

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA  
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA**

**DISEÑO DE MOLDE DE INYECCIÓN MEDIANTE TECNOLOGÍA DE HOT  
RUNNER PARA LA OBTENCIÓN DE TAPAS DE ENVASES**

Trabajo de Titulación para  
optar al Título de Técnico  
Universitario en MATRICERÍA  
PARA PLÁSTICOS Y METALES

Alumno:  
Pablo Andrés Soto Bruna

Profesor Guía:  
Claudio Bahamondes Riquelme

**2018**

## **RESUMEN**

**Keywords:** DISEÑO - MOLDE DE INYECCIÓN - HOT RUNNER - TAPAS DE ENVASES - POLIPROPILENO (PP)

En el presente trabajo de titulación, se encuentra especificado todo lo necesario para llevar a cabo un diseño de un molde de inyección, con tecnología hot runner considerando su diseño y posterior valorización en el mercado.

Para el diseño del producto, se escogió como base el proceso de moldeo por inyección con tecnología hot runner, ya que este método de moldeo ofrece una amplia gama de posibilidades para enfrentar los problemas que aparecieron durante la elaboración de este diseño.

En el Capítulo 1, se dará a conocer lo referente al análisis del producto en sí, destacando características técnicas, dimensiones y el material del producto a inyectar, tomando en cuenta además que su funcionalidad cumpla con las expectativas planteadas.

En el Capítulo 2, se desarrollará el desglose del diseño del molde, los cálculos pertinentes para el buen funcionamiento (sistema de extracción, sistema de refrigeración, contracción, fuerza de cierre, etc.).

En el Capítulo 3, se obtendrán los costos finales del producto, esto implica individualizar los costos de las materias primas tanto para la fabricación del molde, como de los materiales necesarios para el proceso de inyección del exprimidor, dejando además, un margen de utilidad final.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	Pág.
<b>SIGLA Y SIMBOLOGÍA</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>OBJETIVO GENERAL</b>	1
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	2
<b>CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN DEL PRODUCTO</b>	
1. EL PRODUCTO	5
1.1. GENERALIDADES	6
1.2. GEOMETRÍA GENERAL DEL PRODUCTO	7
1.3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PRODUCTO	7
1.3.1. Definición	8
1.3.2. Propiedades generales	9
1.3.3. Propiedades mecánicas y térmicas del PP	9
1.3.4. Aplicaciones del Polipropileno	10
1.4. MATERIAL DE LOS POSTIZOS	11
1.4.1. Definición	12
1.5. PROCESO DE FABRICACIÓN	13
1.6. COMPONENTE DE LA MÁQUINA INYECTORA	14
1.7. UNIDAD DE INYECCIÓN	15
1.8. UNIDAD DE CIERRE	15
1.9. UNIDAD DE POTENCIA	16
1.10. UNIDAD DE CONTROL	17
1.11. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA MÁQUINA INYECTORA	18
1.12. SISTEMA HOT-RUNNER	20
<b>CAPÍTULO 2: DISEÑO DEL MOLDE DE INYECCIÓN</b>	
2. DISEÑO DEL MOLDE DE INYECCIÓN	23
2.1. ELEMENTOS BÁSICOS DEL MOLDE DE INYECCIÓN	23
2.1.1. Anillo de centrado	23
2.1.2. Placa base superior	24
2.1.3. Placa moldeo superior e inferior	25
2.1.4. Placa soporte	26
2.1.5. Sistema de extracción	27
2.1.6. Bujes	27
2.1.7. Columnas	28
2.1.8. Paralelas	28
2.1.9. Placa base inferior	29
2.2. HOT-RUNNER	30
2.3. POSTIZOS	30

2.4.	ENSAMBLE DEL MOLDE	32
2.5.	CONTRACCIÓN	33
2.6.	CÁLCULO DE FUERZAS EN EL MOLDE	35
2.6.1.	Fuerza de cierre	35
2.6.2.	Fuerza expansiva	35
2.7.	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	36
<b>CAPÍTULO 3: COSTOS</b>		
3.	ANÁLISIS DE COSTOS	41
3.2.	COSTOS DEL MOLDE	41
3.2.1.	Costo de Elementos Normalizados (CEN)	41
3.2.2.	Costo de Materiales (CM)	42
3.2.3.	Costo de Diseño (CD)	43
3.2.4.	Costo del Mecanizado (CME)	43
3.2.5.	Costo Total del Molde (CTM)	45
3.2.6.	Costos Maquina Inyectora y Operario (CMIO)	45
3.2.7.	Precio del producto	45
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		47
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		49
<b>ANEXOS:</b>		
ANEXO A: CATÁLOGO TOTALMATRIX® PORTAMOLDES STANDARD		53

### ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1-1. Producto en 3D	5
Figura 1-2. Producto similar	6
Figura 1-3. Cotas generales del producto	7
Figura 1-4. Sistema de codificación	8
Figura 1-5. Algunas aplicaciones de PP	11
Figura 1-6. Acero AISI 420	12
Figura 1-7. Proceso de inyección	14
Figura 1-8. Componente de máquina inyectora	14
Figura 1-9. Unidad de inyección	15
Figura 1-10. Unidad de cierre	16
Figura 1-11. Unidad de potencia	17
Figura 1-12. Máquina inyectora	19
Figura 1-13. Ejemplo de sistema hot runner	20
Figura 1-14. Manifold y distribución de cableado eléctrico	21
Figura 2-1. Elementos básicos de un molde de inyección	23
Figura 2-2. Anillo de centrado	24

Figura 2-3. Placa base superior	25
Figura 2-4. Placa moldeo superior	25
Figura 2-5. Placa moldeo inferior	26
Figura 2-6. Placa soporte	26
Figura 2-7. Sistema de extracción	27
Figura 2-8. Buje	28
Figura 2-9. Columna	28
Figura 2-10. Paralela	29
Figura 2-11. Placa base inferior	29
Figura 2-12. Manifold y casquillos de inyección hot runner	30
Figura 2-13. Postizos parte inferior del producto	31
Figura 2-14. Postizos parte superior del producto	31
Figura 2-15. Postizos posicionados en la placa de moldeo inferior	32
Figura 2-16. Postizos posicionados en la placa de molde superior	32
Figura 2-17. Conjunto molde de inyección con sistema hot runner	33
Figura 2-18. Área proyectada de las piezas	36
Figura 2-19. Disposición del sistema de refrigeración parte superior	37
Figura 2-20. Disposición del sistema de refrigeración parte inferior	38

### **ÍNDICE DE TABLAS**

	Pág.
Tabla 1-1. Propiedades mecánicas del PP	9
Tabla 1-2. Propiedades térmicas del PP	10
Tabla 1-3. Composición química del AISI 420	12
Tabla 1-4. Propiedades físicas y mecánicas del AISI 420	13
Tabla 1-5. Características de la máquina inyectora K. Maffei KM 200	18
Tabla 2-1. Contracción de algunas clases de plásticos	34
Tabla 3-1. Costos de Elementos Normalizados (CEN)	41
Tabla 3-2. Costos de Materiales (CM)	42
Tabla 3-3. Costo de Diseño (CD)	43
Tabla 3-4. Costo del Mecanizado (CME)	43
Tabla 3-5. Costo Máquina Inyectora y Operario (CMIO)	45
Tabla 3-6. Precio del producto	45

