9101		

<sup>1</sup> Obsérvense las normas DIN 1602-5 y DIN A 114.<sup>2</sup> Obsérvense también DIN 1620.

# **ANEXO 9**

# **RESORTES**

## ANEXO 9.1 RESORTE EXPULSOR

### Compress Spring Component Generator (Version: 2010 (Build 140223002, 223))

15/06/2011

---

#### ▣ Project Info

#### ▣ Guide

Fatigue Loading	Nonshot-peened spring
Spring Strength Calculation	Work Forces Calculation
Method of Stress Curvature Correction	No Correction

#### ▣ Spring Load

Min. Load	$F_1$	178,607 N
Max. Load	$F_8$	331,700 N
Working Load	F	331,700 N

#### ▣ Spring Dimensions

Loose Spring Length	$L_0$	64,000 mm
Wire Diameter	d	3,000 mm
Pitch of Free Spring	t	9,542 mm
Outside Spring Diameter	$D_1$	25,000 mm
Mean Spring Diameter	D	22,000 mm
Inside Spring Diameter	$D_2$	19,000 mm
Spring Index	c	7,333 ul

#### ▣ Spring Coils

Active Coils	n	6,000 ul
Coil Direction	right	
Spring Ends		
Params	Start	End
Closed End Coils	$n_{z1}$ 1,500 ul	$n_{z2}$ 1,000 ul
Transition Coils	$n_{t1}$ 1,000 ul	$n_{t2}$ 0,750 ul
Ground Coils	$z_{o1}$ 0,750 ul	$z_{o2}$ 0,500 ul

#### ▣ Assembly Dimensions

Min. Load Length	$L_1$	50,000 mm
Max. Load Length	$L_8$	38,000 mm
Working Stroke	H	12,000 mm
Working Load Length	$L_w$	38,000 mm
Installed Length	L	50,000 mm

#### ▣ Spring Material

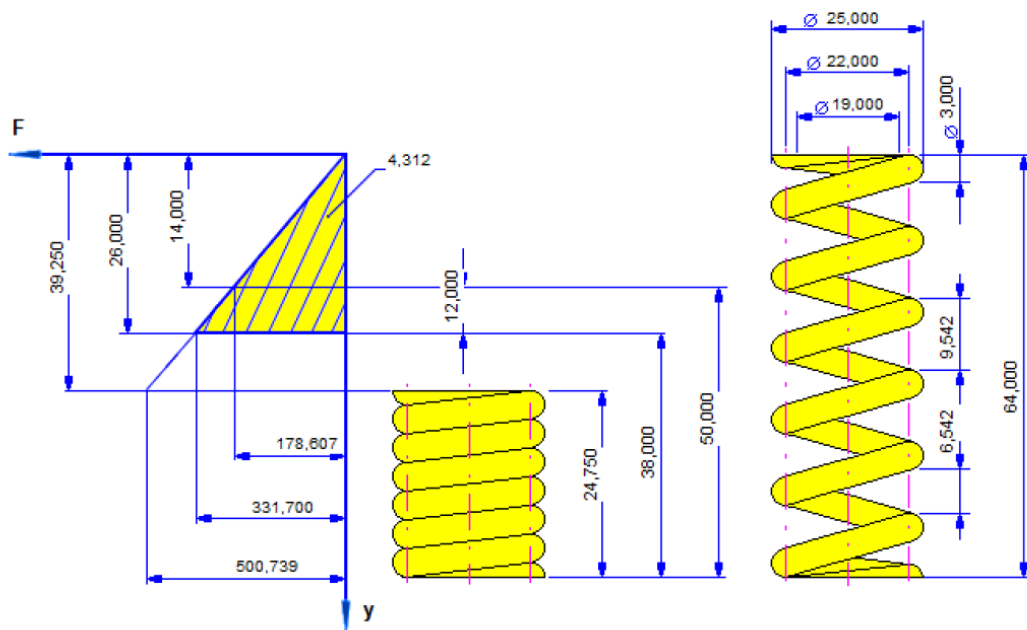
---

Drawn patented - Carbon steel - 1st class		
Ultimate Tensile Stress	$\sigma_{ult}$	2220,000 MPa
Allowable Torsional Stress	$\tau_A$	1110,000 MPa
Modulus of Elasticity in Shear	G	80500,000 MPa
Density	$\rho$	7850 kg/m <sup>3</sup>
Utilization Factor of Spring Material	$u_s$	0,900 ul

