

Universidad del Valle de Guatemala

**Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Mecánica**



**DISEÑO MECÁNICO DE UN TROQUEL PARA LA FABRICACIÓN DE
TAPADERAS DE HOJALATA SOBREPUESTAS DE 120mm DIÁMETRO
INTERIOR**

Trabajo de graduación presentado por Rafael Isaac Suárez Vázquez para optar el grado de
Licenciado en Ingeniería Mecánica

Guatemala
2010

**DISEÑO MECÁNICO DE UN TROQUEL PARA LA FABRICACIÓN DE
TAPADERAS DE HOJALATA SOBREPUESTAS DE 120mm DIÁMETRO
INTERIOR**

Universidad del Valle de Guatemala

**Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Mecánica**

**DISEÑO MECÁNICO DE UN TROQUEL PARA LA FABRICACIÓN DE
TAPADERAS DE HOJALATA SOBREPUESTAS DE 120mm DIÁMETRO
INTERIOR**

Trabajo de graduación presentado por Rafael Isaac Suárez Vázquez para optar el grado de
Licenciado en Ingeniería Mecánica

Guatemala
2010

Vo. Bo.:

(f) _____
Ing. Diego Américo Zaparolli Zetina

Tribunal Examinador:

(f) _____
Ing. Victor Hugo Ayerdi

(f) _____
Ing. Diego Américo Zaparolli Zetina

(f) _____
Ing. Manuel Ruano

Fecha de aprobación: Guatemala 7 de diciembre de 2010

PREFACIO

La razón por la cual decidí realizar este proyecto como trabajo de graduación es mi afinidad por el diseño de mecanismos para la automatización de procesos de manufactura. También por deseo de realizar un análisis a fondo de un diseño realizado de principio a fin por mí, y obtener, de una forma virtual, la factibilidad que dicho diseño pueda cumplir su cometido.

Quiero agradecer al Ing. Diego Zapparolli por aceptar ser mi asesor del proyecto de graduación y haberme dedicado el tiempo necesario para encausar todo el trabajo en la dirección correcta. Además, quiero agradecer a los ingenieros, Policarpo Suárez, Eduardo Suárez y Roberto Aguiar por haber aportado sus conocimientos y herramientas en los últimos años, los cuales me fueron de gran utilidad para poder llevar a cabo todo el proyecto. Y finalmente a todas las personas que de alguna forma me ayudaron para poder finalizar

TABLA DE CONTENIDO

PREFACIO	iv
LISTA DE ILUSTRACIONES	viii
LISTA DE TRABLAS	xi
RESUMEN	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. Planteamiento del problema	2
III. OBJETIVOS	3
A. General	3
B. Específicos	3
IV. Descripción de la pieza	4
V. Alternativas propuestas	6
VI. Marco teórico	7
A. Conceptos generales sobre el embutido	7
B. Descripción de un troquel para embutir	10
C. Procedimiento para calcular la fuerza teórica P_d de deformación	11
D. Formas de realizar el rizo	13
1. Arrollamiento	13
2. Bordonado	15
VII. Proceso del troquelado	16
A. Etapa 1: Corte	16
B. Etapa 2: Embutición	16
C. Etapa 3: Rizado	18
D. Etapa 4: Extracción y expulsión	19

VIII.	Proceso de modelado del prototipo	20
IX.	Proceso de manufactura	21
	A. Herramienta de diseño	21
	B. Elección de los materiales y tratamientos térmicos.....	21
	1. Acero O1 (norma SAE/AISI)	21
	a. Aplicaciones típicas	21
	b. Composición química - % promedio	21
	c. Procedimiento del tratamiento térmico	22
	i. Templado	22
	ii. Revenido	22
	2. Acero D2 (norma SAE/AISI)	23
	a. Aplicaciones típicas	23
	b. Composición química - % promedio	24
	c. Procedimiento del tratamiento térmico	24
	i. Templado	24
	ii. Revenido	24
	3. Acero laminado	26
	a. Composición química - % promedio	26
	b. Procedimiento del tratamiento térmico	26
X.	Cálculos y resultados	29
	A. Cálculos de embutición	29
	B. Análisis de esfuerzos y deformaciones	29
	1. Ensamble de las piezas críticas	30
	2. Filo macho	33
	3. Filo hembra	36
	4. Formador superior	39
	5. Formador inferior	42
	6. Planchador / rizador	45
XI.	Discusión de resultados	48

XII.	Presupuesto	49
	A. Precio materia prima	49
	B. Precio de fabricación	50
	C. Precio elementos mecánicos	50
XIII.	Plan de mantenimiento	51
XIV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
XV.	BIBLIOGRAFÍA	57
XVI.	APÉNDICE	58

LISTA DE ILUSTRACIONES

Figura 1: Tapa sobrepuesta 120mm diámetro interno	2
Figura 2: Dimensiones tapa	4
Figura 3: Área de embutición	7
Figura 4: Concepto básico de embutición	8
Figura 5: Proceso de embutición con anillo de sujeción	9
Figura 6: Partes básicas del troquel	10
Figura 7: Dimensiones del disco a embutir	11
Figura 8: Diagrama de resistencia a la deformación / deformación φ	12
Figura 9: Proceso de arrollamiento	14
Figura 10: Proceso de bordonado	15
Figura 11: Etapa 1: Corte	16
Figura 12: Etapa 2: Embutición	17
Figura 13: Etapa 3: Rizado	18
Figura 14: Etapa 4: Expulsión	19
Figura 15: Respuesta al tratamiento térmico, acero O1	22
Figura 16: Diagrama de revenido, acero O1	23

Figura 17: Respuesta al tratamiento térmico, acero D2	25
Figura 18: Diagrama de revenido, acero D2	25
Figura 19: Lista de partes	27
Figura 20: Despiece	28
Figura 21: Análisis de ensamble tensión de Von Mises	30
Figura 22: Análisis de ensamble esfuerzo principal primero	31
Figura 23: Análisis de ensamble esfuerzo principal tercero	31
Figura 24: Análisis de ensamble deformación	32
Figura 25: Análisis de ensamble factor de seguridad	32
Figura 26: Análisis de filo macho tensión de Von Mises	33
Figura 27: Análisis de filo macho esfuerzo principal primero	34
Figura 28: Análisis de filo macho esfuerzo principal tercero	34
Figura 29: Análisis de filo macho deformación	35
Figura 30: Análisis de filo macho factor de seguridad	35
Figura 31: Análisis de filo hembra tensión de Von Mises	36
Figura 32: Análisis de filo hembra esfuerzo principal primero	37
Figura 33: Análisis de filo hembra esfuerzo principal tercero	37
Figura 34: Análisis de filo hembra deformación	38
Figura 35: Análisis de filo hembra factor de seguridad	38
Figura 36: Análisis de formador superior tensión de Von Mises	39
Figura 37: Análisis de formador superior esfuerzo principal primero	40

Figura 38: Análisis de formador superior esfuerzo principal tercero	.....	40
Figura 39: Análisis de formador superior deformación	.....	41
Figura 40: Análisis de formador superior factor de seguridad	.....	41
Figura 41: Análisis de formador inferior tensión de Von Mises	.....	42
Figura 42: Análisis de formador inferior esfuerzo principal primero	.....	43
Figura 43: Análisis de formador superior esfuerzo principal tercero	.....	43
Figura 44: Análisis de formador superior deformación	.....	44
Figura 45: Análisis de formador superior factor de seguridad	.....	44
Figura 46: Análisis de planchador / rizador tensión de Von Mises	.....	45
Figura 47: Análisis de planchador / rizador esfuerzo principal primero	.....	46
Figura 48: Análisis de planchador / rizador esfuerzo principal tercero	.....	46
Figura 49: Análisis de planchador / rizador deformación	.....	47
Figura 50: Análisis de planchador / rizador factor de seguridad	.....	47
Figura 51: Procedimiento de mantenimiento	.....	53
Figura 52: Requisición de mantenimiento, parte 1	.....	54
Figura 53: Requisición de mantenimiento, parte 2	.....	55
Figura 54: Requisición de mantenimiento, parte 3	.....	55

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Especificaciones mater prima	4
Tabla 2: resultados cálculos de embutición	29
Tabla 3: Análisis de esfuerzos y deformación de ensamble de las piezas críticas	30
Tabla 4: Análisis de esfuerzos y deformación de filo macho	33
Tabla 5: Análisis de esfuerzos y deformación de filo hembra	36
Tabla 6: Análisis de esfuerzos y deformación de formador superior	39
Tabla 7: Análisis de esfuerzos y deformación de formador inferior	42
Tabla 8: Análisis de esfuerzos y deformación de planchador / rizador	45
Tabla 9: Precio materia prima	49
Tabla 10: Precio de fabricación	50
Tabla 11: Precio de elementos mecánicos	50

RESUMEN

El trabajo presentado a continuación consiste en el diseño mecánico de un troquel para la fabricación en serie de un tipo de tapadera de hojalata. Inicialmente se elaboró un programa de necesidades de la fábrica Envases Layta S.A. para producir alrededor de 28,000 unidades por día. Con las especificaciones del producto proporcionadas por la fábrica, se inició la recopilación de información e investigación de alternativas ya existentes. Al no encontrarse alternativas satisfactorias, se planteó un modelo conceptual el cual fue sometido al proceso de diseño en ingeniería. Se determinaron las fuerzas a las que estaría sometido el modelo conceptual de acuerdo a los procesos de manufactura involucrados. De manera iterativa se desarrolló un modelo tridimensional por computadora utilizando criterios de restricción geométrica, cinemática y luego se le sometió a una simulación del funcionamiento utilizando el método de análisis por elementos finitos de un programa de simulación por computadora. Los resultados obtenidos del proceso de diseño fueron la pauta para sugerir el tipo de material a utilizar en cada componente, sus dimensiones y las recomendaciones en cuanto a la operación y el mantenimiento del troquel. Adicionalmente, se cuantificó el material y se determinaron los costos de producción del mismo, tomando en cuenta que la fabrica Envases Layta S.A. cuenta con la mano de obra calificada y la herramienta adecuada para llevar a cabo un prototipo físico.

I. INTRODUCCIÓN

Un troquel es una herramienta destinada a cortar, punzonar o dar forma a placas metálicas utilizando la deformación plástica de las mismas sin generar arranque de virutas. En el proyecto que se presenta el prototipo virtual de un troquel diseñado para la fabricación de tapaderas de hojalata de 120mm de diámetro interno. El diseño presenta una herramienta capaz de cortar la hojalata, formarla de una forma determinada y finalmente realizar un rizo en su borde. Todo esto de forma automática y con la precisión necesaria para que todas las tapaderas salgan iguales dentro de un estándar apropiado.

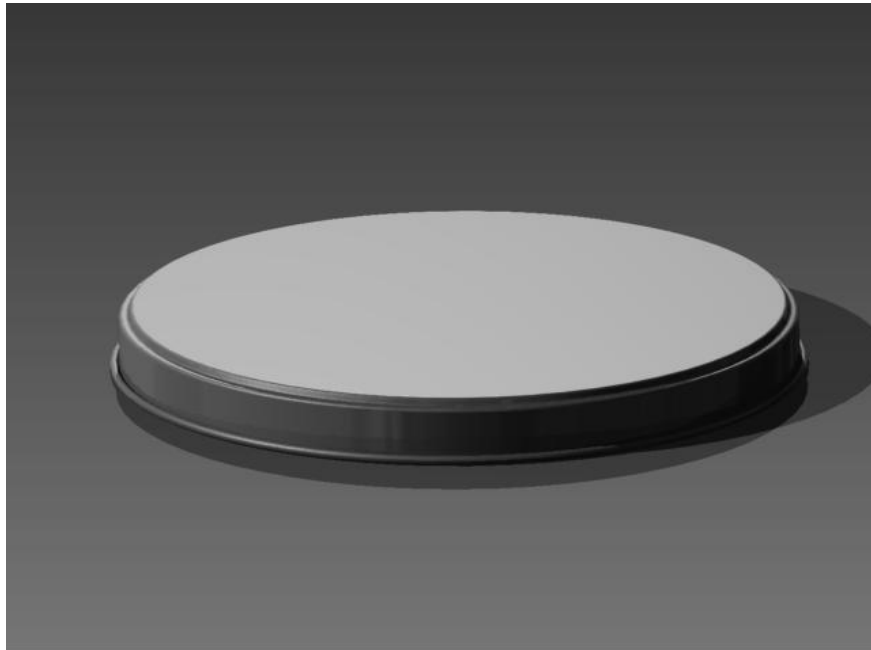
También se presenta el análisis de esfuerzo y deformaciones de las piezas más críticas del troquel para el cual presenta una idea de la factibilidad del diseño del prototipo y las capacidades del mismo.

Además se presenta una elección de los materiales para la elaboración del prototipo, los tratamientos térmicos que se deberían de llevar a cabo y un presupuesto del costo de manufactura del mismo. Finalizando con una guía para poder tener un control en el plan de mantenimiento del troquel.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa Envases Layta S.A. desea producir una tapadera sobrepuesta de hojalata con un diámetro interno de 120 milímetros. La cual se utilizará para el cierre sencillo de de latas de presentación o decorativas.

Figura 1: Tapa sobrepuesta 120mm diámetro interno



III. OBJETIVOS

A. General

- Elaborar un diseño mecánico de un troquel para la fabricación de una tapadera de hojalata sobrepuesta de 120mm de diámetro interno.

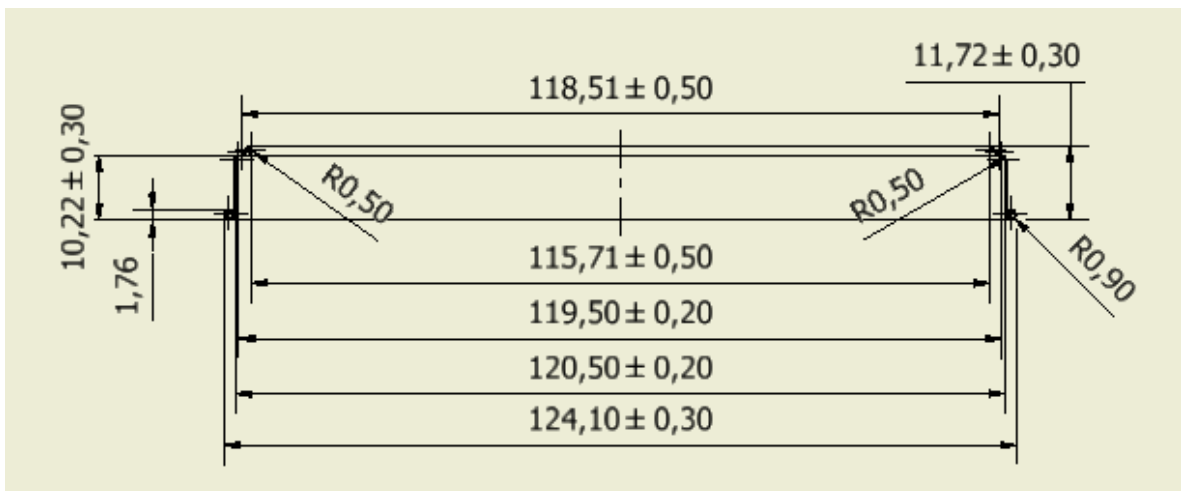
B. Específicos

- Identificar las necesidades que debe satisfacer el diseño del troquel.
- Determinar las diferentes alternativas de diseño y seleccionar la más apropiada.
- Análisis mecánico de la materia prima.
- Propuesta conceptual.
- Elaboración del prototipo.
- Análisis de esfuerzos y deformaciones de los componentes críticos del prototipo.
- Recomendaciones para la manufactura del prototipo.
- Recomendaciones para la selección de los materiales de los componentes del prototipo y los tratamientos térmicos que podrían requerirse.
- Recomendaciones para el mantenimiento preventivo del troquel.
- Presupuesto de los materiales y costos de manufactura del prototipo.

IV. Descripción de la pieza

La tapa consiste en un cilindro con uno de sus lados abierto donde el reborde del mismo se encuentra rizado hacia el exterior. En la parte opuesta a la abertura el cilindro cuenta con una grada la cual produce una reducción del diámetro del mismo el cual se prolonga por unos pocos milímetros antes de llegar al fondo plano. Esta grada es utilizada para que sirva de tope a la lata que se quiere cerrar.

Figura 2: Dimensiones tapa



Especificaciones de la materia prima según la CSN DWI

Tabla 1: Especificaciones materia prima

Dimensiones	
Espesor del material	0.254mm
Variación del espesor	+/- 2%

Propiedades mecánicas	
Límite de fluencia	210 a 310 MPa

Límite de resistencia	290 a 410 MPa
Enlongamiento	26% (mínimo)
Dureza	51 a 59 HR 30T
r medio	1,2 mínimo
delta r	+/- 0.15

Revestimiento	
Revestimiento de estaño	D 3.0/2.0 g/m ² (-0.3g/m ² / +0.5g/m ²)

V. Alternativas propuestas

Debido a que la tapadera no tiene medidas estándar dentro de la industria de las latas, el troquel debe realizarse totalmente personalizado y no se encontraran modelos ya fabricados.