### **ÍNDICE DE PLANOS**

Plano N° 1	: Placa base superior
Plano N° 2	: Placa base inferior
Plano N° 3	: Placa de moldeo inferior

Plano N° 4 : Placa de moldeo superior

Plano N° 5 : Placa soporte

Plano N° 6 : Columna

Plano N° 7 : Buje

Plano N° 8 : Sistema hot runner

Plano N° 9 : Manifold

Plano N° 10 : Postizo superior

Plano N° 11 : Postizo inferior

Plano N° 12 : Placas extractoras

Plano N° 13 : Anillo de centrado

Plano N° 14 : Paralela

Plano N° 15 : Placa guía botación



## **SIGLA Y SIMBOLOGÍA**

### **SIGLA**

Ap	: Área proyectada
aprox.	: Aproximadamente
AISI	: American Iron and Steel Institute (Instituto Americano del Hierro y el Acero)
ASTM	: American Society for Testing Materials, (Sociedad Americana de Testeo de Materiales)
BOPP	: Biaxially Oriented Polypropylene (Polipropileno Biorientado)
CAD	: Computer Aided Design, (Diseño Asistido por Computadora)
CAM	: Computer Aided Manufacturing, (Fabricación Asistida por Computadora)
CD	: Compact Disc, (Disco Compacto)
CD	: Costo de Diseño
CEN	: Costo Elementos Normalizados
CM	: Costo de Materiales
CME	: Costo del Mecanizado
CMIO	: Costo Máquina Inyectora y Operario
CNC	: Computer Numerical Control, (Maquinado por Control Numérico)
CTM	: Costo Total del Molde
DVD	: Digital Versatile Disc, (Disco Versatil Digital)
etc.	: Etcétera
$F_{c1}$	: Fuerza de cierre
$F_{e1}$	: Fuerza expansiva
HRC	: Hardness Rockwell C (Dureza Rockwell C)
http	: Hypertext Transfer Protocol, (Protocolo de transferencia de hipertexto)
I	: Dimensión de la pieza a la temperatura ambiente
IVA	: Impuesto al Valor Agregado
Iw	: Dimensión del molde a la temperatura ambiente
Nº	: Número
PAD	: Polietileno de alta densidad
PBD	: Polietileno de baja densidad
PC	: Policarbonato
PE	: Polietileno
Pi	: Presión de inyección
PET	: Polietileno Tereftalato
PID	: Proportional Integral Derivative, (Proporcional Integral Derivativo)
PLC	: Programmable Logic Controller, (Control Lógico Programable)
PP	: Polipropileno
PS	: Poliestireno

PV	: Polivinilo
PVCB	: Cloruro de Polivinilo blando
PVCD	: Cloruro de Polivinilo duro
SAE	: Society of Automotive Engineers, (Sociedad de Ingenieros Automotores)
SPE	: Society of Petroleum Engineers, (Sociedad de Ingenieros Petroleros)
Sv	: Contracción volumétrica
S <sub>1</sub>	: Contracción lineal
UF	: Unidad de Fomento
USM	: Universidad Santa María
UTFSM	: Universidad Técnica Federico Santa María
V	: Volumen de la pieza a la temperatura ambiente
v <sub>w</sub>	: Volumen de la cavidad a la temperatura ambiente
www	: World Wide Web, (Red Informática Mundial)
∅	: Diámetro
.cl	: Dominio de nivel superior geográfico para Chile
.com	: Dominio de nivel superior para empresas comerciales
.com.ec	: Dominio de nivel superior para empresas comerciales, Ecuador
.edu	: Dominio de nivel superior para instituciones educativas
.es	: Dominio de nivel superior geográfico para España
.edu.co	: Dominio de nivel superior para instituciones educativas, Colombia
.it	: Dominio de nivel superior geográfico para Italia
.mx	: Dominio de nivel superior geográfico para México
.org	: Dominio de nivel superior para organizaciones
%	: Porcentaje
\$	: Peso, unidad monetaria de Chile
2D	: Dos dimensiones
3D	: Tres dimensiones

## **SIMBOLOGÍA**

cm	: Centímetro
cm <sup>2</sup>	: Centímetro cuadrado
cm <sup>3</sup>	: Centímetro cúbico
cm <sup>3</sup> /s	: Centímetro cúbico/segundo
g	: Gramo
G	: Giga
Gpa	: Giga Pascal
g/cm <sup>3</sup>	: Gramo/centímetro cúbico
g/s	: Gramo/segundo
hr	: Hora

HB	: Dureza Brinell
Hp	: Caballo de fuerza
J	: Joule
J/(kg·K)	: Joule/kilogramo Kelvin
K	: Kilo
Kg	: Kilogramo
Kgf	: Kilogramo Fuerza
kg/cm <sup>2</sup>	: Kilogramo/centímetro cuadrado
kg/dm <sup>3</sup>	: Kilogramo/decímetro cúbico
kg/hr	: Kilogramo/hora
kg/mm <sup>2</sup>	: Kilogramo/milímetro cuadrado
kgf/cm <sup>3</sup>	: Kilogramo fuerza/centímetro cúbico
kp	: Kilopondio
kp/cm <sup>2</sup>	: Kilopondio/centímetro cuadrado
kW	: KiloWatt
kW/mm	: KiloWatt/milímetro
l	: Litro
m	: Metro
m <sup>2</sup>	: Metro cuadrado
M	: Mega
MHz	: Mega Hertz
mm	: Milímetro
MPa	: Mega pascal
N	: Newton
Pa	: Pascal
s	: Segundo
t	: Tonelada
W	: Watt
W/(m·k)	: Watt/metro Kelvin
°C	: Grado Celsius
°	: Grado
Ω	: Ohm

## **INTRODUCCIÓN**

Motivado por la gran importancia que posee la eficiencia dentro de la matricería de grandes producciones, se decidió diseñar un molde de inyección para tapas con sistema hot-runner como la tecnología de inyección, ya que, este sistema ofrece grandes ventajas de eficiencia, agilidad y delicadeza para entregar un producto de buena calidad.

Este proyecto busca desarrollar un producto funcional con características específicas, dirigido a empresas matriceras que se especialicen en la tecnología hot runner, proponiendo un producto diseñado a partir de las necesidades que exige el día a día.

El material escogido (PP), es un plástico que se obtiene de la polimerización del propileno que fue escogido por su gran resistencia contra diversos solventes químicos; entonces este producto va a cumplir con las necesidades de su producción, entre estas necesidades está: ser fácilmente moldeable, termoconformable y reciclable para así poder cumplir su funcionalidad correctamente al momento de utilizar el producto; entre las funcionalidades del producto están el sellar, hermetizar y proteger el producto que se encuentre dentro del envase.