### ▣ Fatigue Loading

Spring Life in Thousands of Deflections	N	>10000
Safety Factor	$k_f$	1,200 ul

### ▣ Working Diagram



### ▣ Results

Space between Coils of Free Spring	a	6,542 mm
Pitch of Free Spring	t	9,542 mm
Stress Concentration Factor	$K_w$	1,000 ul
Spring Constant	k	12,758 N/mm
Min. Load Spring Deflection	$s_1$	14,000 mm
Total Spring Deflection	$s_8$	26,000 mm
Limit Spring Deflection	$s_9$	39,250 mm
Limit Test Length of Spring	$L_{minf}$	28,140 mm
Theoretic Limit Length of Spring	$L_9$	24,750 mm
Spring Limit Force	$F_9$	500,739 N

Endurance in Shear	$\tau_e$	980,310 MPa
Min. Load Stress	$\tau_1$	370,594 MPa
Max. Load Stress	$\tau_8$	688,246 MPa
Solid Length Stress	$\tau_9$	1038,987 MPa
Critical Speed of Spring	$v$	9,866 mps
Natural Frequency of Spring Surge	$f$	372,300 Hz
Deformation Energy	$W_8$	4,312 J
Wire Length	$l$	598,400 mm
Spring Mass	$m$	0,033 kg
Spring Check Result		<b>Positive</b>

### ☐ Summary of Messages

9:19:23 : Calculation indicates design compliance!



## ANEXO 9.2 RESORTE PRENSACHAPAS

### Compress Spring Component Generator (Version: 2010 (Build 140223002, 223))

15/06/2011

#### Project Info

#### Guide

Fatigue Loading	Nonshot-peened spring
Spring Strength Calculation	Compression Spring Design
Design Type	F, D --> d, L <sub>0</sub> , n, Assembly Dimensions
Method of Stress Curvature Correction	No Correction

#### Spring Load

Min. Load	F <sub>1</sub>	500,000 N
Max. Load	F <sub>8</sub>	866,000 N
Working Load	F	866,000 N

#### Spring Dimensions

Loose Spring Length	L <sub>0</sub>	166,027 mm
Wire Diameter	d	8,000 mm
Pitch of Free Spring	t	29,605 mm
Outside Spring Diameter	D <sub>1</sub>	104,000 mm
Mean Spring Diameter	D	96,000 mm
Inside Spring Diameter	D <sub>2</sub>	88,000 mm
Spring Index	c	12,000 ul

#### Spring Coils

Active Coils	n	5,000 ul	
Rounding of Coils Number	1		
Coil Direction	right		
Spring Ends			
	Params	Start	End
Closed End Coils	η <sub>z1</sub>	1,500 ul	η <sub>z2</sub> 1,000 ul
Transition Coils	η <sub>t1</sub>	1,000 ul	η <sub>t2</sub> 0,750 ul
Ground Coils	z <sub>o1</sub>	0,750 ul	z <sub>o2</sub> 0,500 ul

#### Assembly Dimensions

Min. Load Length	L <sub>1</sub>	112,362 mm
Max. Load Length	L <sub>8</sub>	73,080 mm
Working Stroke	H	39,282 mm
Working Load Length	L <sub>w</sub>	73,080 mm
Installed Length	L	85,000 mm