La contratación de una compañía que realice el diseño del troquel para la manufactura en hojalata de una tapa como la que se está solicitando, tendría que realizarse en una compañía en el extranjero. Normalmente las compañías a las que se le solicitan este tipo de trabajos se encuentran en Estados Unidos, España o Alemania.

El diseño, la elaboración y envío del troquel en una de estas empresas extranjeras podría llegar a tener un precio entre \$20,000 a \$30,000.

La alternativa seleccionada sería la de llevar a cabo el diseño dentro del departamento de proyectos de la empresa mediante el uso de diseño y simulación virtual y realizar la construcción del mismo dentro del taller de la empresa. Lo que causaría una considerable reducción en el precio.

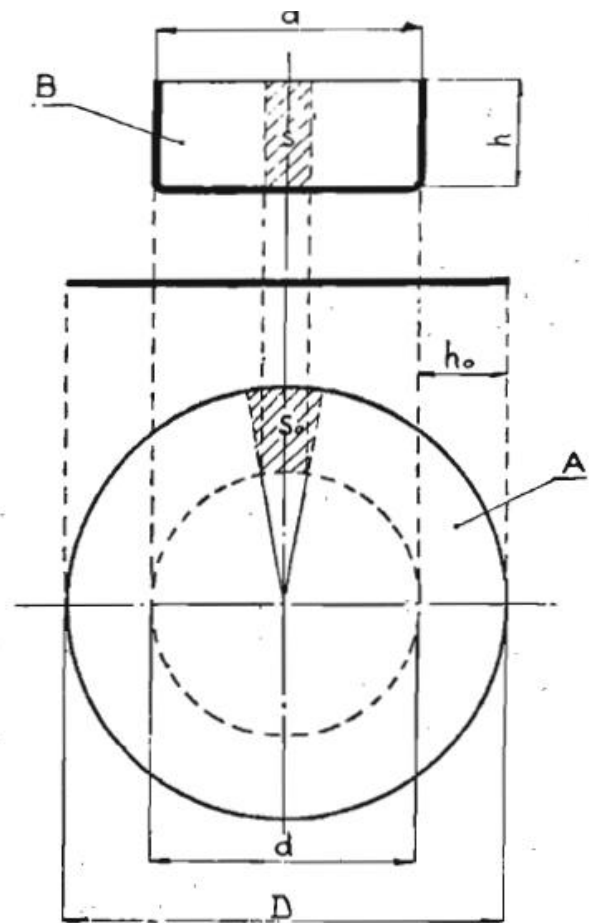
VI. Marco teórico

A. Conceptos generales sobre el embutido

En el caso de la chapa, el concepto de embutir consiste en hinchar la chapa de origen con el fin de obtener un objeto de forma hueca. Se puede emplear el término embutido para indicar la operación mediante la cual se somete una chapa bajo la forma de un cuerpo hueco. Consiste en transformar una chapa plana de metal laminado en un cuerpo hueco, procedimiento que se realiza gradualmente con una o más operaciones, en las cuales no se modifica el espesor de la chapa. Se deduce que la superficie de la pieza producida ha de ser teóricamente equivalente a la chapa plana empleada.

Es interesante cómo se comportan las fibras del material de un disco de chapa que va a ser sometido a una embutición. En la figura del disco A de diámetro D se ha podido sacar el cilindro hueco B de diámetro d y altura h. Considerando que la transformación se ha hecho a espesor constante. El disco del fondo del cilindro B no ha sufrido ninguna deformación, por el contrario, la pared cilíndrica ha sido deformada porque anteriormente componía una corona circular de anchura h_0 . El elemento s_0 experimenta una variación durante el embutido, cambiando su forma trapezoidal por la rectangular s, además, el elemento s_0 se dobla 90° . Para este cambio de forma se observa que la altura h del cilindro es mayor a la altura h_0 del

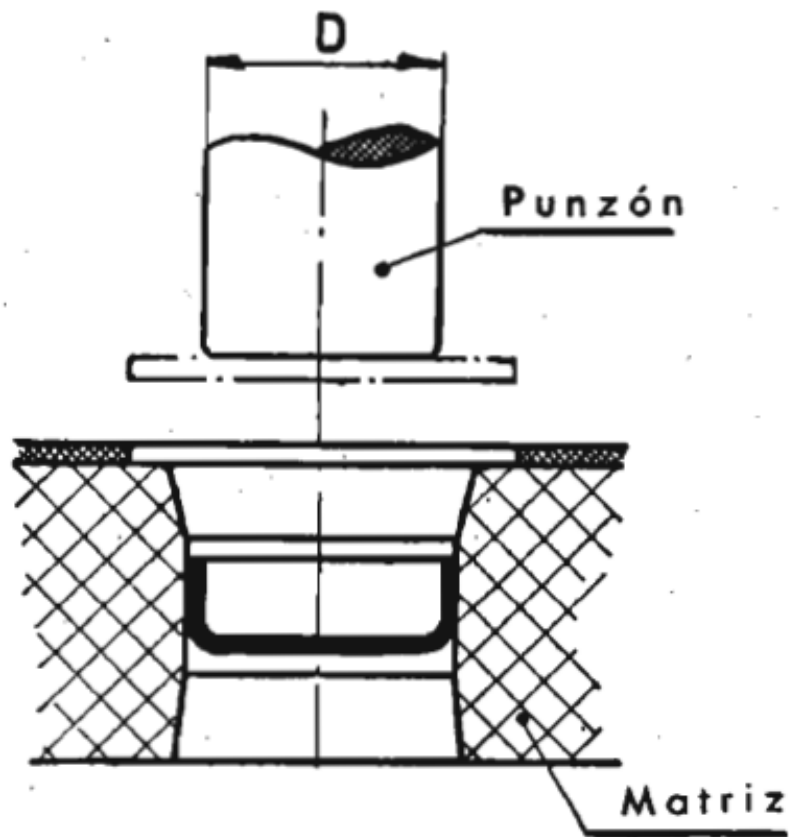
Figura 3: Área de embutición



elemento trapezoidal plano. Por lo tanto cada elemento está siendo afectado por fuerzas radiales de tracción y por fuerzas tangenciales de compresión.

El procedimiento que define el concepto de embutición es obligar a un disco metálico a pasar, mediante la presión ejercida por un punzón, a través de un agujero cilíndrico de diámetro superior por dos veces el espesor de disco. La parte del material obligada a pasar entre el espacio definido por el punzón y la matriz sufre una compresión que impide la formación de los pliegues. La compresión se produce en todo el borde del recipiente, mientras el fondo debe resistir el empuje del punzón.

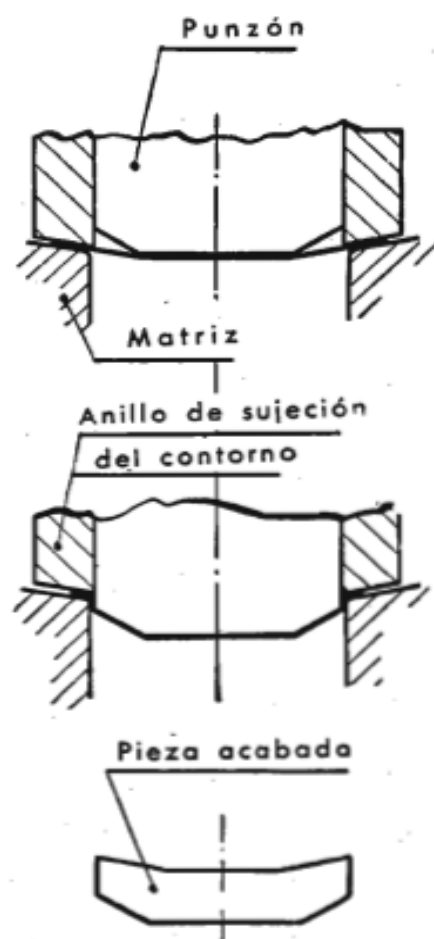
Figura 4: Concepto básico de embutición



En ocasiones, cuando las dimensiones de los objetos o las profundidades de embutido son demasiado grandes y en especial si el espesor de la lámina es muy

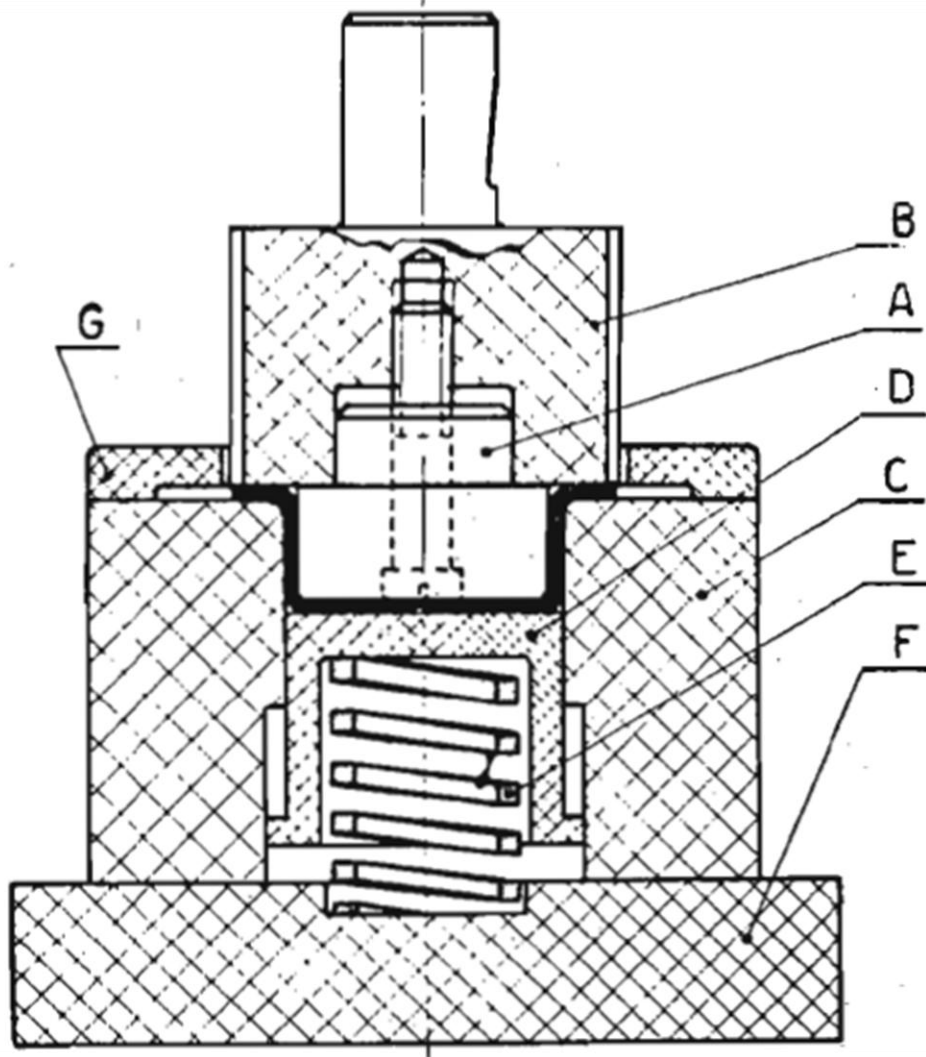
pequeño, el procedimiento no puede hacerse de una forma tan sencilla. Para realizar esta operación, se coloca el borde de la lámina metálica entre dos planos que sujetan la chapa mientras la parte central se desarrolla el embutido. De este modo el material es obligado a estar extendido superficialmente agarrándose al borde y resbalar luego lentamente, de esta forma se consigue eliminar los pliegues.

Figura 5: Proceso de embutición con anillo de sujeción



B. Descripción de un troquel para embutir

Figura 6: Partes básicas del troquel

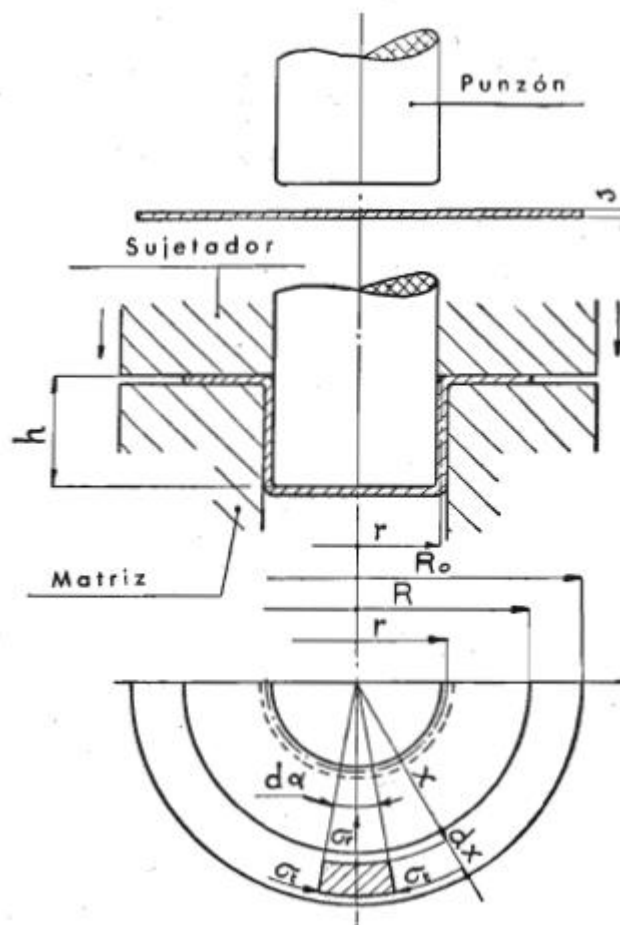


El disco a embutir se introduce bajo la pieza de retención G de la cual debe escurrirse suavemente. El punzón A está rígidamente fijado al porta punzón B mediante uno o varios tornillos. El conjunto A-B se fija en la parte móvil de la prensa, el macho A, durante su descenso hacia la chapa, penetra en la matriz C y modela el objeto. El casquillo D, que al iniciarse el embutido se encontraba en el borde del plano superior, baja por la presión del macho A acompañando a la chapa al mismo

tiempo que comprime el resorte E. la misión del casquillo D es impedir el arrollamiento de la chapa. El disco de retención G garantiza un buen embutido sin arrugas. Al terminar la operación el macho A retrocede y abandona libremente el casquillo D, que bajo la acción de resorte E asciende y expulsa el objeto embutido.

C. Procedimiento para calcular la fuerza teórica P_d de deformación

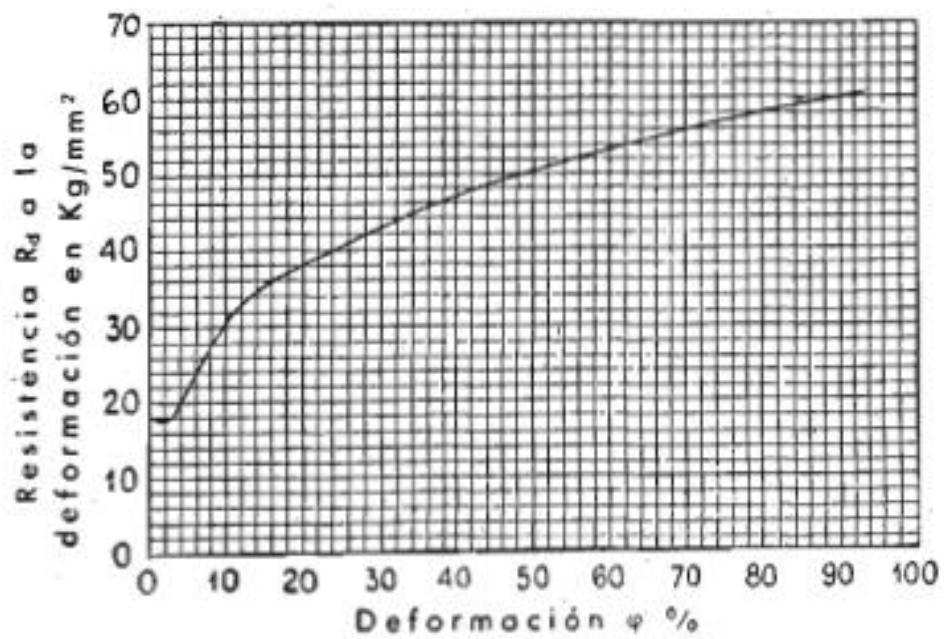
Figura 7: Dimensiones del disco a embutir



Una vez conocidas las dimensiones del recipiente embutido se siguen los siguientes pasos:

1. Cálculo del radio inicial R_0 en mm. del disco a embutir.
2. Designar de la carrera h del punzón, en mm., para poder determinar la fuerza de deformación correspondiente al final de la carrera.
3. Cálculo del radio R en mm. del borde exterior en relación a la carrera h del punzón.
4. Cálculo de deformación $\varphi_R = \ln R_0/R$ correspondiente al borde exterior del radio R del disco.
5. Cálculo de la deformación $\varphi_r = \ln R/r$ correspondiente al borde interior del radio r del recipiente.
6. Determinar las respectivas resistencias a la deformación R_{d1} y R_{d2} en función del φ_R y φ_r mediante un diagrama.