El sistema a desarrollar en el presente trabajo es el sistema hot-runner. La principal característica de este sistema es que no se necesita canal de alimentación para que el plástico llegue a las cavidades, ya que el punto de inyección se encuentra ubicado directamente en la cavidad reduciendo así la cantidad de plástico inyectado ahorrando material y tiempo en el proceso de inyección.

Luego de establecer el proceso de producción se procederá a analizar los costos del proyecto, donde está el costo total que tendrá el molde en cuestión, tomando en cuenta el costo de diseño, costo de elemento normalizado, costo de materiales, costo de elementos, costo del mecanizado, entre otros, y así dar el costo final del producto que saldrá al mercado.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Aplicar los conocimientos adquiridos en la carrera de Técnico Universitario en Matricería para Plásticos y Metales y por consiguiente diseñar un Molde con Sistema Hot Runner para la obtención de Tapas.

**OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diseñar un producto de calidad adecuándose a las exigencias del mercado;
- Plantear soluciones adecuadas a los problemas que se presenten durante el diseño del molde para una futura construcción óptima;
- Modelar por medio de software en 2D y 3D, los cuales forman parte fundamental para llevar a cabo un diseño adecuado de un molde, y
- Calcular y estimar los costos que tendrá el proyecto, si es llevado a acabo.

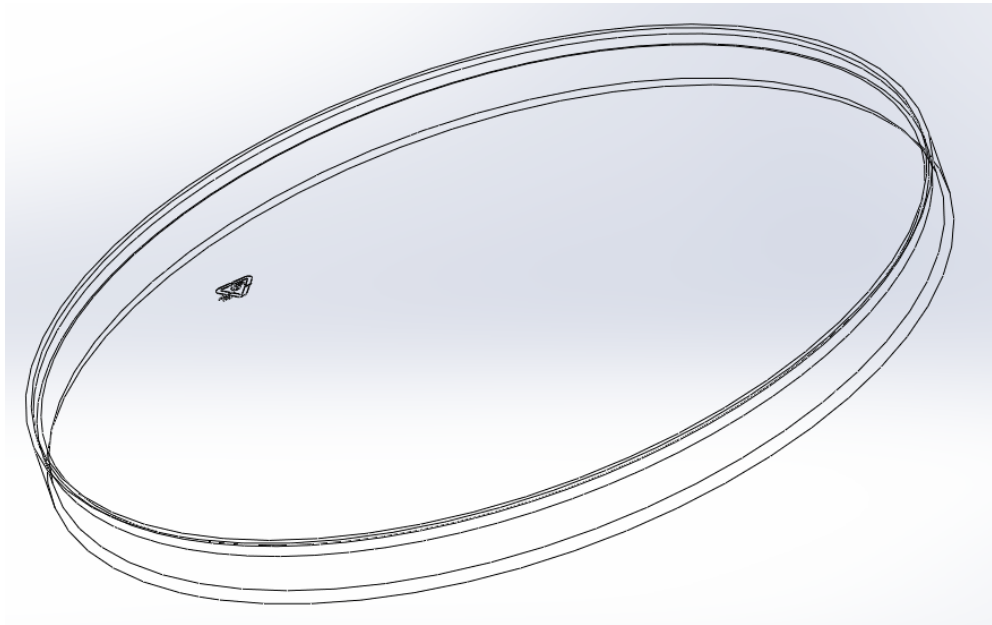
## **CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN DEL PRODUCTO**



## **1. EL PRODUCTO**

El producto a desarrollar es una tapa que sirve para sellar un envase de papas fritas.

Las dimensiones de la tapa, fueron basadas en los envases de papas que se distribuyen en producción actualmente en el mercado.



Fuente: Elaboración propia, basado en software Inventor 2012

Figura 1-1. Producto en 3D



Fuente: <http://www.corchetero.com/fotogaceta/2012/08/>

Figura 1-2. Producto similar

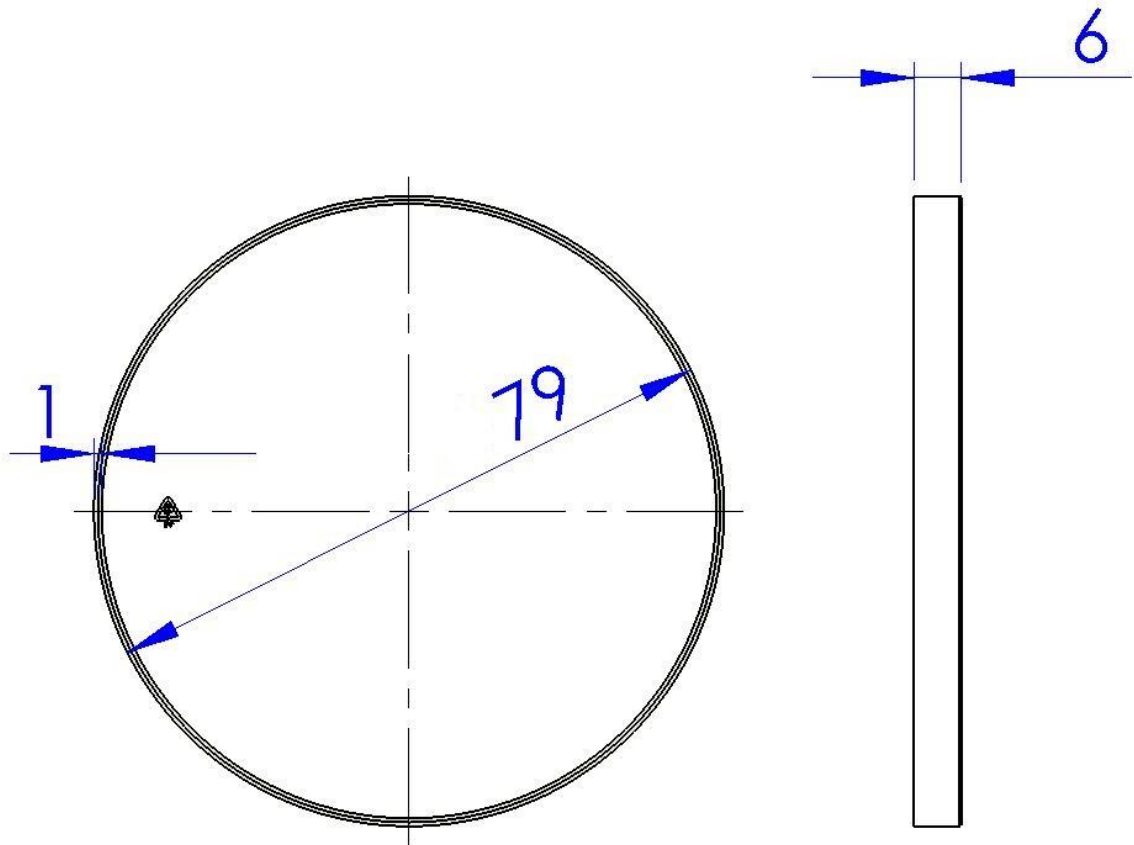
### 1.1. **GENERALIDADES**

La tapa para envase cumple la función de:

- Proteger el sellador que permite hermetizar el producto contenido en el envase, y
- Entregar información acerca del tipo de material utilizado para fabricar el producto.