## Design of Working Deflection

Not Specified

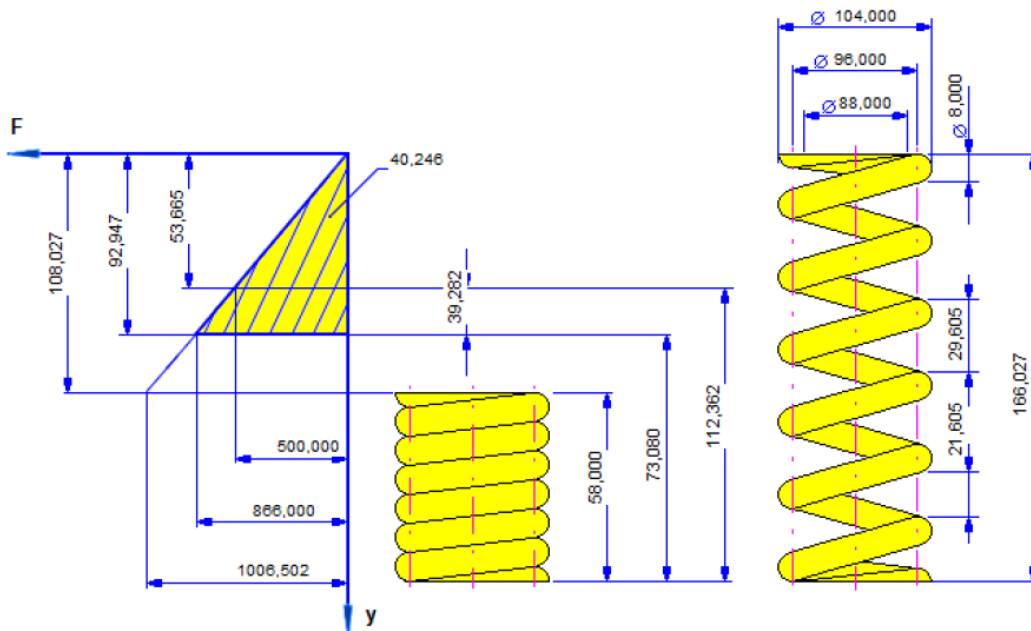
## Spring Material

Drawn patented - Carbon steel - 1st class		
Ultimate Tensile Stress	$\sigma_{ult}$	1390,000 MPa
Allowable Torsional Stress	$\tau_A$	695,000 MPa
Modulus of Elasticity in Shear	G	80500,000 MPa
Density	$\rho$	7850 kg/m <sup>3</sup>
Utilization Factor of Spring Material	us	0,900 ul

## Fatigue Loading

Spring Life in Thousands of Deflections	N	1000,000 ul
Safety Factor	$k_f$	1,200 ul

## Working Diagram



## Results

Space between Coils of Free Spring	a	21,605 mm
Pitch of Free Spring	t	29,605 mm
Stress Concentration Factor	$K_w$	1,000 ul
Spring Constant	k	9,317 N/mm
Min. Load Spring Deflection	$s_1$	53,665 mm
Total Spring Deflection	$s_8$	92,947 mm
Limit Spring Deflection	$s_9$	108,027 mm

Limit Test Length of Spring	$L_{\min f}$	69,600 mm
Theoretic Limit Length of Spring	$L_9$	58,000 mm
Spring Limit Force	$F_9$	1006,502 N
Endurance in Shear	$\tau_e$	695,000 MPa
Min. Load Stress	$\tau_1$	238,732 MPa
Max. Load Stress	$\tau_8$	413,485 MPa
Solid Length Stress	$\tau_9$	480,569 MPa
Critical Speed of Spring	$v$	1,887 mps
Natural Frequency of Spring Surge	$f$	62,567 Hz
Deformation Energy	$W_8$	40,246 J
Wire Length	$l$	2304,000 mm
Spring Mass	$m$	0,909 kg
Spring Check Result		<b>Positive</b>

### ☐ Summary of Messages

9:42:14 : Calculation indicates design compliance!

**ANEXO 10 PLANOS DE CONSTRUCCIÓN Y  
DESPIECE**

**ANEXO 10.1. TROQUEL DE CORTE DE  
BLANCOS**







































## **ANEXO 10.2. TROQUEL DE EMBUTICIÓN**



































**ANEXO 10.3. TROQUEL DE CORTE Y  
EMBUTIDO**





























**ANEXO 11**

**(ANEXO  
DIGITAL)**

**PROGRAMAS,  
FOTOGRAFÍAS Y  
SIMULACIONES  
CNC**