Figura 8: Diagrama de resistencia a la deformación / deformación φ



7. Determinar la media aritmética R_{dm} de las resistencias R_{d1} y R_{d2} .

$$R_{dm} = \frac{R_{d1} + R_{d2}}{2}$$

8. Cálculo de la fuerza de deformación P_d al final de la carrera h considerada (en el paso 2). Se obtiene con la siguiente ecuación:

$$P_d = 2\pi r s R_{dm} \ln \frac{R}{r}$$

9. Control de la sollicitación a la tracción de la corona circular del recipiente, la cual corresponde a la tensión radial sobre el borde interior de la matriz.

$$\sigma_r = R_{dm} \ln \frac{R}{r}$$

10. Cálculo de la fuerza de deformación máxima P_{dmax} y de la correspondiente tensión máxima σ_{rmax} . La fuerza máxima se desarrolla al iniciarse el embutido, o sea en el momento en que el punzón comprime frontalmente la chapa para arrastrarla por el agujero de la matriz. Por este motivo, en este punto se considera la carrera $h=0$, con lo cual $R=R_o$. Las deformaciones φ_R y φ_r se calculan teniendo presente que, siendo $R=R_o$, se tendrá:

$$\varphi_R = \ln \frac{R_o}{R_o} = \ln 1 = 0$$

Se buscan sucesivamente las respectivas resistencias a la deformación R_{d1} y R_{d2} en el diagrama y se calcula la resistencia media R_{dm} . Finalmente se aplica la ecuación:

$$P_{dmax} = 2\pi r s R_{dm} \ln \frac{R_o}{r} \quad ^1$$

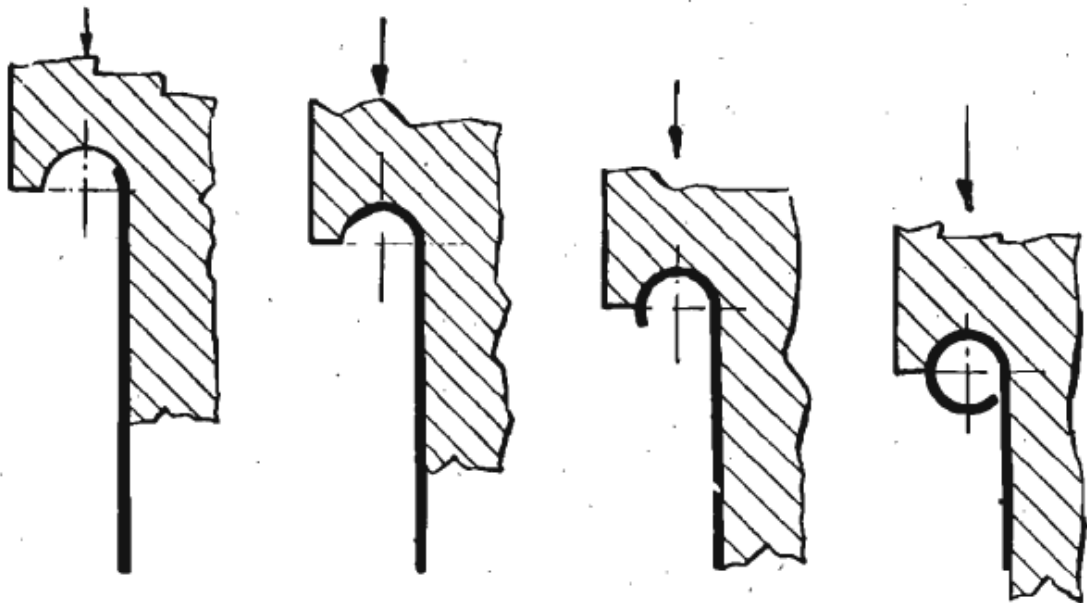
D. Formas de realizar el rizo

1. Arrollamiento. La operación consiste en arrollar el borde circular de un cuerpo cilíndrico hueco. En la figura el proceso se muestra con una sola estampa, la cual, con uno de sus extremos, obliga a la cabeza de la chapa a arrollarse a lo largo de la pared

¹ Mario Rossi, 1964, *Estampado en frío de la chapa*, 7° Edición Italia 550 pag.

de una cámara cilíndrica. Para la realización de esta operación es necesario que la extremidad de la chapa tenga a priori, un principio de arrollamiento que permita el arrollado del borde dentro de la garganta. De no tener este principio, no sería posible la operación ya que el extremo mismo, en lugar de arrollarse, se deslizaría y se colocaría en sentido diagonal dentro de la cámara cilíndrica.

Figura 9: Proceso de arrollamiento



En las chapas que no sobrepasan un milímetro de espesor, puede hacerse el tramo curvo juntamente con la operación de corte.

Una ecuación válida para el arrollamiento puede ser:

$$d_i = 1.5s$$

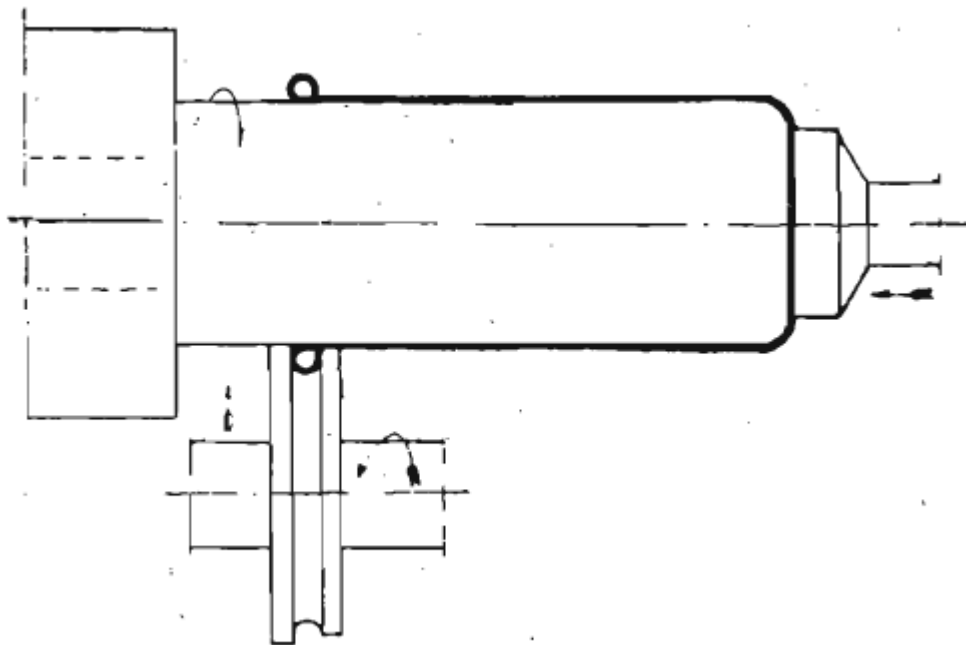
d_i = diámetro mínimo realizable

s = espesor de la chapa

El redondeado, según los casos, puede ser unilateral o bilateral el cual debe hacerse de modo que no supere los 45° con la recta tangente. De otro modo el filo cortante del punzón no serviría para realizar el corte.

2. Bordonado La operación se realiza en máquinas de movimiento rotativo, llamada “de bordonar”, utilizan rodillos intercambiables con diferentes perfiles. Con estos también se puede arrollar el borde circular de un recipiente. Este proceso se basa en el principio del rodillo de garganta que, acercándose siempre hacia el borde de la pieza que gira, obliga al mismo a arrollarse, como se muestra en la figura.

Figura 10: Proceso de Bordonado

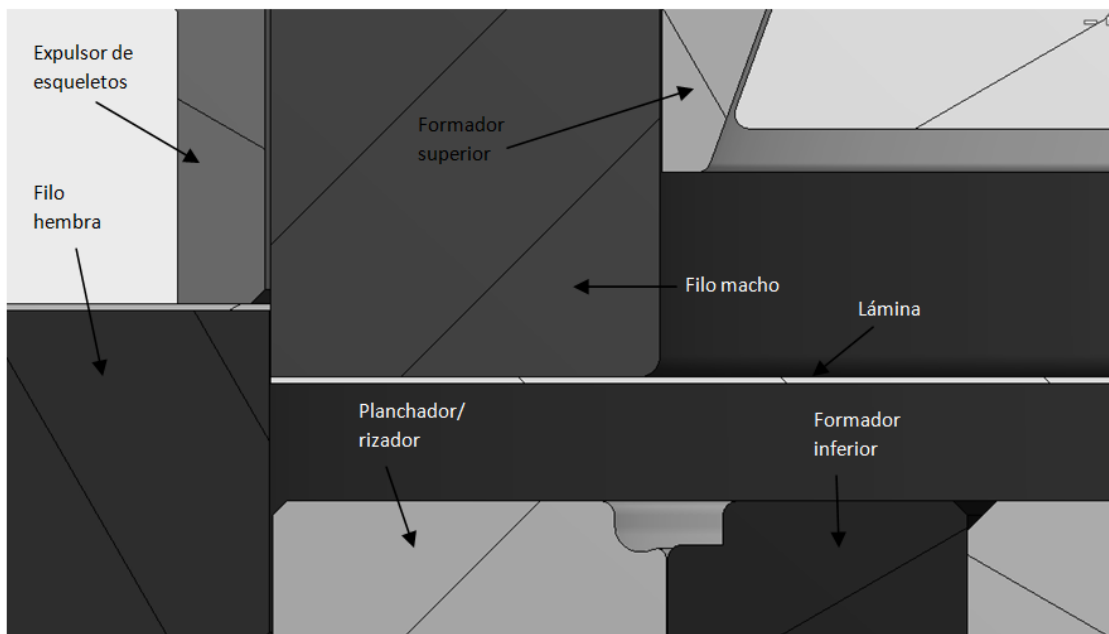


VII. Proceso del troquelado

A. Etapa 1: Corte

La primera etapa inicia cuando la lámina se coloca en la mesa de trabajo de la prensa justo por debajo de la parte superior del troquel, al accionar la prensa el carro de la misma baja. El primer elemento que hace contacto con la lámina es el expulsor de esqueletos el cual presiona la lámina contra la parte plana del filo hembra. Inmediatamente después el filo macho empieza a ejercer una fuerza contra la lámina, debido a que tanto el filo macho como el hembra tienen bordes filosos y a que estos dos elementos forman una cizalla, el límite de resistencia del material se excede dando por resultado un disco del diámetro que el filo hembra.

Figura 11: Etapa 1: Corte



B. Etapa 2: Embutición

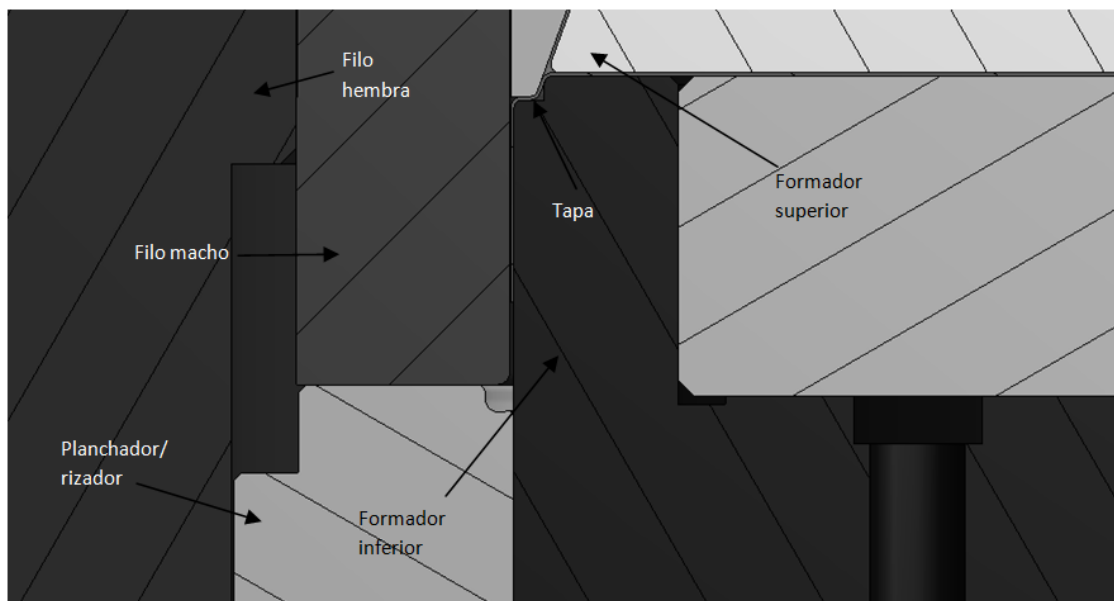
Luego del corte, el filo macho empuja el disco metálico por dentro del filo hembra y hace contacto con el planchador/rizador. Este elemento está soportado por unos pines los cuales a su vez son empujados por un émbolo neumático el cual permite

que el planchador ejerza un esfuerzo de $25\text{kg}/\text{cm}^2$ sobre la lámina durante todo el proceso de embutición y al mismo tiempo descienda empujado por el filo macho. Esto es necesario para evitar que durante el proceso de formado en la embutición no se creen pliegues en el disco.

En el momento en que el disco siga trasladándose por el troquel, prensado entre el filo macho y el planchador/rizador, el disco es forzado por el formador inferior por que la lámina se ve obligada a adaptar su forma a la del formador hasta que el formador superior, empujado por la base del troquel, presione la lámina formando su parte correspondiente.

En este punto el carro de la prensa ha llegado a su punto más bajo por lo que el proceso de embutición ya está completo y el disco metálico se ha convertido en un recipiente cilíndrico.

Figura 12: Etapa 2: Embutición

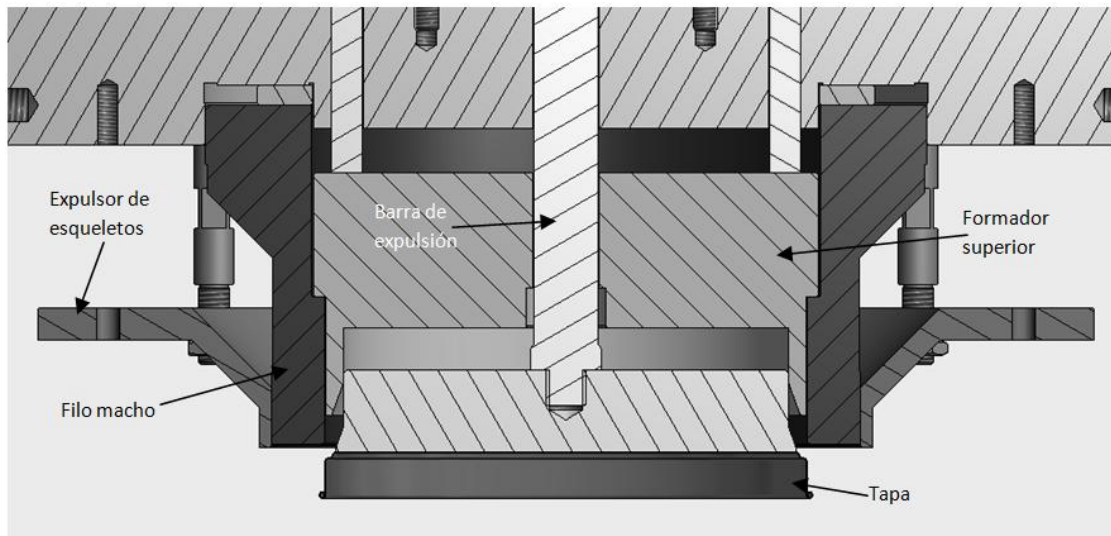


D. Etapa 4: Extracción y expulsión

Debido a la fuerza a la que se ha sometido la parte cilíndrica de la tapa durante el rizado, esta misma parte de la tapa se ha expandido muy ligeramente, pero lo suficiente como para que la fricción entre ella y la parte interna del filo macho no permita que la tapa caiga libremente y permita que suba junto con la parte superior del troquel. Cuando el carro de la prensa llega al final de su recorrido superior, el accionador del expulsor hace contacto con una parte fija de la prensa haciendo que este baje a trabes de todo el troquel hasta que la parte del expulsor que a la vez funciona como formador empuje a la tapa afuera del filo macho por lo que ésta es finalmente expulsada del troquel.

Otro punto importante de esta etapa, es la función del expulsor de esqueletos el cual durante todo el proceso ha estado presionando la lámina contra la mesa hasta que el filo macho salga completamente. Esto sirve para que cuando el filo macho baje y suba atravesando la lámina esta no se quede enganchada y suba junto con el carro de la prensa.