El producto será obtenido por medio de un molde de inyección con sistema hot runner en el que las cavidades estarán conformadas por postizos macho y hembra además del sistema hot runner inserto en la placa de moldeo superior.

## 1.2. GEOMETRÍA GENERAL DEL PRODUCTO



Fuente: Elaboración propia, basado en software SolidWorks

Figura 1-3. Cotas generales del producto

## 1.3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PRODUCTO

Para poder llegar a una conclusión sobre el material adecuado para la futura construcción del molde, se deben analizar las distintas posibilidades con el fin de llegar a una opción concreta acerca de qué material se va a utilizar, tomando en cuenta las diferentes características que poseen los distintos tipos de plásticos.

La elección del material se basa en las siguientes cualidades:

- Buena calidad superficial;
- Buena apariencia luego de extraída la pieza del molde, y
- Buenas propiedades mecánicas ya que este, debe soportar distintos tipos de esfuerzos de manera óptima.

Luego de haber analizado otros materiales, principalmente el Policarbonato en primera instancia, se decidió que el material para fabricar la tapa para envase debe ser el Polipropileno (PP).

### 1.3.1. Definición

El Polipropileno (PP) es el polímero termoplástico, parcialmente cristalino, que se obtiene de la polimerización del propileno (o propeno). Pertenece al grupo de las poliolefinas y es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes. Tiene gran resistencia contra diversos solventes químicos.



Fuente: <http://reciclario.com.ar/indice/plastico-2/polipropileno-o-pp-5/>

Figura 1-4. Sistema de codificación

Por su mecanismo de polimerización, el PP es un polímero de reacción en cadena ("de adición" según la antigua nomenclatura de Carothers). Por su composición química es un polímero vinílico (cadena principal formada exclusivamente por átomos de carbono) y en particular una poliolefina.

Se decidió optar por este polímero, debido a las óptimas propiedades mecánicas que garantizan un buen desempeño al momento de ocupar el producto para lo que está destinado.

### 1.3.2. Propiedades generales

- Menor densidad: el PP tiene un peso específico entre 0,9 y 0,91 g/cm<sup>3</sup>;
- Temperatura de reblandecimiento más alta;
- Gran resistencia al agrietamiento, y
- Mayor tendencia a ser oxidado (problema normalmente resuelto mediante la adición de antioxidantes).

### 1.3.3. Propiedades mecánicas y térmicas del PP

Las propiedades mecánicas del PP son:

Tabla 1-1. Propiedades mecánicas del PP

<b>PROPIEDAD</b>	<b>PP HOMOPOLÍMERO</b>	<b>PP COPOLÍMERO</b>
Módulo elástico en tracción (GPa)	1,1 a 1,6	0,7 a 1,4
Alargamiento de rotura en tracción (%)	100 a 600	450 a 900
Carga de rotura en tracción (MPa)	31 a 42	28 a 38
Módulo de flexión (GPa)	1,19 a 1,75	0,42 a 1,40
Resistencia al impacto Charpy (kJ/m <sup>2</sup> )	4 a 20	9 a 40
Dureza Shore D	72 a 74	67 a 73

Fuente: <http://www.plasticbages.com>

Tabla 1-2. Propiedades térmicas del PP

PROPIEDAD	PP HOMOPOLÍMERO	PP COPOLÍMERO
Temperatura de fusión (°C)	160 a 170	130 a 168
Temperatura máxima de uso continuo (°C)	100	100
Temperatura de transición vítrea (°C)	-10	-20

<http://www.plasticbages.com>

#### 1.3.4. Aplicaciones del Polipropileno

El Polipropileno ha sido uno de los plásticos con mayor crecimiento en los últimos años y se prevé que su consumo continúe creciendo más que el de los otros grandes termoplásticos (PE, PS, PVC, PET). En 2005 la producción y el consumo de PP en la Unión Europea fueron de 9 y 8 millones de toneladas respectivamente, un volumen sólo inferior al del PE. El PP es transformado mediante muchos procesos diferentes. Los más utilizados son:

- Moldeo por inyección de una gran diversidad de piezas, desde juguetes hasta parachoques de automóviles;
- Moldeo por soplado de recipientes huecos como por ejemplo botellas o depósitos de combustible;
- Termoformado de, por ejemplo, contenedores de alimentos. En particular se utiliza PP para aplicaciones que requieren resistencia a alta temperatura (microondas) o baja temperatura (congelados);
- Producción de fibras, tanto tejidas como no tejidas;
- Extrusión de perfiles, láminas y tubos, y
- Producción de película, en particular:
  - a) Película de Polipropileno Biorientado (BOPP), la más extendida, representando más del 20 % del mercado del embalaje flexible en Europa Occidental.
  - b) Película moldeada ("cast film").
  - c) Película soplada ("blown film"), un mercado pequeño actualmente (2007) pero en rápido crecimiento.
  - d) El PP es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones, que incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes.

- e) Tiene gran resistencia contra diversos solventes químicos, así como contra álcalis y ácidos.



Fuente: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com>

Figura 1-5. Algunas aplicaciones del PP

#### 1.4. **MATERIAL DE LOS POSTIZOS**

Tomando en cuenta que los moldes de inyección deben someterse a mantenencias periódicas, se diseñó un molde con cavidades postizadas para facilitar dicha mantención.

Para este molde, se utilizarán postizos de acero AISI 420, ya que posee las características necesarias para un buen funcionamiento dentro del molde. Estas características son:

- Es ideal para usos en que se requiera una alta resistencia al desgaste y una resistencia a la corrosión media;
- Mantiene y difunde bien el calor, y
- Es resistente a la compresión (compresión que se podría generar con la fuerza de cierre del molde).

Una vez analizadas estas características, se llegó a la conclusión final de que el material adecuado para construir los postizos es el acero AISI 420.



Fuente: <http://www.piyush-steel.com>

Figura 1-6. Acero AISI 420

#### 1.4.1. Definición

El acero AISI 420 es un acero inoxidable martensítico, que tiene una excelente respuesta al tratamiento térmico de temple y revenido, puede ser endurecido a la máxima dureza entre 48 y 52 HRC. Cuando se destinan a los moldes de inyección de plástico entrega excelentes propiedades de pulido, resistencia a la corrosión en diferentes ambientes, y posee una buena resistencia al desgaste.