Figura 14: Etapa 4: Expulsión



VIII. Proceso de modelado del prototipo

Una vez que se conoce el concepto del funcionamiento del troquel. Se inicia con un bosquejo del ensamble de los componentes principales del mismo con las formas o elementos para que se cumplan las condiciones del diseño.

En el siguiente paso se realizan las diferentes piezas en la computadora con todos los detalles que deben incluir tanto para el funcionamiento correcto, como para la facilitación la manufactura de la misma. Luego se toman todas la piezas y se realizan diferentes ensambles en las posiciones críticas del troquel, para poder observar el comportamiento de éstas y saber si existen obstrucciones en los movimientos del mecanismos y que las piezas se encuentren en las posiciones correctas en los momentos correctos.

El ensamble también se utiliza para la selección y colocación de todos los elementos de fijación como tornillos, pines o tuercas.

Finalmente se le asignan diferentes tipos de materiales a las piezas dependiendo del trabajo que están desempeñando o las fuerzas a las cuales están sometidas.

IX. Proceso de manufactura

A. Herramienta de diseño

Para el modelado del diseño y evaluación del prototipo se utilizó el software de Autodesk Inventor 2011, versión estudiantil. Con licencia otorgada por el sitio web oficial de Autodesk.

B. Elección de los materiales y tratamientos térmicos

1. Acero O1 (norma SAE/AISI). Es un acero de grado herramienta para temple al aceite. Puede ser templado a temperaturas bajas por que sufre pocas deformaciones. Tiene una combinación de cualidades de penetración al temple con una estructura cristalina de grado fino.

Tiene la característica que luego del templado y el revenido adquiere una alta dureza superficial y tenacidad.

a. Aplicaciones típicas:

- Estampado y formado
- Troquelado y perforado
- Matrices y punzones
- Cuchillas para corte de papel
- Clavos de Joyero

b. Composición química - % promedio:

- Carbono 0.95
- Manganeso 1.25
- Silicio 0.30
- Cromo 0.50
- Wolframio 0.50

c. Procedimiento del tratamiento térmico

1. Templado. Como primera observación se debe considerar que para obtener una dureza al núcleo se deben de utilizar piezas con secciones no mayores a 76mm (3in) de espesor.

Para iniciar la pieza se debe introducir al horno de templado y precalentarla a una temperatura entre 675° C a 730° C, este proceso se conoce como “Normalizado”. A continuación se comienza el temple elevando la temperatura entre 790° C a 815° C para que se logre la austenización y se mantiene entre 10 a 30 minutos. Al concluir este lapso de tiempo se saca la pieza del horno y se enfría en aceite el cual no debe de superar los 65° C.

2. Revenido Inmediatamente después de enfriar la pieza se debe comenzar el proceso de revenido el cual consiste en meter la pieza a un horno de revenido a una temperatura entre 175°C y 315°C por un mínimo de 1 hora por cada 25mm de espesor de sección. Finalmente se debe dejar enfriar a temperatura ambiente. El procedimiento debe realizarse dos veces.

Figura 15: Respuesta al tratamiento térmico, acero O1

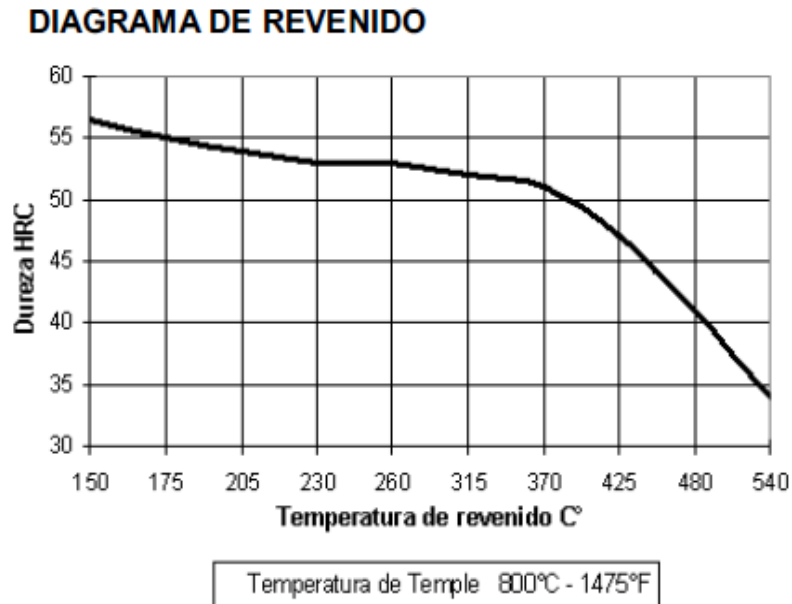
RESPUESTA AL TRATAMIENTO TÉRMICO Dureza y Tenacidad al Impacto

Temple a 800°C (1475°F) Enfriamiento al Aceite

Temperatura de Revenido	HRC	Entalla Charpy C	
		Ft. lbs.	Joules
Temple al Aceite	63-65	---	---
150°C - (300°F)	63-65	14	19
175°C - (350°F)	62-64	28	38
205°C - (400°F)	61-63	30	41
230°C - (450°F)	60-62	---	---
260°C - (500°F)	58-60	30	41
315°C - (600°F)	55-57	32	43
370°C - (700°F)	51-53	---	---
425°C - (800°F)	48-50	---	---
480°C - (900°F)	43-45	---	---
540°C - (1000°F)	39-41	---	---

Los resultados pueden variar dependiendo del método de temple y el tamaño de la pieza.

Figura 16: Diagrama de revenido, acero O1



2. Acero D2 (norma SAE/AISI). Es un acero de alto contenido de carbón y alto contenido de cromo. Tiene una gran estabilidad dimensional, tiene un excelente rendimiento al corte y una gran resistencia al desgaste. Es apto para el temple al aire.

a. Aplicaciones típicas:

- Troquelado fino
- Dados para acuñado
- Partes de desgaste
- Cizallas
- Cuchillas
- Dados de laminación
- Husillos y puntas para inyección de plásticos

b. Composición química - % promedio:

- Carbono 1.55
- Manganeso 0.35
- Silicio 0.35
- Cromo 11.5
- Molibdeno 0.80
- Vanadio 0.80

c. Procedimiento del tratamiento térmico

1. Templado. Para iniciar la pieza se debe introducir al horno de templado y precalentarla a una temperatura entre 595° C a 650° C, y luego volverlo a normalizar a una temperatura entre 760°C y 790°C. A continuación se comienza el temple elevando la temperatura entre 995° C a 1025° C para que se logre la austenización y se mantiene entre 30 a 45 minutos. Al concluir este lapso de tiempo se saca la pieza del horno y se enfría en aceite el cual no debe de superar los 65° C.

2. Revenido Inmediatamente después de enfriar la pieza se debe comenzar el proceso de revenido el cual consiste en meter la pieza a un horno de revenido a una temperatura entre 205°C y 540°C por un mínimo de 1 hora por cada 25mm de espesor de sección. Finalmente se debe dejar enfriar a temperatura ambiente. El procedimiento debe realizarse dos veces.

Figura 17: Respuesta al tratamiento térmico, acero D2

RESPUESTA AL TRATAMIENTO TÉRMICO

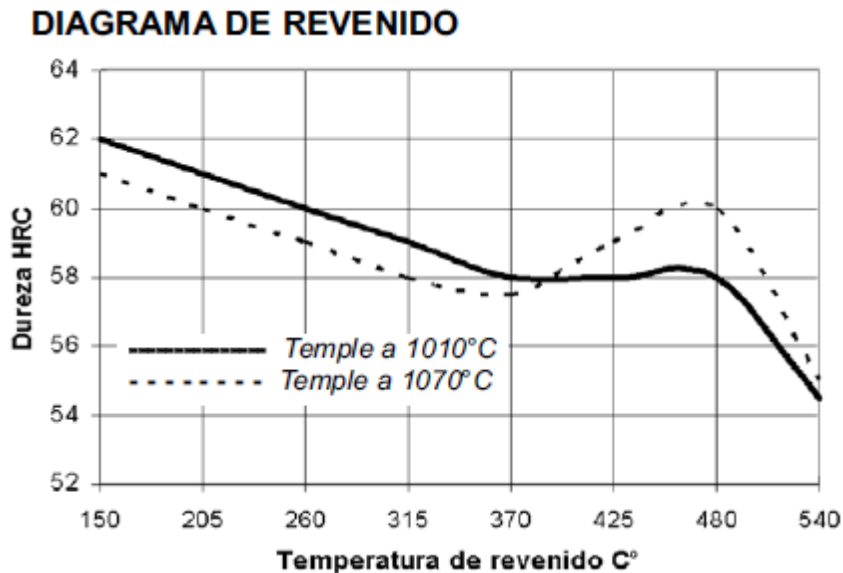
Dureza y Tenacidad al Impacto

Temple a 1010°C (1850°F) Enfriamiento al Aire

Temperatura de Revenido	HRC	Entalla Charpy C	
		Ft. lbs.	Joules
Temple al Aire	63	--	--
150°C - (300°F)	62	17	23
205°C - (400°F)	61	21	29
260°C - (500°F)	60	23	31
315°C - (600°F)	59	22	30
380°C - (700°F)	58	22	30
425°C - (800°F)	58	21	29
480°C - (900°F)	58	21	29
540°C - (1000°F)	55	19	26

Los resultados pueden variar dependiendo del método de temple y el tamaño de la pieza. Enfriamiento al vacío o en atmósfera puede resultar hasta en 1-2 puntos HRC menos.

Figura 18: Diagrama de revenido, acero D2



3. Acero laminado. Es el acero común (laminado en caliente) el cual contiene una gran resistencia a la tracción y compresión. Se caracteriza por su gran elasticidad y ductilidad.

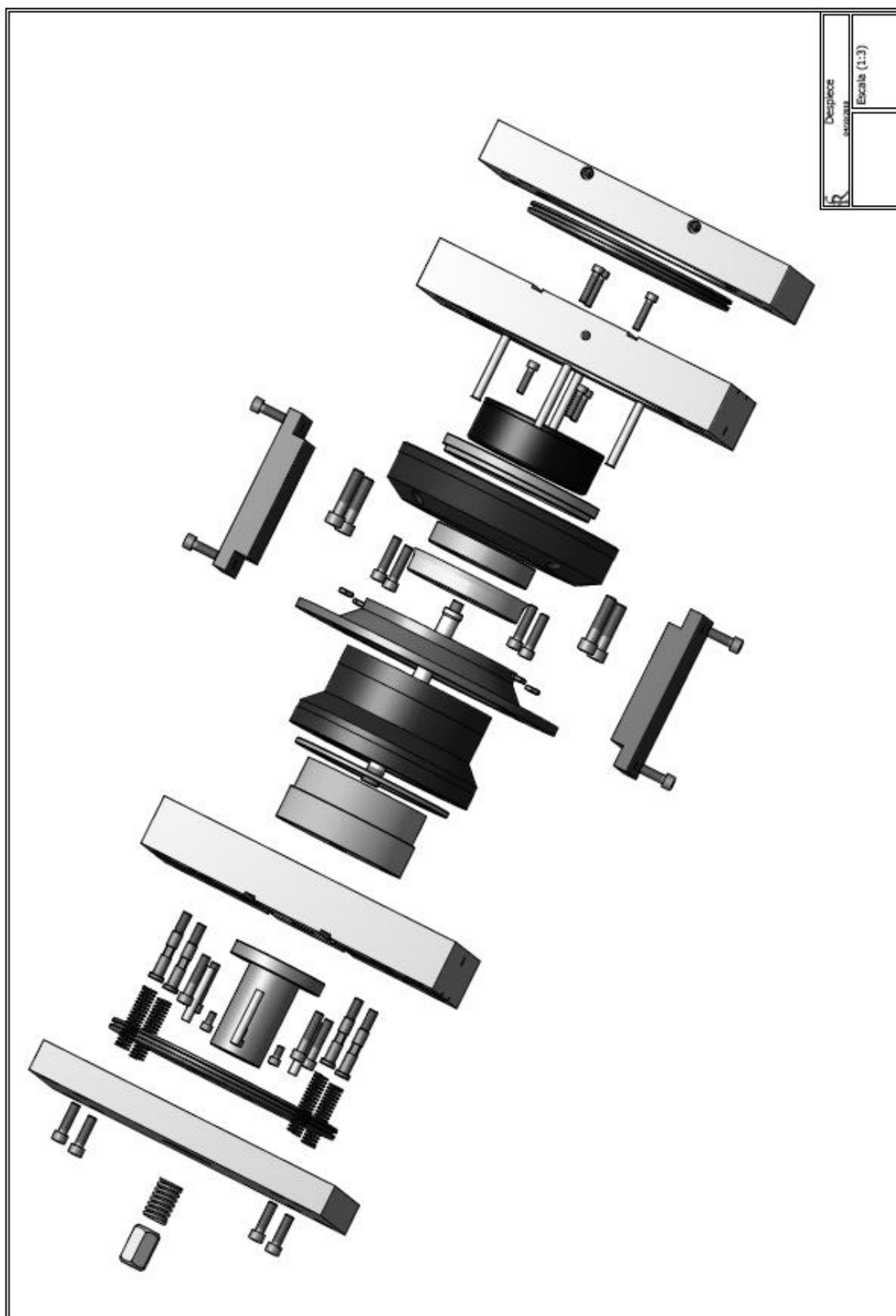
a. Composición química - % promedio:

- Carbono 0.26
- Manganeso 0.60
- Fósforo 0.04
- Azufre 0.05

b. Procedimiento del tratamiento térmico

No requiere de ningún tipo de tratamiento térmico.

Figura 20: Despiece



X. CÁLCULOS Y RESULTADOS

A. Cálculos de embutición

Utilizando el procedimiento que explicó previamente se determinan las dimensiones de la tapa sobrepuesta de 120mm diámetro interno y se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 2: resultados cálculos de embutición

Fuerza de deformación P_d	221.9 Kg
Tensión σ_r sobre la corona circular del recipiente	2.44 kg/mm ²

B. Análisis de esfuerzos y deformaciones

El análisis de esfuerzo y deformaciones consta de cinco diferentes pruebas hechas por un programa de elementos finitos sobre las piezas críticas del troquel. Las pruebas son: Tensión de Von Mises, la cual es la resultante de un sólido en tres dimensiones que tiene seis componentes de esfuerzo, el cual está sometido a esfuerzos multidireccionales. El esfuerzo principal primero, el cual es el valor de la tensión que es normal al plano en el que el esfuerzo es igual a cero, sirve para valorar el esfuerzo máximo de tracción inducida por la carga. El esfuerzo principal tercero, el cual es normal al plano en el que el esfuerzo cortante es igual a cero, sirve para valorar la tensión máxima inducida por la carga. La deformación que sufre el elemento a ser sometido a la carga. Y finalmente el factor de seguridad que resulta del elemento.