Tabla 1-3. Composición química del AISI 420

<b>ELEMENTO QUÍMICO</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
Carbono	0,4
Manganeso	0,5
Silicio	0,4
Cromo	13,5
Vanadio	0,25

<http://www.ggdmetals.com.br>

Las propiedades físicas y mecánicas del AISI 420, son las siguientes:

Tabla 1-4. Propiedades físicas y mecánicas del AISI 420

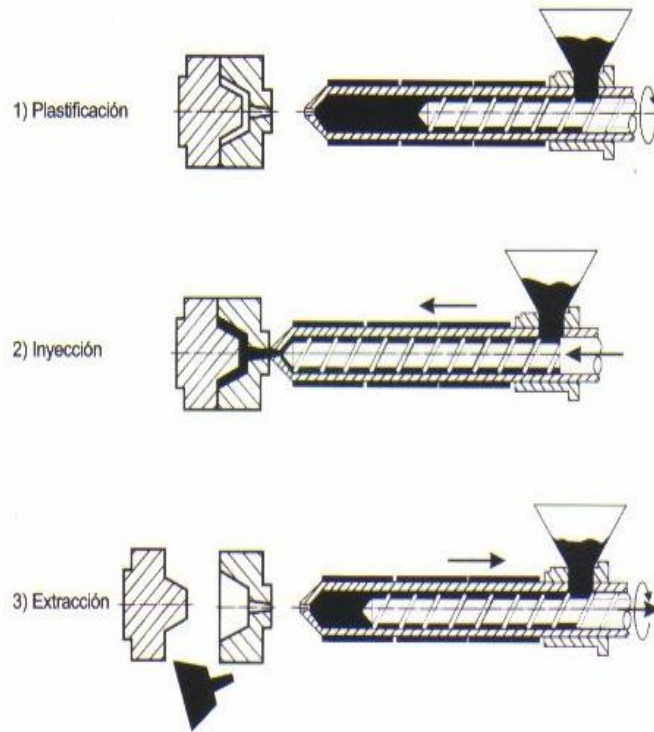
PROPIEDADES	UNIDAD	VALOR
Punto de fusión	°C	1.450
Módulo de elasticidad	GPa	200
Resistencia a la tracción	MPa	860
Alargamiento de rotura	%	12
Dureza Brinell	HB	240

Fuente: <http://www.goodfellow.com>

### 1.5. PROCESO DE FABRICACIÓN

El moldeo por inyección es un proceso de transformación cíclico, que se lleva a cabo en etapas sucesivas.

Los pellets de Polipropileno se introducen por medio de una tolva al interior de la inyectora, la cual esencialmente es una bomba de tornillo que dosifica, mezcla, funde y fluidifica la resina, para acumularla en la zona frontal del tornillo o cámara de inyección. Posteriormente se inyecta el material a través de una boquilla, al interior de un molde cerrado que define la forma de la pieza deseada. Allí se mantiene bajo presión, hasta que se solidifica la zona de entrada del punto de inyección. La estadía de la pieza dentro del molde, se prolonga hasta que se enfría lo suficiente, como para ser expulsada sin que se produzcan deformaciones. Después de la expulsión de la pieza moldeada se repite el mismo ciclo.

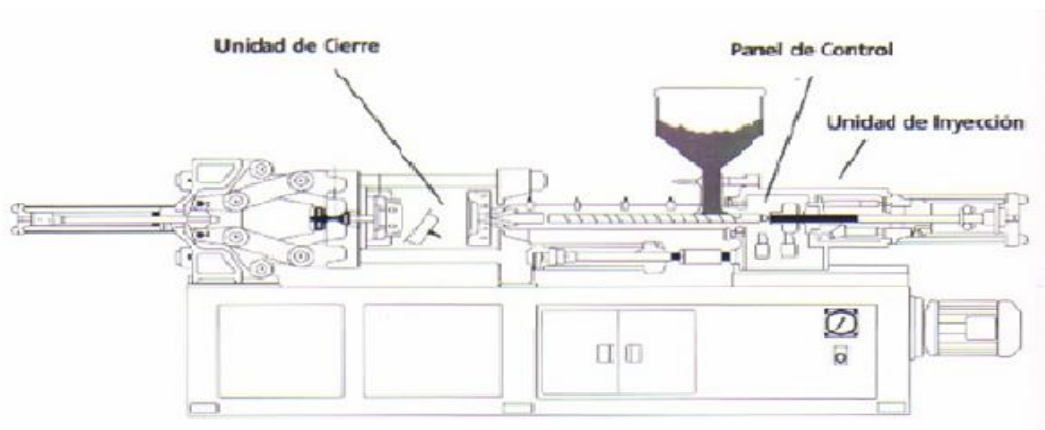


Fuente: <http://www.Wikipedia.org>

Figura 1-7. Proceso de inyección

### 1.6. COMPONENTE DE LA MÁQUINA INYECTORA

- Unidad de inyección;
- Unidad de cierre, y
- Unidad de potencia.

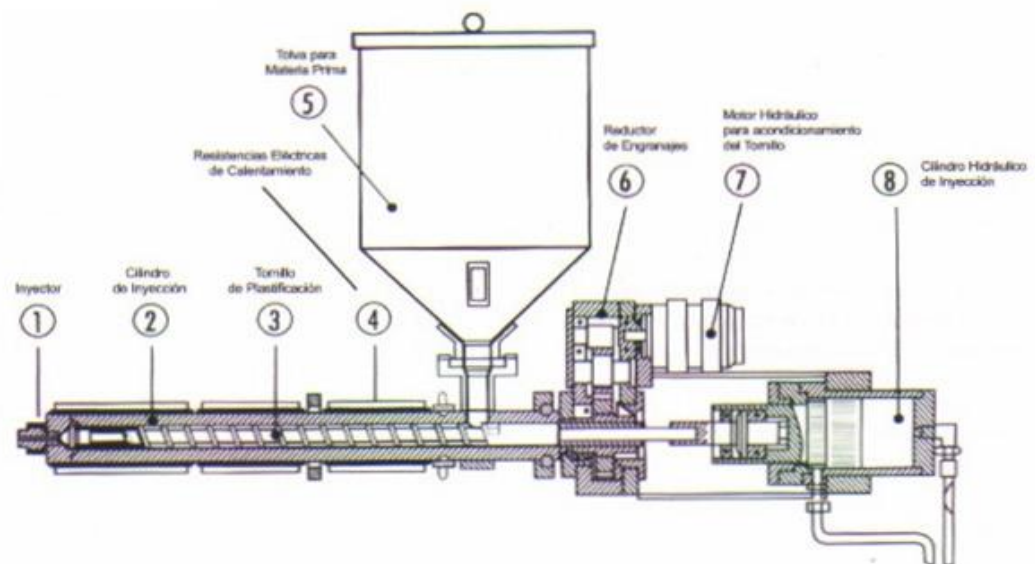


Fuente: <http://www.wikipedia.org>

Figura 1-8. Componente de máquina inyectora

### 1.7. UNIDAD DE INYECCIÓN

La unidad de inyección se encarga de acondicionar el material, es decir, lo fusiona, lo homogeniza y además lo transporta. En esta parte se inyecta el material al molde ya acondicionado. Para lograr estas dos funciones, la unidad de inyección consta de un tornillo que gira dentro de un cilindro calefaccionado, transportando y plastificando el material proveniente de la tolva de alimentación, para luego depositarlo en la cámara de inyección, finalmente el tornillo actúa como émbolo de inyección, forzando al material a pasar al interior del molde por medio de la boquilla.

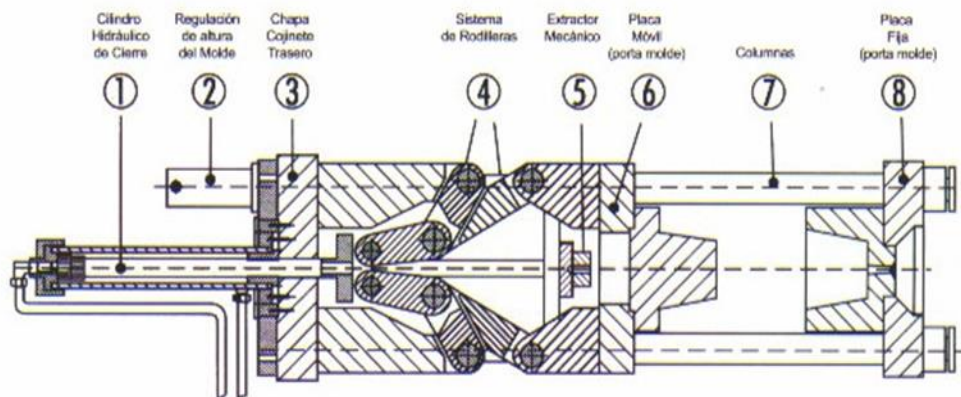


Fuente: <http://www.wikipedia.org>

Figura 1-9. Unidad de inyección

### 1.8. UNIDAD DE CIERRE

La unidad de cierre de una máquina inyectora, puede considerarse como una prensa, colocada en posición vertical. En esta unidad se encuentra la sección del molde que consta de dos placas o platos, sobre las cuales van montadas cada una de las cavidades del molde, una de las placas es fija y se encuentra en el lado de inyección, la otra placa es móvil y se encuentra al lado de la extracción. Esto permite que la pieza inyectada, sea extraída cuando el molde se abre. Otros parámetros importantes en una unidad de cierre son: la distancia mínima entre placas, la distancia máxima de apertura, las dimensiones de las placas y la distancias entre columnas, la carrera del sistema de expulsión.



Fuente: <http://www.wikipedia.org>

Figura 1-10. Unidad de cierre.

### 1.9. UNIDAD DE POTENCIA

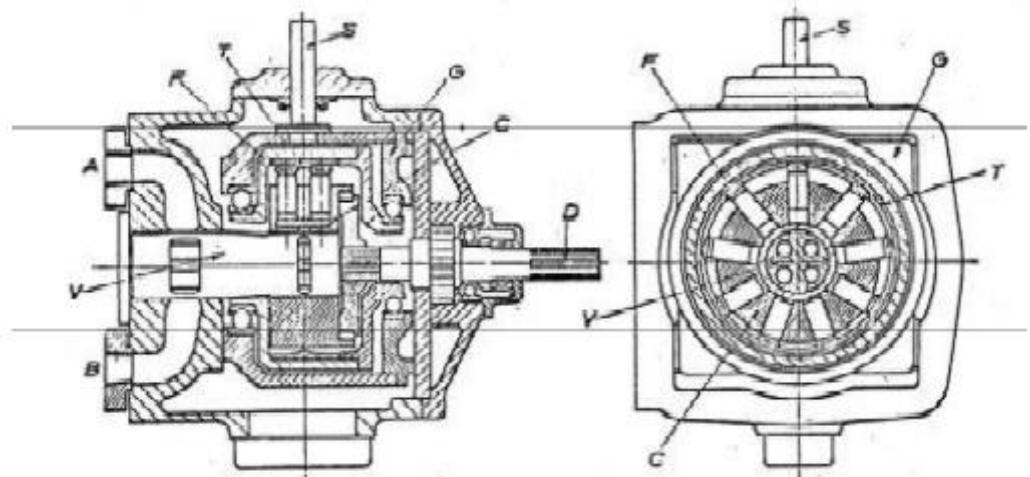
Es el sistema que suministra la potencia necesaria para el funcionamiento de la unidad de inyección y de la unidad de cierre. Los principales tipos de sistemas de potencia, se pueden clasificar como:

- Sistema de motor eléctrico con unidad reductora de engranajes;
- Sistema de motor hidráulico con unidad reductora de engranajes, y
- Sistema hidráulico directo.

Sistema de potencia eléctrico: el sistema eléctrico se utiliza en máquinas relativamente pequeñas. Este sistema se emplea tanto para el giro del tornillo como para la apertura y cierre del molde. La máquina emplea dos sistemas mecánicos de engranajes y palancas acodadas, uno para el cierre del molde y otro para el tornillo. Cada uno accionado por un motor eléctrico independiente. El accionamiento del tornillo cuando realiza la inyección lo ejecuta un cilindro hidráulico. En los sistemas con motor eléctrico, la velocidad puede ajustarse solo en un determinado de valores, lo cual puede ocasionar problemas en la producción de parámetros de operación y dificultar la obtención de piezas con una calidad constante. Los motores eléctricos generan grandes torques de arranque, por lo que debe tenerse precaución al usar tornillos con diámetros pequeños para evitar que se rompan.

Sistema potencia hidráulico: son los más comúnmente usados, su funcionamiento se basa en transformar la potencia hidráulica del fluido a una potencia mecánica. A diferencia de los sistemas electro mecánicos, donde la potencia es transmitida a través de engranajes y palancas, en un sistema con fluidos estos elementos se sustituyen, parcial o totalmente, por tuberías de conducción que llevan el fluido a presión a los pistones de inyección y de cierre del molde. El fluido que más se utiliza es el aceite, debido, principalmente, a sus propiedades lubricantes en aplicaciones que involucran grandes cargas. En los sistemas hidráulicos es común utilizar presiones que varían entre 70 y 140 PSI. Las ventajas del motor hidráulico con respecto al eléctrico pueden resumirse principalmente en:

- Fácil variación de velocidades, regulando el volumen de fluido;
- La relación entre el torque y la velocidad es aproximadamente lineal. El límite de torque se determina por la presión limitante y el torque de arranque es aproximadamente igual al del funcionamiento, y
- Permite relaciones bajas de peso potencia, lo que posibilita alcanzar altas velocidades de inyección del plástico.



Fuente: <http://www.wikipedia.org>

Figura 1-11. Unidad de potencia.

### **1.10. UNIDAD DE CONTROL**

Este sistema básicamente contiene un controlador lógico programable (PLC) y controladores (PID) para las resistencias eléctricas del calefactor y de la boquilla. El PLC permite programar la secuencia del ciclo de inyección y recibe señales de alarma, por sobre presión o finales de carrera, para detener el ciclo.