1. Ensamble de las piezas críticas

Tabla 3: Análisis de esfuerzos y deformación de ensamble de las piezas críticas

Tipo de análisis	Dimensional	Mínimo	Máximo
Tensión de Von Mises	Mpa	0.01656	31.9502
Esfuerzo principal primero	Mpa	-8.78649	18.9485
Esfuerzo principal tercero	Mpa	-38.307	7.03924
Deformación	mm	0.00	0.00633
Factor de seguridad	-----	8.63219	15.00

Figura 21: Análisis de ensamble tensión de Von Mises

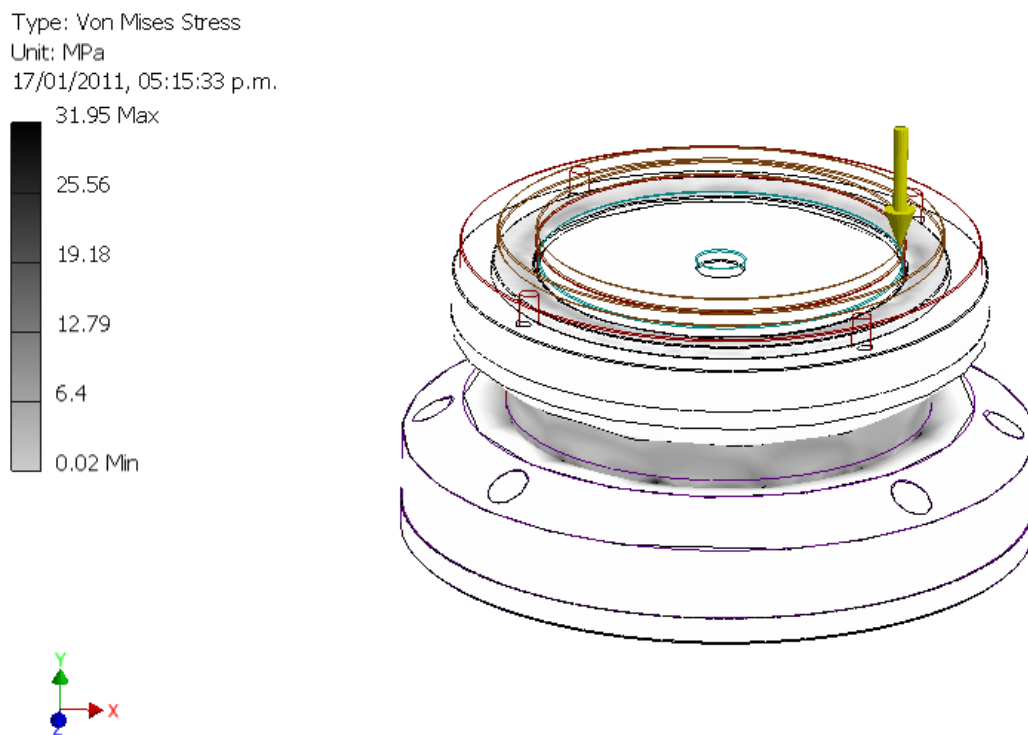
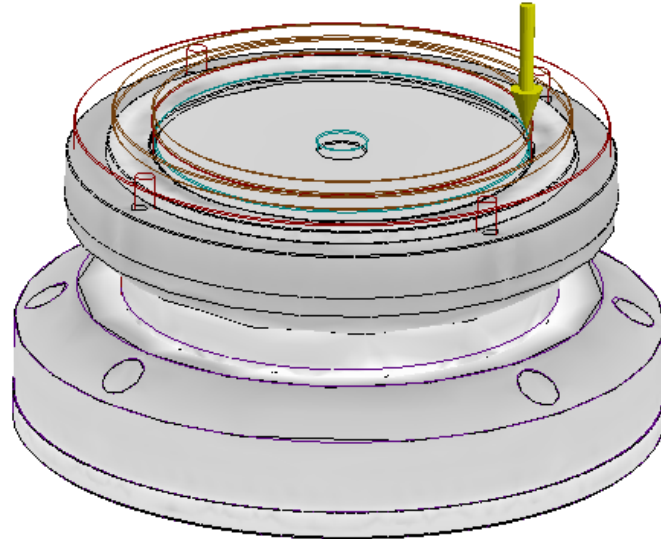
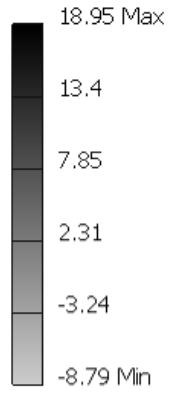


Figura 22: Análisis de ensamble esfuerzo principal primero

Type: 1st Principal Stress
Unit: MPa
17/01/2011, 05:18:11 p.m.



✓

Figura 23: Análisis de ensamble esfuerzo principal tercero

Type: 3rd Principal Stress
Unit: MPa
17/01/2011, 05:19:28 p.m.

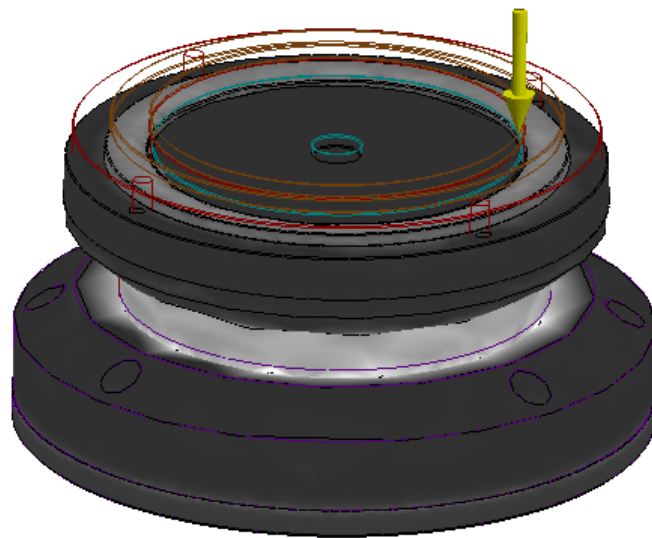
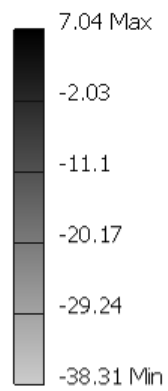


Figura 24: Análisis de ensamble deformación

Type: Displacement
Unit: mm
17/01/2011, 05:20:41 p.m.

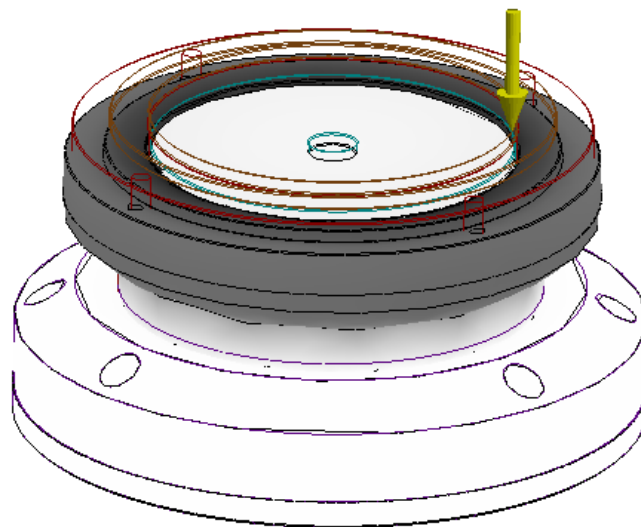
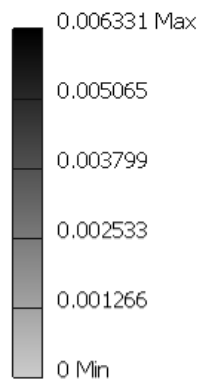
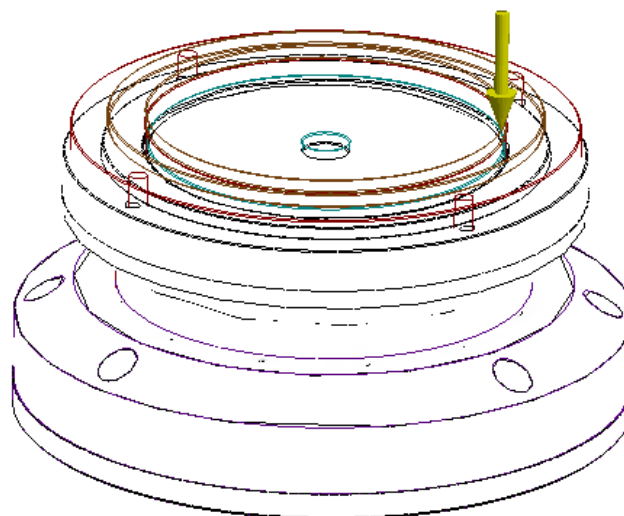
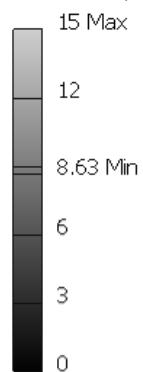


Figura 25: Análisis de ensamble factor de seguridad

Type: Safety Factor
Unit: ul
17/01/2011, 05:21:40 p.m.



2. Filo macho

Tabla 4: Análisis de esfuerzos y deformación de filo macho

Tipo de análisis	Dimensional	Mínimo	Máximo
Tensión de Von Mises	Mpa	0.36	28.91
Esfuerzo principal primero	Mpa	-7.10	13.54
Esfuerzo principal tercero	Mpa	-38.31	5.340
Deformación	mm	0.000418	0.005285
Factor de seguridad	-----	9.54	15.00

Figura 26: Análisis de filo macho tensión de Von Mises

Type: Von Mises Stress
 Unit: MPa
 17/01/2011, 05:24:30 p.m.

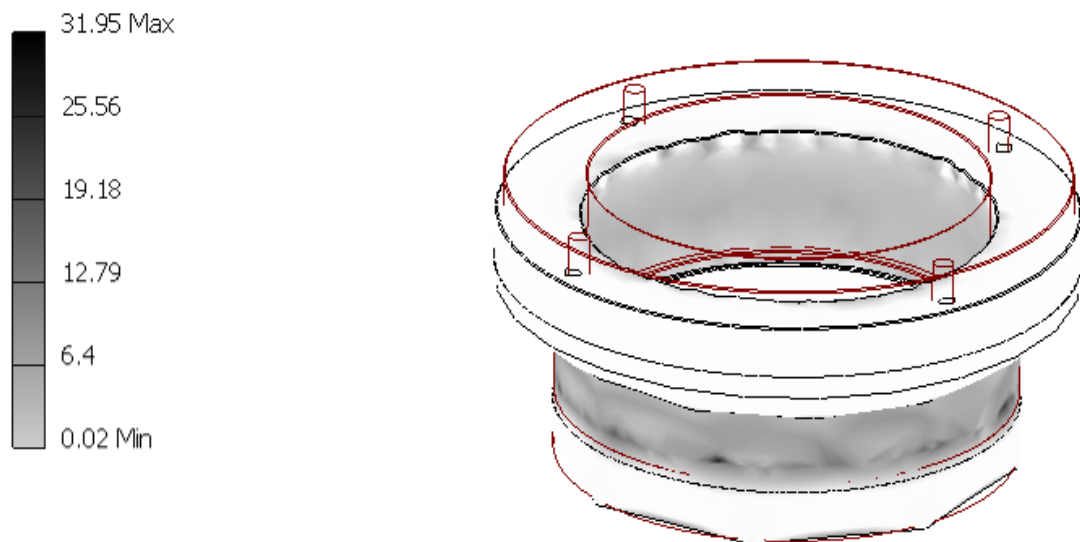


Figura 27: Análisis de filo macho esfuerzo principal primero

Type: 1st Principal Stress
Unit: MPa
17/01/2011, 05:27:44 p.m.

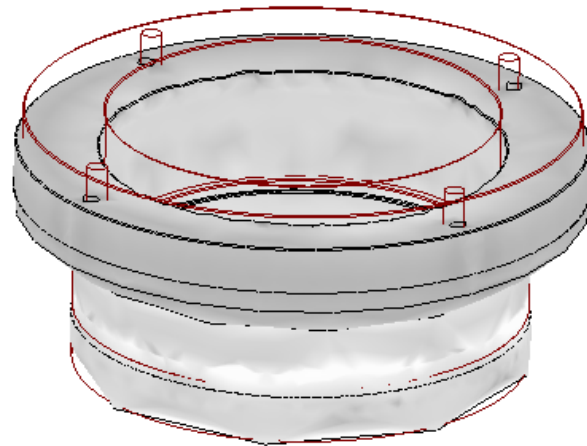
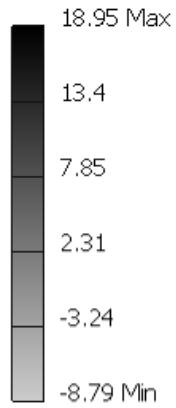


Figura 28: Análisis de filo macho esfuerzo principal tercero

Type: 3rd Principal Stress
Unit: MPa
17/01/2011, 05:28:58 p.m.

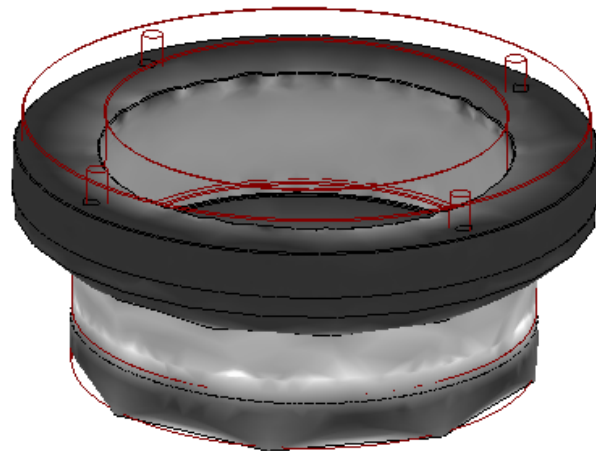
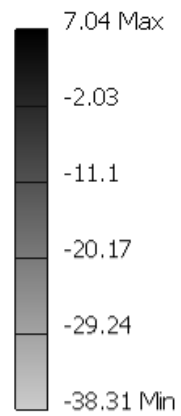


Figura 29: Análisis de filo macho deformación

Type: Displacement
Unit: mm
17/01/2011, 05:29:49 p.m.

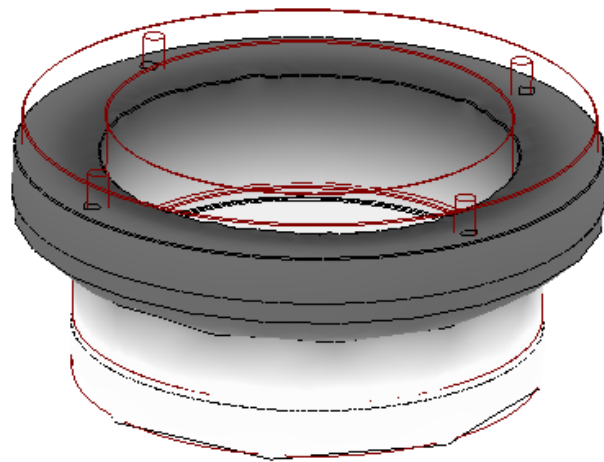
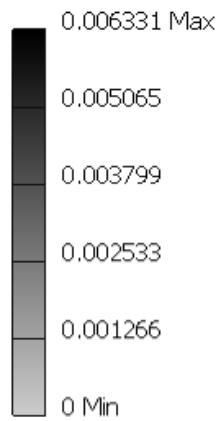
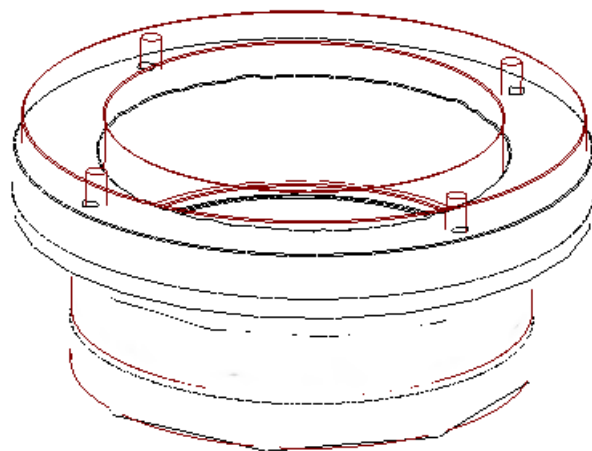
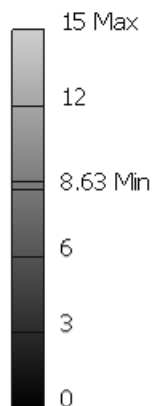


Figura 30: Análisis de filo macho factor de seguridad

Type: Safety Factor
Unit: ul
17/01/2011, 05:30:41 p.m.



3. Filo hembra

Tabla 5: Análisis de esfuerzos y deformación de filo hembra

Tipo de análisis	Dimensional	Mínimo	Máximo
Tensión de Von Mises	Mpa	0.09	22.01
Esfuerzo principal primero	Mpa	-4.495	4.087
Esfuerzo principal tercero	Mpa	-28.39	0.80
Deformación	mm	0.00	0.001419
Factor de seguridad	-----	12.53	15.00

Figura 31: Análisis de filo hembra tensión de Von Mises

Type: Von Mises Stress
 Unit: MPa
 17/01/2011, 05:31:39 p.m.

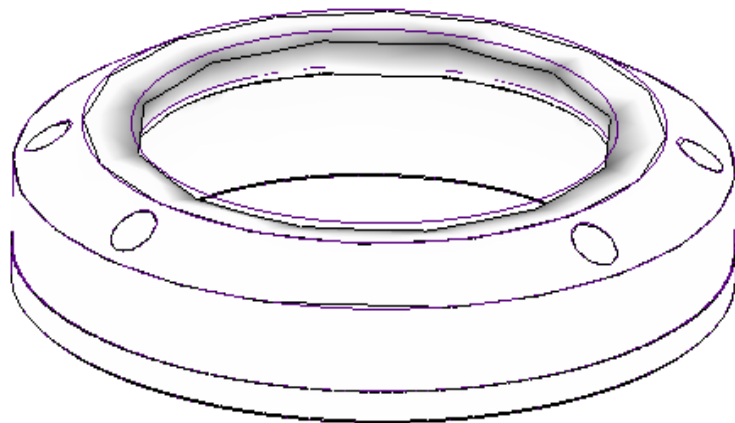
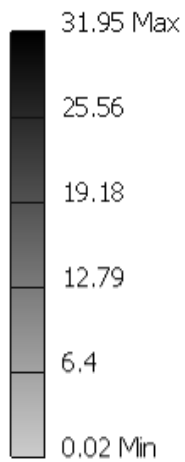
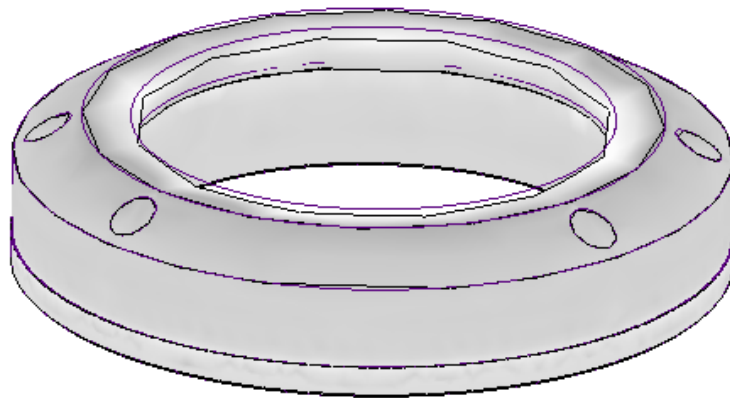
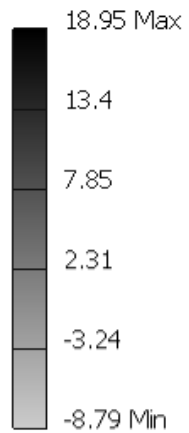


Figura 32: Análisis de filo hembra Esfuerzo principal primero

Type: 1st Principal Stress
Unit: MPa
17/01/2011, 05:32:37 p.m.