Los controladores (PID) son los más adecuados para el control de temperatura, debido a su elevada velocidad de respuesta para mantener la temperatura a los niveles requeridos.

### **1.11. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA MÁQUINA INYECTORA**

Para poder obtener una buena calidad del producto terminado, se deben tener en cuenta las siguientes características de la máquina inyectora a utilizar:

- Capacidad o fuerza de cierre: usualmente se da en toneladas (t);
- Capacidad de inyección: es el volumen de material que es capaz de suministrar la máquina en una inyección ( $\text{cm}^3/\text{inyección}$ ) es común dar este valor en gramos, tomando como referencia la densidad del poliestireno;
- Presión de inyección: es la presión máxima a la que puede bombear la unidad de inyección el material hacia el molde. Usualmente se trabaja a un 60 % de esta presión o menos;
- Capacidad de plastificación: es la cantidad máxima de material que es capaz de suministrar el tornillo por hora, cuando se plastifica el material, se da en  $\text{kg/hr}$ , y
- Velocidad de inyección: es la velocidad máxima de material que es capaz de suministrar la unidad de inyección el material hacia el molde; se da en  $\text{cm}^3/\text{s}$ .

Tabla 1-5. Características de la máquina inyectora Krauss Maffei KM 200

	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>
<b>Unidad de Inyección</b>	Diámetro del husillo	mm	25
	Radio del husillo L/D	-	24,4
	Peso máximo de inyección	g	60
	Volumen teórico de inyección	$\text{cm}^3$	59
	Presión máxima de inyección	$\text{kgf}/\text{cm}^3$	2.720
	Velocidad de inyección	$\text{cm}^3/\text{s}$	55
	Capacidad de plastificación teórica	g/s	5,2
	Recorrido de inyección	mm	120
	Tiempo de inyección	s	1,07
<b>Unidad</b>	Carrera máxima de apertura	mm	240

<b>de cierre</b>	Fuerza de cierre del molde	t	200
	Altura del molde	mm (mín-máx.)	100 x 320
	Espacio libre entre columnas	mm (HxV)	310 x 310
	Dimensión de los platos	mm (HxV)	480 x 480
	Carrera de extracción hidráulica	mm	75
	Fuerza de extracción hidráulica central	t	2,2

<b>Sistema eléctrico</b>	Potencia del motor eléctrico	hp	10
	Presión hidráulica de trabajo	kg/cm <sup>2</sup>	140
	Potencia de calentamiento	kW	4,6
	Zonas de calentamiento	set	N + 3
<b>Otro</b>	Potencia total instalada	kW	12
	Capacidad del tanque de aceite hidráulico	l	180
	Dimensiones (largo x ancho x alto)	m	4,1 x 1 x 1,6
	Peso de la máquina	kg	3.600

Fuente: Manual máquina inyectora, Krauss Maffei KM 200



Fuente: [www.exapro.es](http://www.exapro.es)

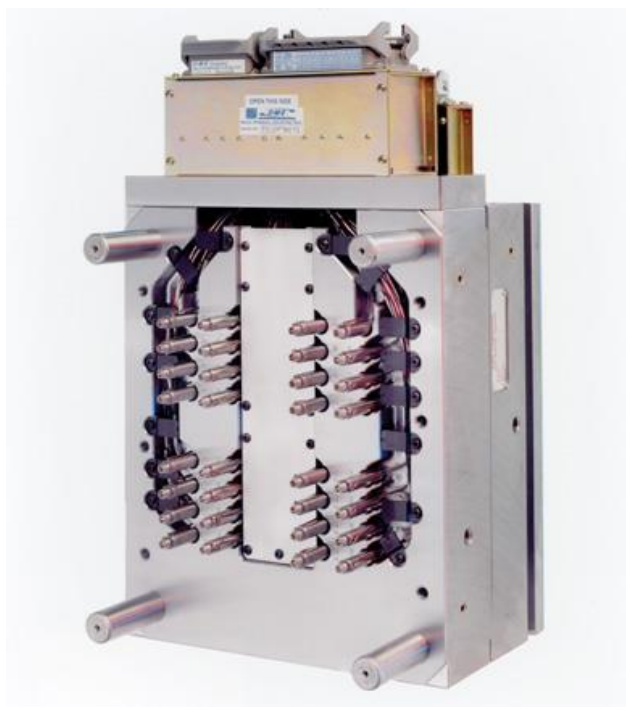
Figura 1-12. Máquina inyectora Krauss Maffei KM 200

### 1.12 SISTEMA HOT-RUNNER

Un sistema de colada caliente, (Hot-Runner, sigla en inglés), está compuesto por varias partes, encargadas de llevar el plástico fundido desde la válvula de inyección de la máquina hasta la compuerta de acceso de cada cavidad del molde. Así, este sistema que se instala dentro del molde, reduce o elimina la utilización de canal de alimentación o mazarotas, necesaria con los sistemas de colada fría.

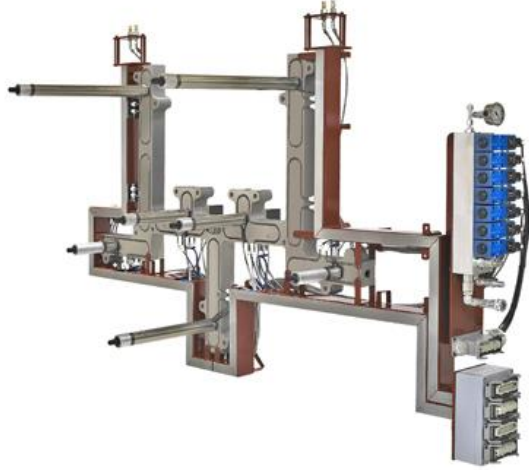
Básicamente, un sistema de colada caliente consiste en un manifold o distribuidor y en un juego de boquillas, que mantienen la resina fundida desde su salida de la máquina inyectora hasta que entra en cada una de las cavidades del molde. El calor requerido para mantener la resina fundida es proporcionado mediante resistencias eléctricas.

En hot-runner, el manejo adecuado de la temperatura es un punto crítico, razón por la cual su funcionamiento debe ser apoyado por un controlador eficiente de temperatura.