**Figura 33: Análisis de filo hembra Esfuerzo principal tercero**

Type: 3rd Principal Stress
Unit: MPa
17/01/2011, 05:33:43 p.m.

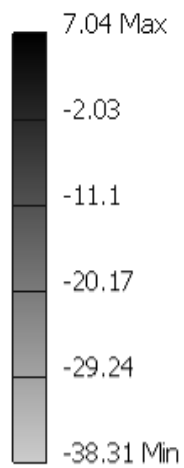


Figura 34: Análisis de filo hembra deformación

Type: Displacement
Unit: mm
17/01/2011, 05:34:20 p.m.

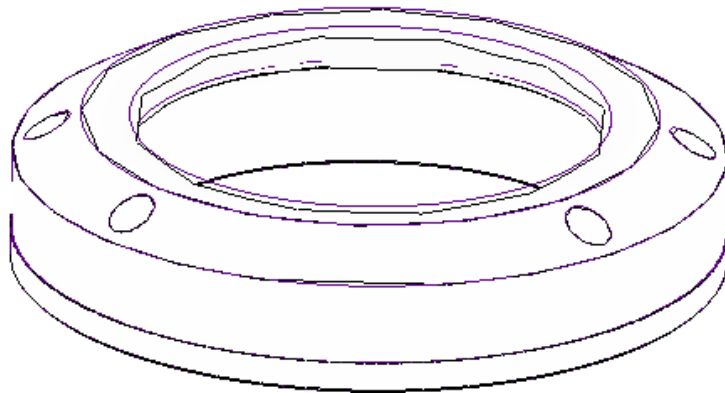
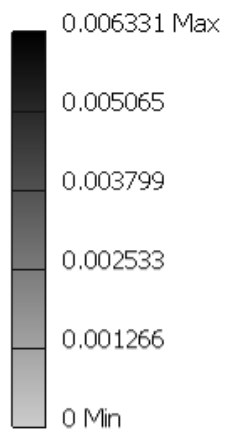
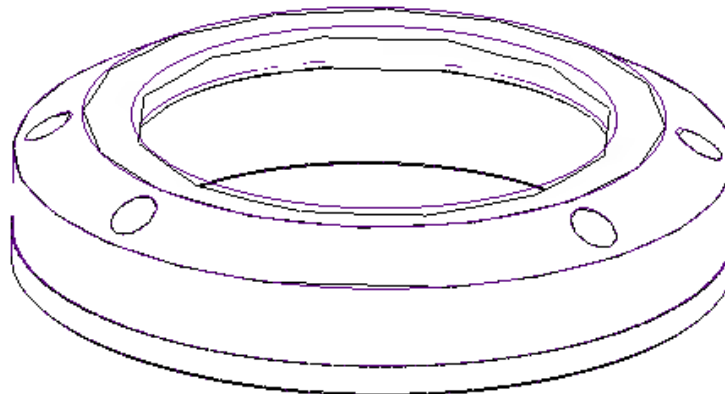
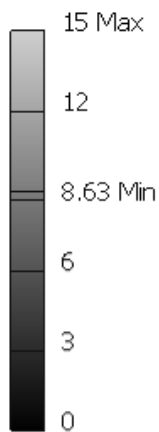


Figura 35: Análisis de filo hembra factor de seguridad

Type: Safety Factor
Unit: ul
17/01/2011, 05:34:57 p.m.



4. Formador superior

Tabla 6: Análisis de esfuerzos y deformación de formador superior

Tipo de análisis	Dimensional	Mínimo	Máximo
Tensión de Von Mises	Mpa	0.021	7.153
Esfuerzo principal primero	Mpa	-1.048	3.272
Esfuerzo principal tercero	Mpa	-8.152	0.888
Deformación	mm	0.000124	0.001625
Factor de seguridad	-----	15.00	15.00

Figura 36: Análisis de formador superior tensión de Von Mises

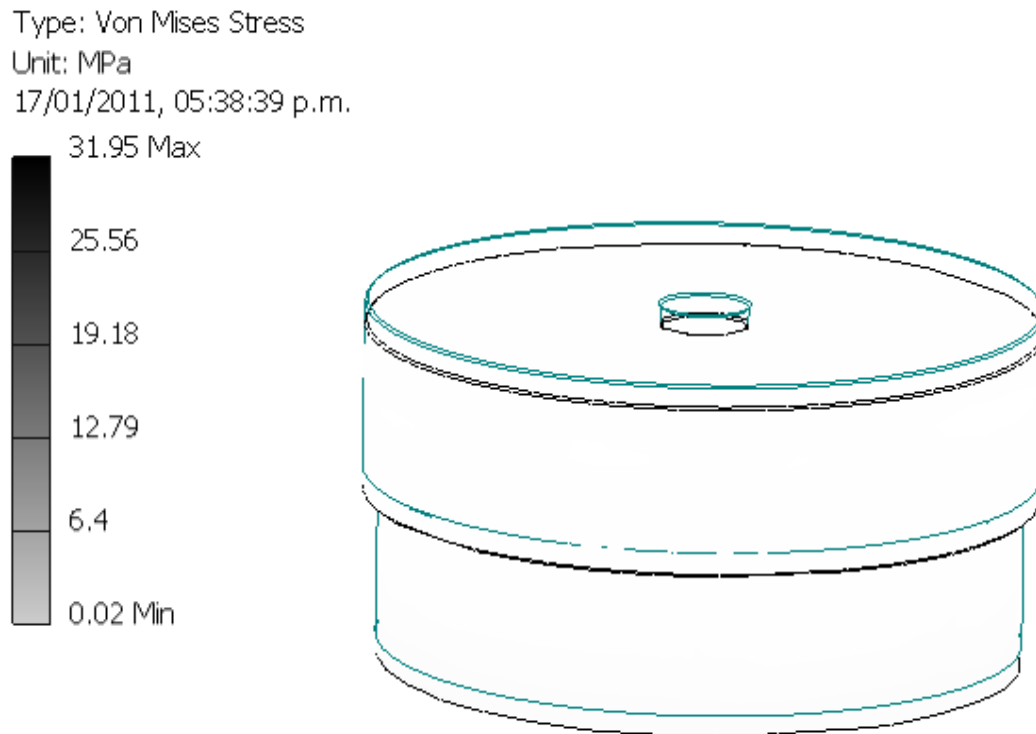
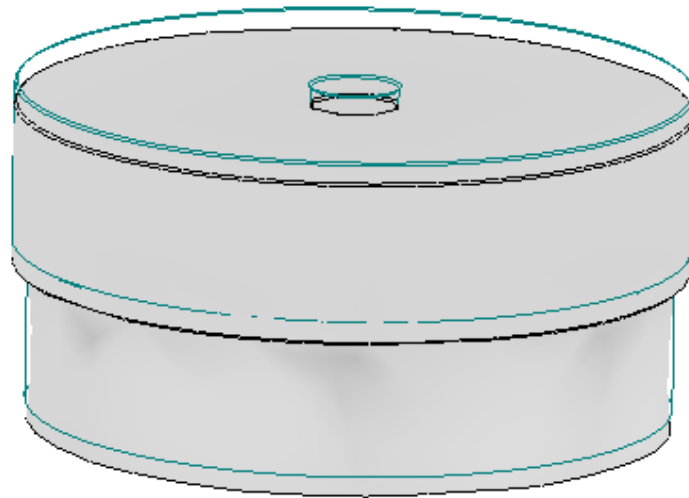
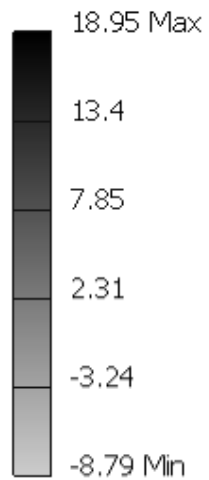


Figura 37: Análisis de formador superior Esfuerzo principal primero

Type: 1st Principal Stress

Unit: MPa

17/01/2011, 05:39:47 p.m.

**Figura 38: Análisis de formador superior Esfuerzo principal tercero**

Type: 3rd Principal Stress

Unit: MPa

17/01/2011, 05:41:17 p.m.

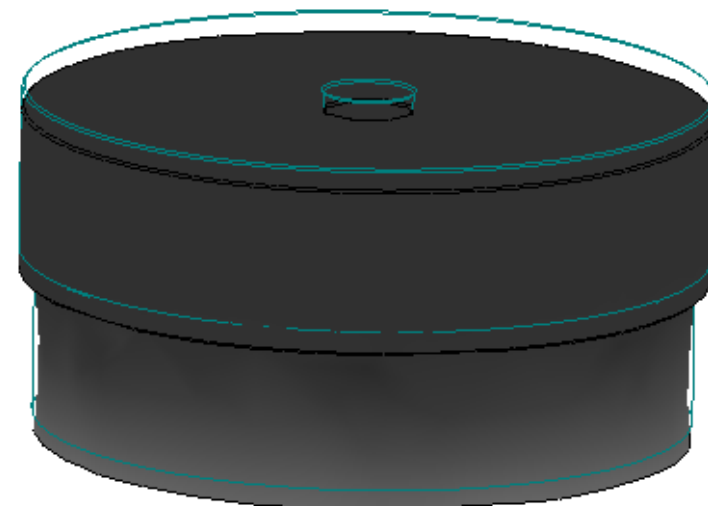
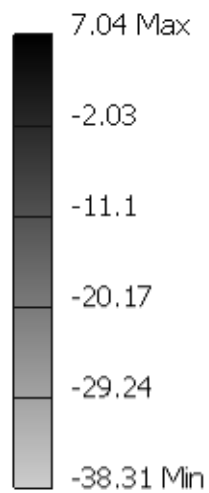


Figura 39: Análisis de formador superior deformación

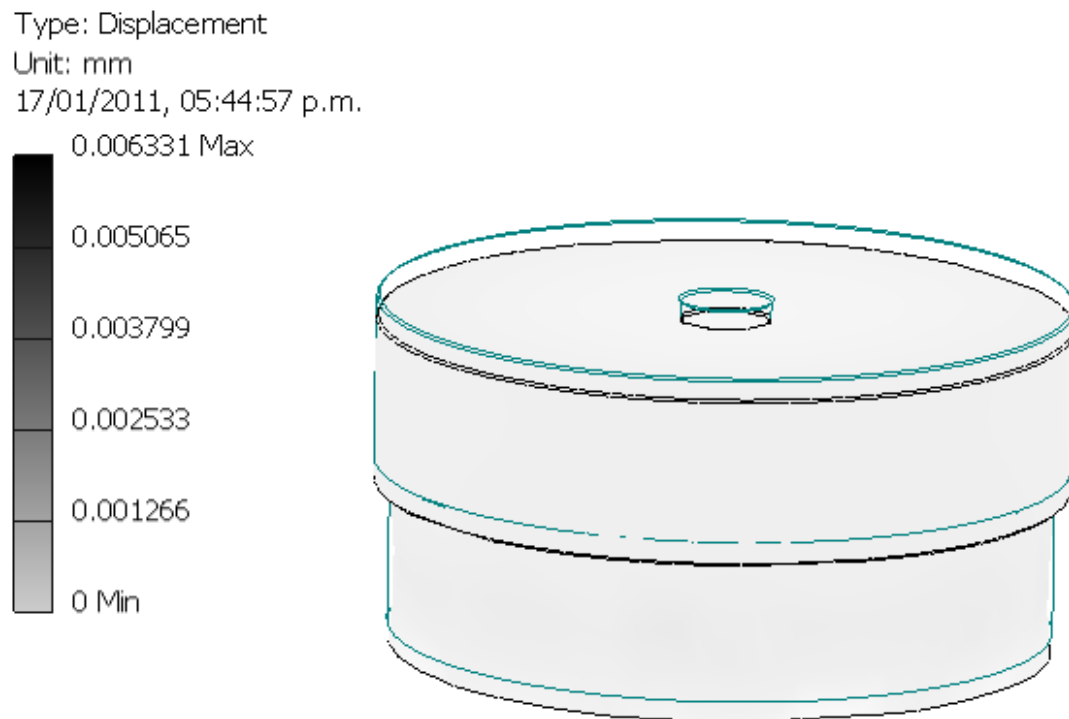
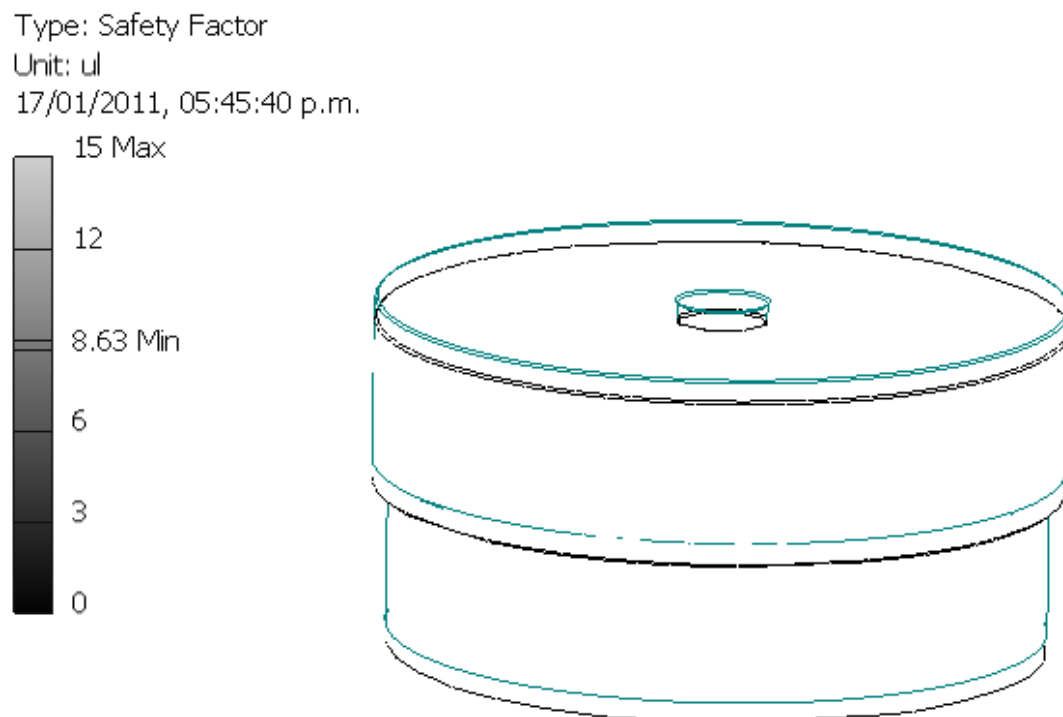


Figura 40: Análisis de formador superior factor de seguridad



5. Formador inferior

Tabla 7: Análisis de esfuerzos y deformación de formador inferior

Tipo de análisis	Dimensional	Mínimo	Máximo
Tensión de Von Mises	Mpa	0.017	2.780
Esfuerzo principal primero	Mpa	-1.137	3.431
Esfuerzo principal tercero	Mpa	-2.96	0.449
Deformación	mm	0.00	0.0001678
Factor de seguridad	-----	15.00	15.00

Figura 41: Análisis de formador inferior tensión de Von Mises

Type: Von Mises Stress
 Unit: MPa
 17/01/2011, 05:48:37 p.m.

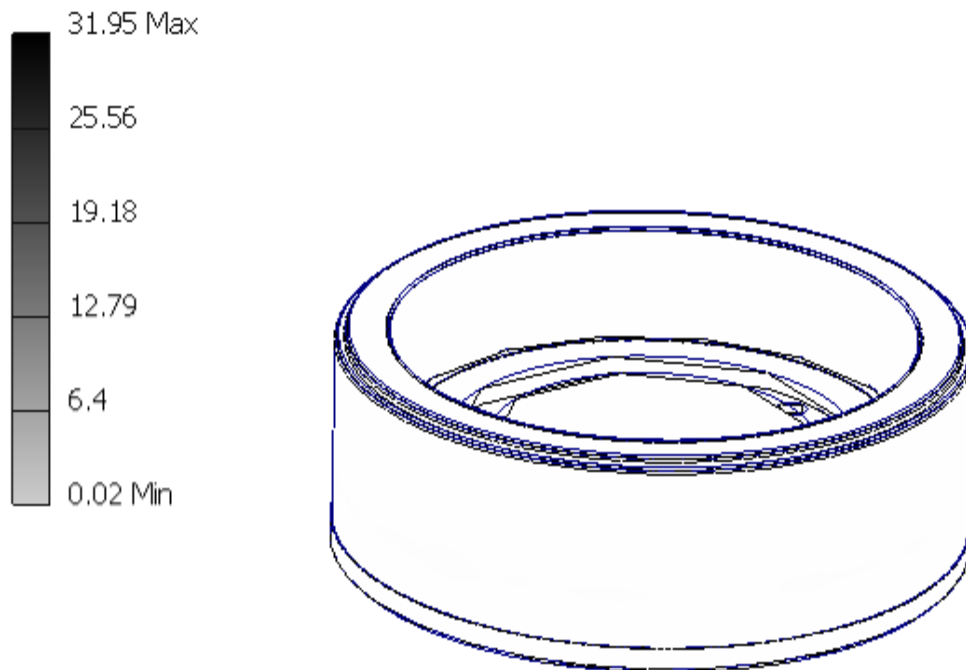
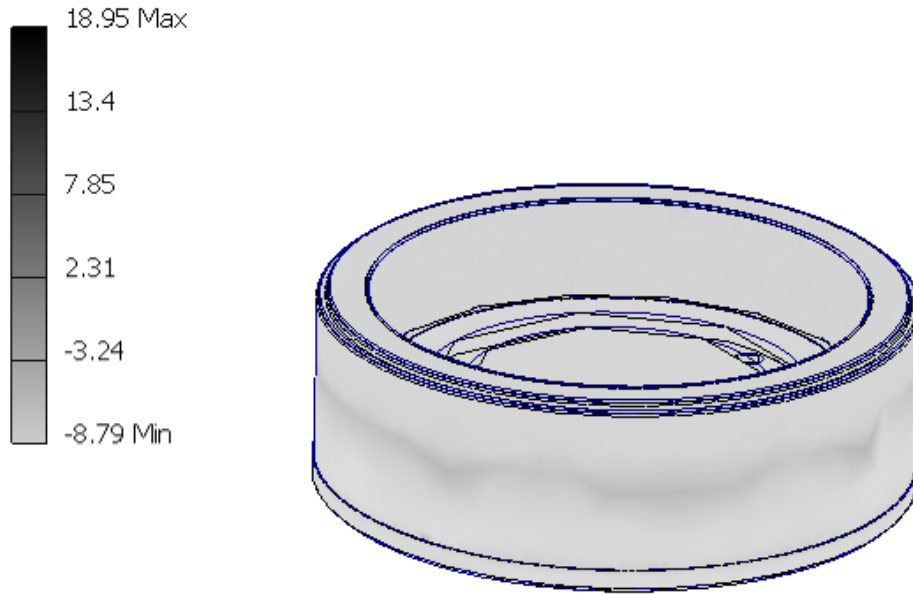


Figura 42: Análisis de formador inferior esfuerzo principal primero

Type: 1st Principal Stress
Unit: MPa
17/01/2011, 05:49:39 p.m.

**Figura 43: Análisis de formador superior esfuerzo principal tercero**

Type: 3rd Principal Stress
Unit: MPa
17/01/2011, 05:50:23 p.m.

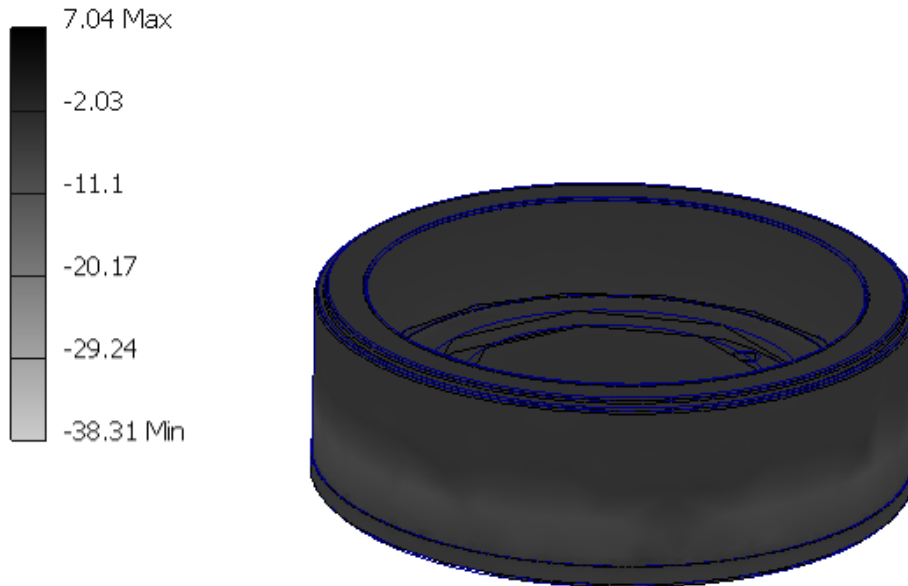


Figura 44: Análisis de formador superior deformación

Type: Displacement
Unit: mm
17/01/2011, 05:51:06 p.m.

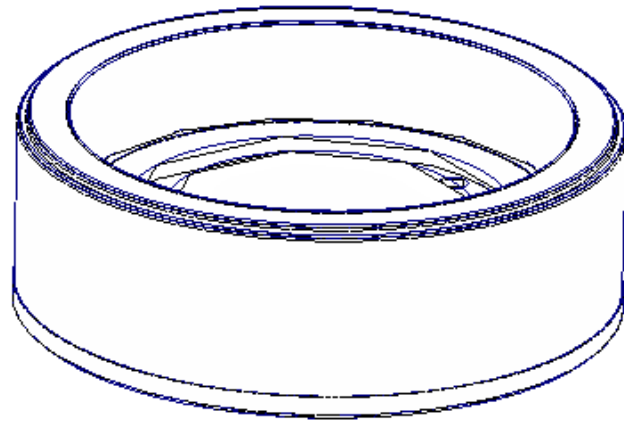
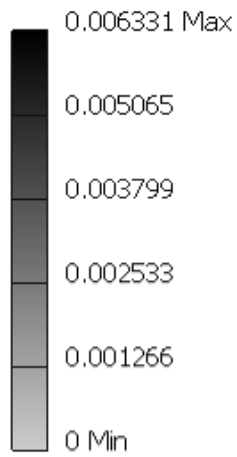
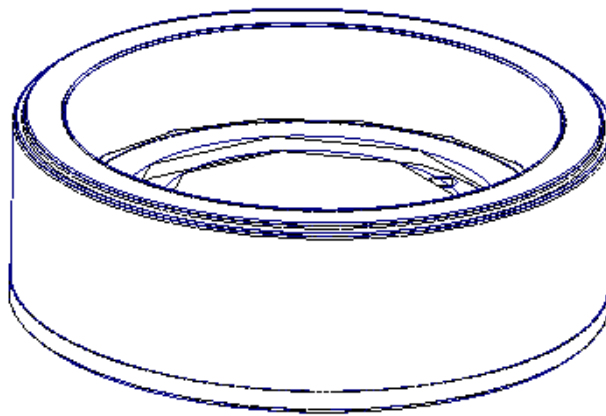
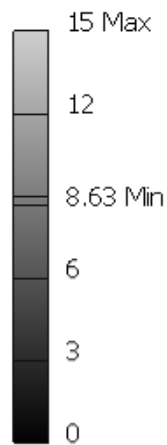


Figura 45: Análisis de formador superior factor de seguridad

Type: Safety Factor
Unit: ul
17/01/2011, 05:51:49 p.m.



6. Planchador / rizador

Tabla 8: Análisis de esfuerzos y deformación de planchador / rizador

Tipo de análisis	Dimensional	Mínimo	Máximo
Tensión de Von Mises	Mpa	0.08	30.4
Esfuerzo principal primero	Mpa	-8.79	14.96
Esfuerzo principal tercero	Mpa	-35.88	4.97
Deformación	mm	0.00	0.000532
Factor de seguridad	-----	9.07	15.00

Figura 46: Análisis de planchador / rizador tensión de Von Mises

Type: Von Mises Stress
 Unit: MPa
 17/01/2011, 05:53:41 p.m.

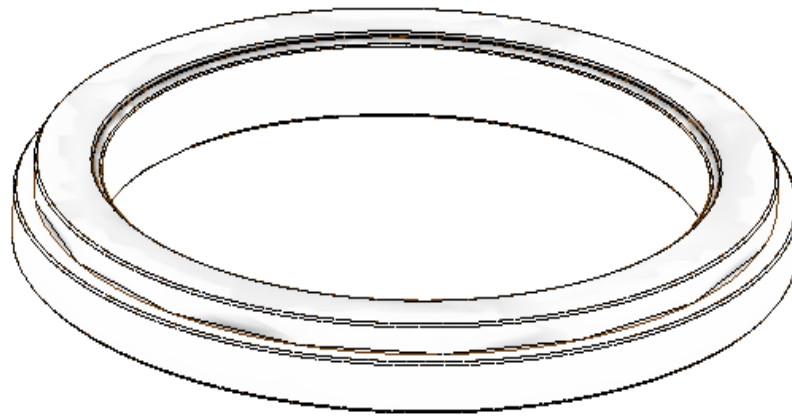
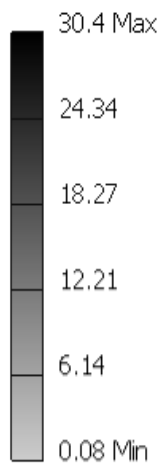


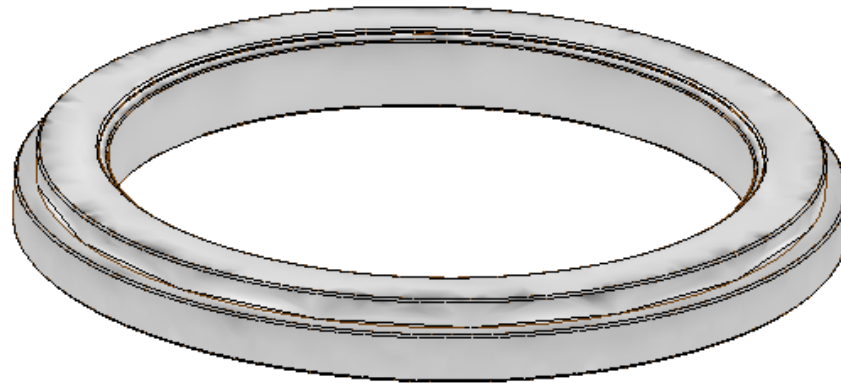
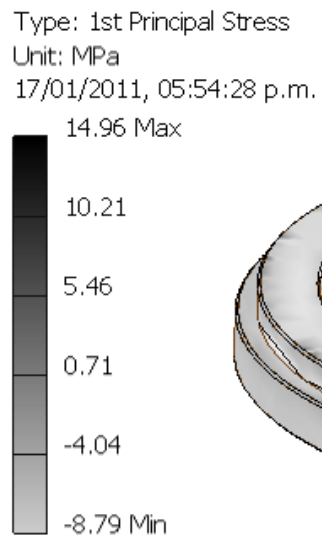
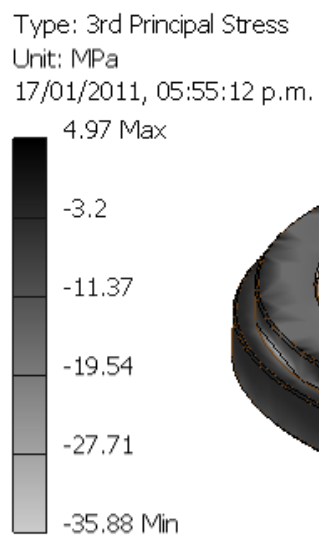
Figura 47: Análisis de planchador / rizador esfuerzo principal primero**Figura 48: Análisis de planchador / rizador esfuerzo principal tercero**

Figura 49: Análisis de planchador / rizador deformación

Type: 3rd Principal Stress
Unit: MPa
17/01/2011, 05:55:12 p.m.

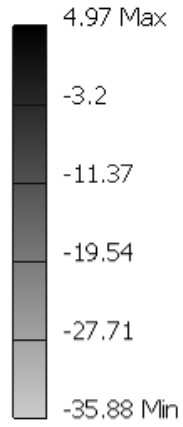
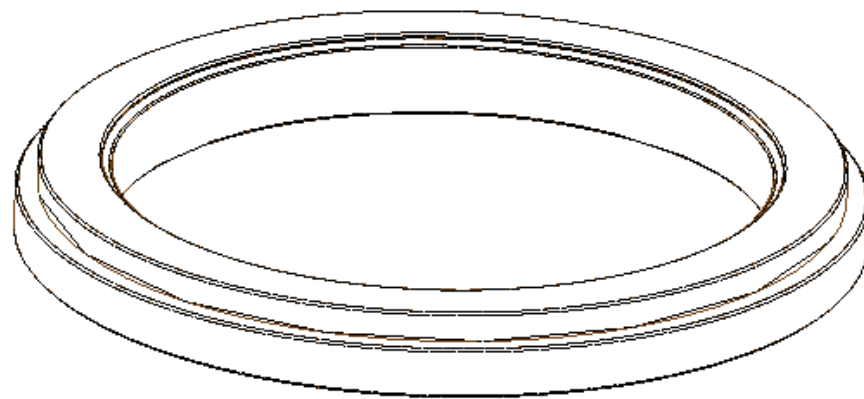
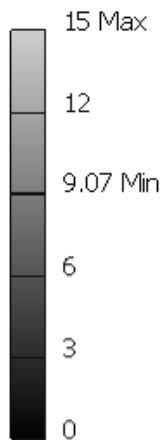


Figura 50: Análisis de planchador / rizador factor de seguridad

Type: Safety Factor
Unit: ul
17/01/2011, 05:56:53 p.m.



XI. Discusión de resultados

Después de realizar los análisis de elementos finitos a las piezas críticas del ensamble se ha podido determinar que el diseño soportará el trabajo al cual estará sometido. Esto se puede deducir ya que la deformación de las piezas no es suficiente como para que el mecanismo se atranque. Además el factor de seguridad mínimo es mayor a 8 por lo que el prototipo soporta más de lo que se esperaba.

Gracias a estos resultados se puede determinar que no es necesario realizar cambios en el diseño de las piezas y tampoco se deben hacer cambios en los materiales seleccionados ni en los tratamientos térmicos de los mismos.

XII. Presupuesto

A. Precio materia prima

Tabla 9: Precio materia prima

O1 redondo			
Diámetro	Longitud	Precio	Proveedor
¾"	12"	Q46.00	Provensa
1"	7 ½"	Q43.00	Provensa
1 ¼"	1 ¾"	Q20.00	Provensa
4"	5 ¼"	Q510.00	Provensa
4 ¾"	1"	Q150.00	Provensa
5 ¼"	2 ½"	Q480.00	Provensa
6 ¼"	¾"	Q220.00	Provensa
6 ½"	3/8"	Q110.00	Provensa
7 ½"	3 ½"	Q1,430.00	Provensa
8 ¼"	¾"	Q330.00	Provensa
9 ¼"	¾"	Q460.00	Provensa
10 ½"	1 ½"	Q720.00	Provensa

D2 redondo			
Diámetro	Longitud	Precio	Proveedor
9"	2"	Q1,465.00	Provensa

CR cuadrado		Precio	Proveedor
12"x12"x2"		Q800.00	Industrias Alpansa S.A.
12"x12"x2"		Q800.00	Industrias Alpansa S.A.
12"x12"x1 ¾"		Q800.00	Industrias Alpansa S.A.
12"x12"x1 ¼"		Q575.00	Industrias Alpansa S.A.
1"x13"x6 ½"		Q310.00	Industrias Alpansa S.A.

Acero plata redondo			
Diámetro	Longitud	Precio	Proveedor
8 milímetros	500 milímetros	Q45.05	Aceros Suecos

B. Precio de fabricación

Tabla 10: Precio de fabricación

Mano de obra	Q 15,000.00
Desgaste maquinaria, herramientas	Q 8,000.00

C. Precio elementos mecánicos

Tabla 11: Precio de elementos mecánicos

Elemento	Cantidad	Precio total	Proveedor
Tornillo M6x12	4	Q6.84	Casa del tornillo S.A.
Tornillo M6x20	2	Q5.24	Casa del tornillo S.A.
Tornillo M6x35	3	Q14.28	Casa del tornillo S.A.
Tornillo M8x30	4	Q21.60	Casa del tornillo S.A.
Tornillo M8x35	4	Q22.40	Casa del tornillo S.A.
Tornillo M8x40	4	Q23.20	Casa del tornillo S.A.
Tuerca M8	4	Q4.44	Casa del tornillo S.A.
Resorte	4	Q59.00	Casa del tornillo S.A.
Resorte	1	Q32.60	Casa del tornillo S.A.

Total costo del Troquel:

Q 32,503.65

XIII. Plan de mantenimiento

Para poder tener una producción de calidad y poder pronosticar los requerimientos para la reparación del troquel, tiene que existir un método para la planeación del mantenimiento del mismo. El método de planeación puede ser simple como un solo individuo en un taller que monitorea las reparaciones en su conocimiento personal, o tan sofisticado como una base de datos computarizada que programa los factores de reparación.

Cualquier sistema debe cumplir los siguientes factores clave:

- Se deben identificar los problemas y la raíz de los mismos.
- La inspecciones calendarizadas y el mantenimiento preventivo son de suma importancia.
- Se debe tener la capacitación para poder hacer las reparaciones adecuadas.
- Se debe estimar una cantidad de tiempo adecuada para hacer cada una de las reparaciones.
- Deben haber medios para priorizar los trabajos atrasados.

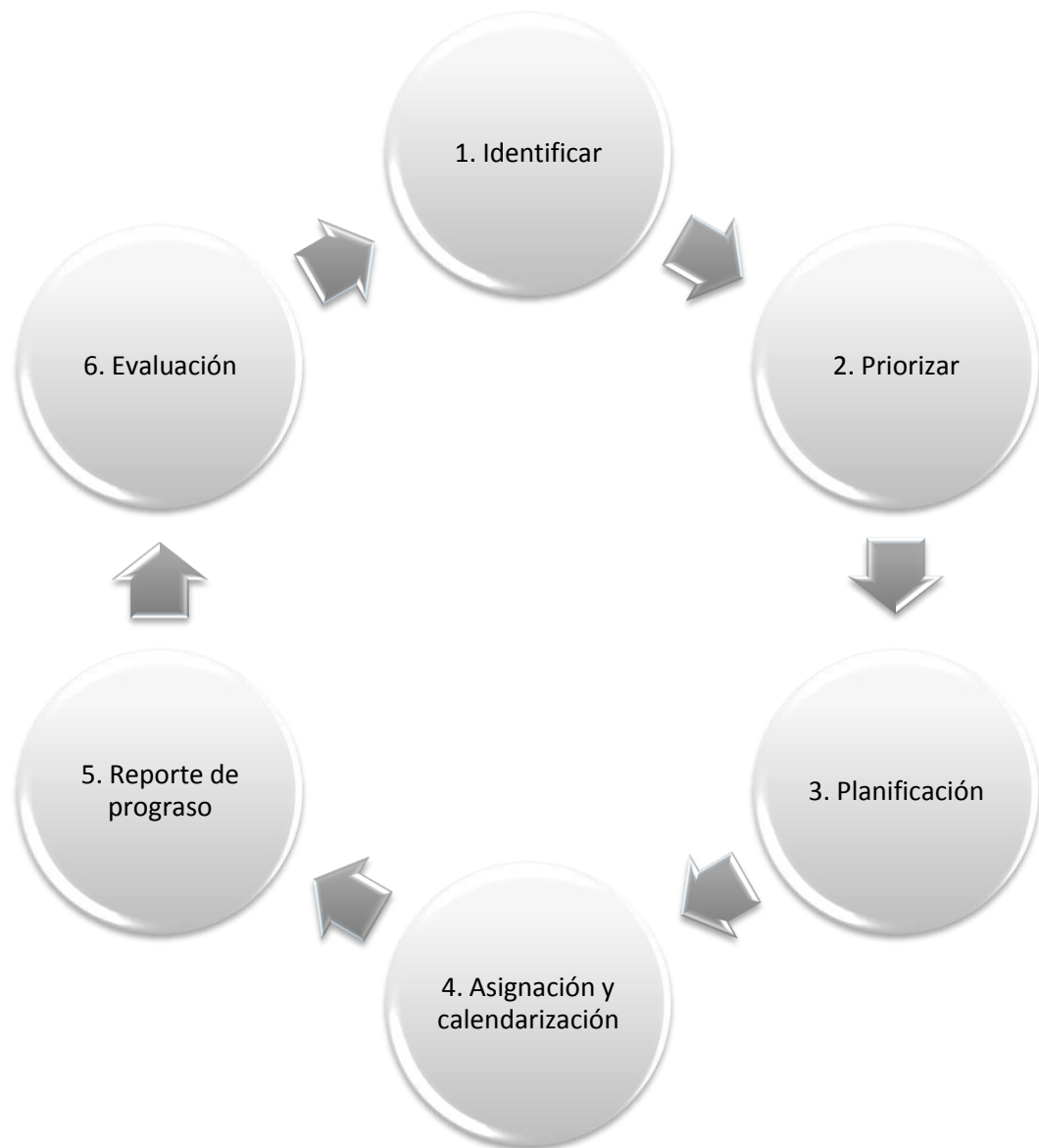
A. Ciclo de gestión de mantenimiento

Se puede implementar un sistema de seis pasos de forma cíclica para realizar todo el procedimiento de mantenimiento:

1. Identificar
 - a. Observación visual
 - b. Resultados del equipo de control de calidad
 - c. Inspecciones de mantenimiento
 - d. Monitoreo de las máquinas
2. Priorizar
 - a. Producción
 - b. Seguridad

- c. Tiempo
 - d. Capacidad para realizar el trabajo
3. Planificación
- a. Secuencia de reparación
 - b. Estado del equipo
 - c. Mano de obra
 - d. Partes / materiales
4. Asignación y calendarización
- a. Obtener materiales
 - b. Equipo disponible
 - c. Equipo o herramientas especiales
 - d. Coordinar trabajos múltiples
 - e. Calendarizar la mano de obra
5. Reporte de progreso
- a. Inconvenientes de trabajo
 - b. Inconvenientes de materiales
 - c. Reporte del estado
 - d. Reporte de atrasos
 - e. Reporte del resultado
6. Evaluación
- a. Estado del trabajo
 - b. Materiales usados
 - c. Análisis de fallos
 - d. Análisis de costos

Figura 51: Procedimiento de mantenimiento



B. Metodología de mantenimiento

El plan de mantenimiento se puede dar mediante la una requisición de tres partes, como se muestra en la Figura 44, la cual podría ser iniciada por un feje de mantenimiento quien daría la descripción del problema en el espacio

correspondiente de la forma. Luego debe reunirse con el jefe de producción para que ambos programen la fecha para comenzar el trabajo y la fecha límite del mismo.

El jefe de mantenimiento debe determinar la causa del problema para poder determinar una solución al problema y además dar un estimado del tiempo que se tardará en hacerse. Normalmente un día es suficiente para reparar una pieza, pero si el daño es demasiado grave y se debe hacer una pieza nueva se deberá tomar dos más días dependiendo de la complejidad de la pieza.

Una vez que la pieza ha sido reparada o se ha terminado un reemplazo esta debe de ser entregada a un personal de mantenimiento la cual debe incorporar la al resto del troquel y realizar diferentes pruebas antes de colocarlo en la prensa de producción.

Figura 52: Requisición de mantenimiento, parte 1

Requisición de mantenimiento de troquel

Inspección / Reparación / Mejora

Parte 1

N° pieza		<u>Descripción del problema</u>		
Nombre de pieza				
Línea				
N° de troquel				
Proceso				
Fecha			Solicitante	
Jefe de sección		Fecha límite		

Figura 53: Requisición de mantenimiento, parte 2

Requisición de mantenimiento de troquel		Parte 2	
Fecha de corrección		<u>Acción correctiva</u>	REVISAR LOS SIGUIENTES PASOS A SEGUIR
Tiempo requerido de corrección			Limpieza correctata del troquel
Fecha de prueba			Todas las partes estan aseguradas
Tiempo requerido de prueba			No hay objetos extraños
Miembro de mantenimiento			Olguras apropiadas
Jefe de sección			Todas las partes estan lubricadas
			El expulsor baja a la altura correcta
		Se ha completado el trabajo	
		Se ha completado la requisición	
Área de pruebas		Firma/Sello	
Banco			
Prensa de pruebas			
Prensa de producción			

Figura 54: Requisición de mantenimiento, parte 3

Producción		Parte 3
Fecha de producción		<u>Resultados de corrección</u>
Jefe de sección		
Operación		

XIV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

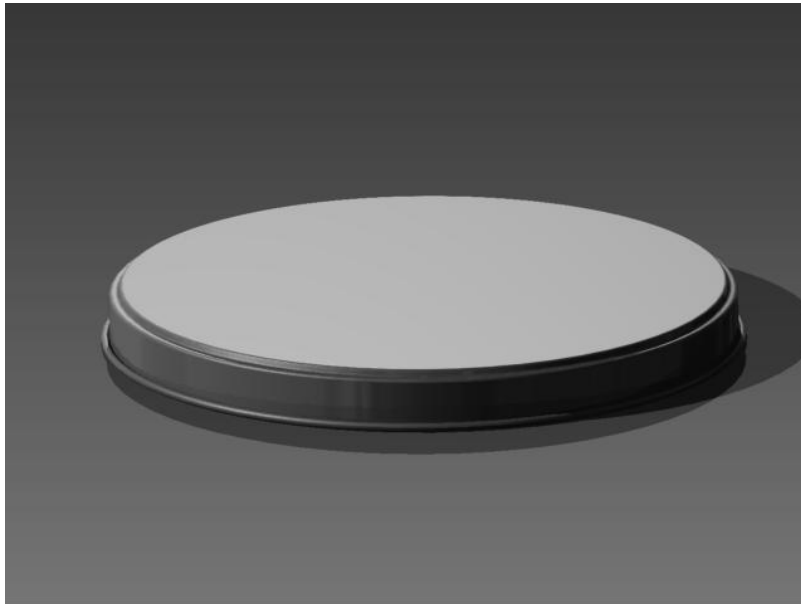
- Se determinó que la mejor alternativa fue la de realizar el diseño y manufactura del troquel dentro de la empresa.
- Gracias al catálogo del proveedor de materia prima, se pudo determinar que la hojalata, la cual será cortada, embutida y rizada, será capaz de soportar los esfuerzos a los cuales será sometida.
- Se logró diseñar de forma exitosa un prototipo virtual gracias a la utilización de programa de dibujo Autodesk Inventor 2011 Versión Estudiantil.
- El análisis de elementos finitos dio como resultado que el diseño es factible para las fuerzas a las que será sometido conservando un factor de seguridad de 8 como mínimo.
- Se recomienda seguir las dimensiones y tolerancias que se indican en los planos del diseño para poder garantizar el funcionamiento adecuado del prototipo.
- Así mismo, se recomienda la utilización de los materiales y tratamientos térmicos de los mismos para poder obtener un comportamiento adecuado de todas las piezas.
- Finalmente se recomienda seguir el plan de mantenimiento que se presenta para poder mantener el troquel en una forma óptima de trabajo y prolongar la vida útil de las piezas de desgaste.

XV. BIBLIOGRAFÍA

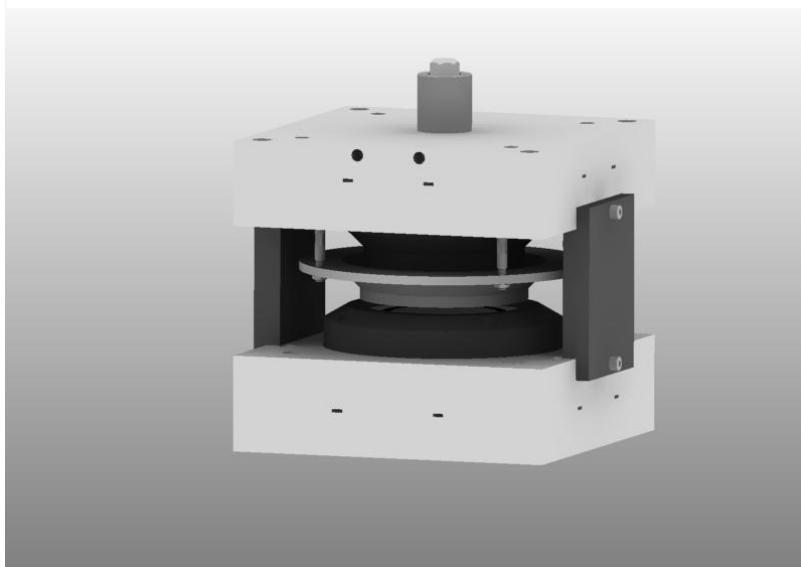
1. Catálogo CSN DWI
2. Catálogo Servicio industrial S.A., 2009, Acero SISA D2, México DF. 1 pag.
3. Catálogo Servicio industrial S.A., 2009, Acero SISA O1, México DF 1 pag.
4. David a Smith, 1990, *Die Design Handbook*, 3° Edition, USA. 879 pag.
5. Mario Rossi, 1964, *Estampado en frío de la chapa*, 7° Edición, Italia. 550 pag.

XV. APÉNDICE

Tapadera sobrepuesta



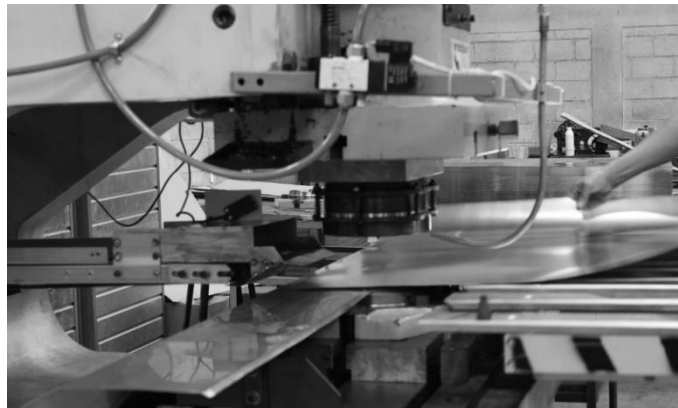
Troquel ensamblado



Ejemplo 1: troquel en prensa



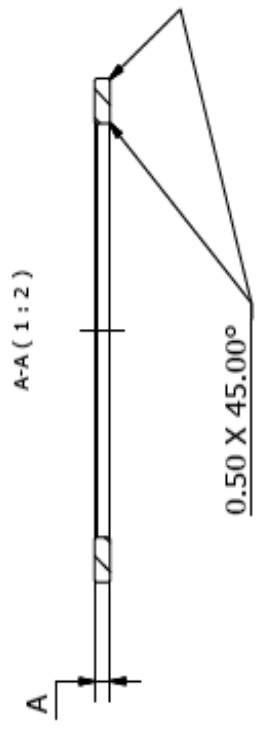
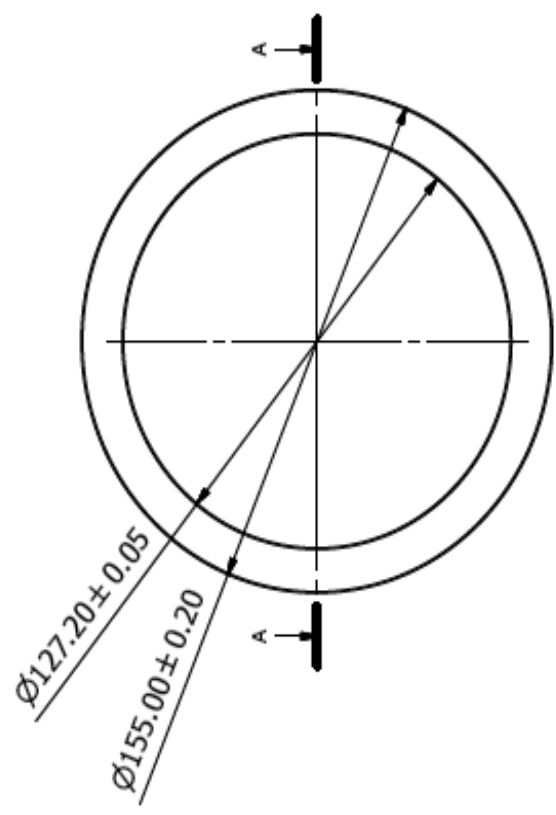
Ejemplo 2: troquel en prensa



Ejemplo 3: troquel en prensa



N° de pieza	Medida A
1	5,00 mm
2	5,50 mm
3	6,00 mm
4	6,50 mm
5	7,00 mm
6	7,50 mm
7	8,00 mm
8	8,50 mm
9	9,00 mm
10	9,50 mm
11	10,00 mm
Tolerancia	+/- 0,01



	Alza filo macho
	15/09/2010
Material: O1	Escala (1:2)
45 HRC	