Fuente: <http://www.plastico.com>

Figura 1-13. Ejemplo de sistema Hot-runner



Fuente: <http://www.plastico.com>

Figura 1-14. Manifold y distribución de cableado eléctrico



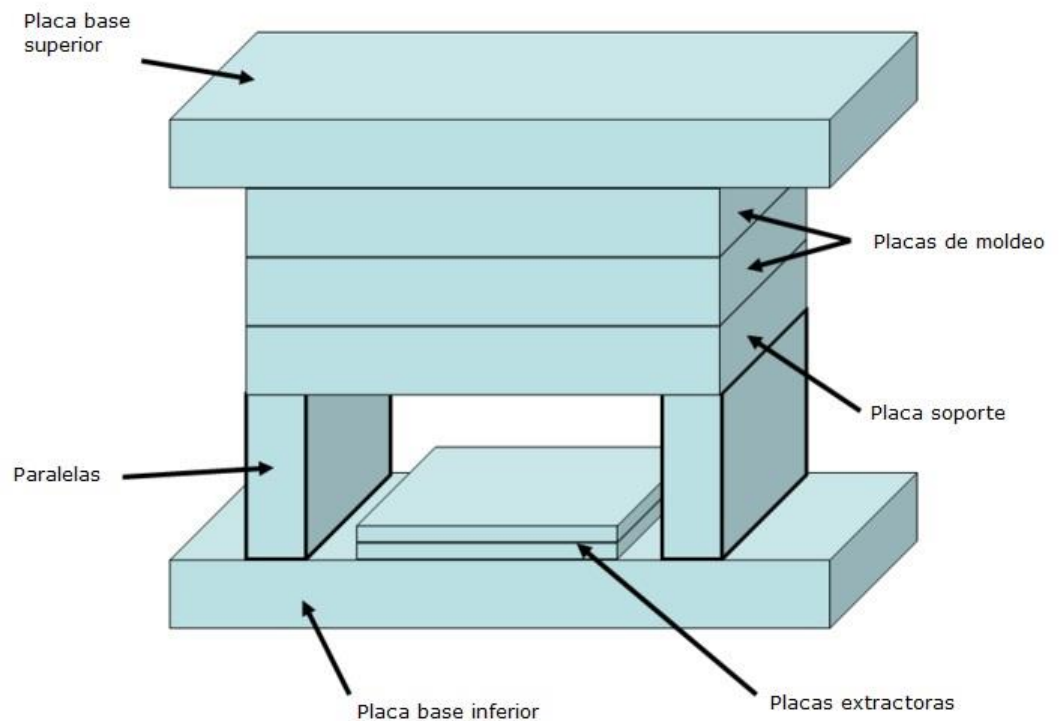
## **CAPÍTULO 2: DISEÑO DEL MOLDE DE INYECCIÓN**



## 2. DISEÑO DEL MOLDE DE INYECCIÓN

Una vez realizada la selección del material a utilizar y la máquina inyectora, se procederá a efectuar el diseño del molde, individualizando cada una de sus partes y la función que tendrán dentro del sistema diseñado.

### 2.1. ELEMENTOS BÁSICOS DEL MOLDE DE INYECCIÓN

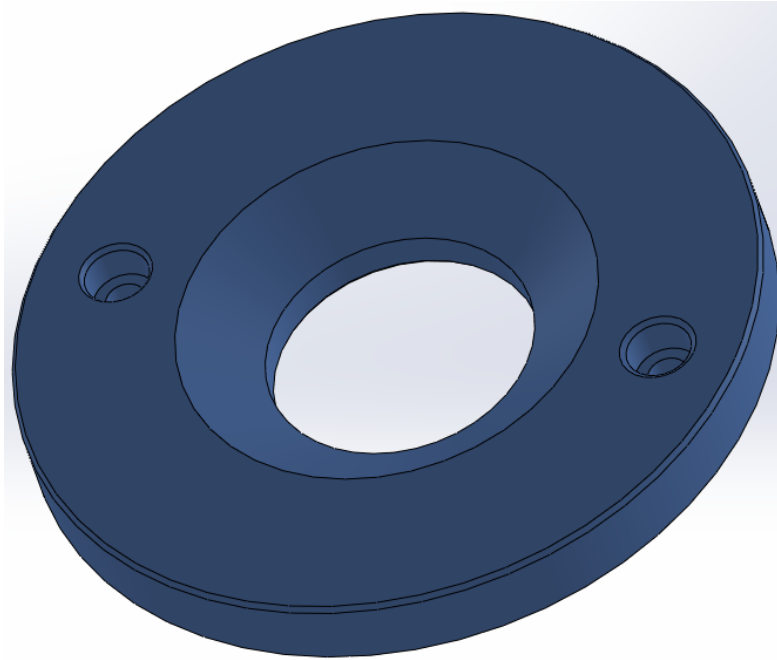


Fuente: <http://www.moldesplecam.com>

Figura 2-1 Elementos básicos de un molde de inyección

#### 2.1.1. Anillo de centrado

La función que cumple el anillo de centrado dentro del molde es, como su nombre lo indica, centrar el molde haciendo coincidir el orificio de este con el de la máquina inyectora. Además soporta al bebedero en su esfuerzo por salir del molde (esto debido a la presión de inyección). El material para su construcción es el acero SAE 1045.

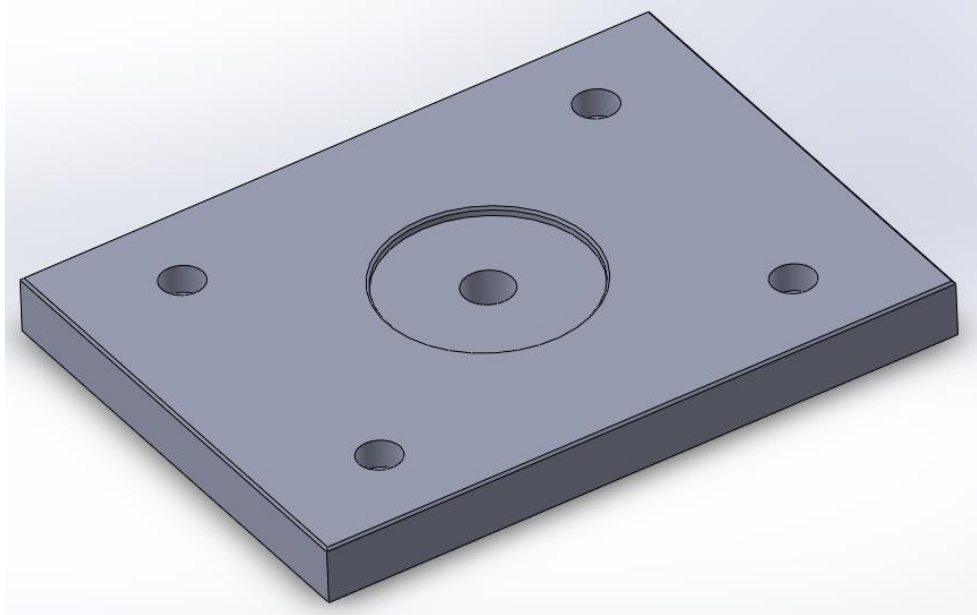


Fuente: elaboración propia, basado en software Inventor 2012

Figura 2-2 Anillo de centrado

#### 2.1.2. Placa base superior

Esta placa está encargada de la sujeción superior del molde por medio de bridas. En ella se aloja el bebedero y el anillo de centrado. El grosor de esta placa dependerá del peso del molde, esto para evitar deformaciones durante el cerrado del conjunto para el posterior llenado de las cavidades. El material para su construcción es el acero SAE 1045.

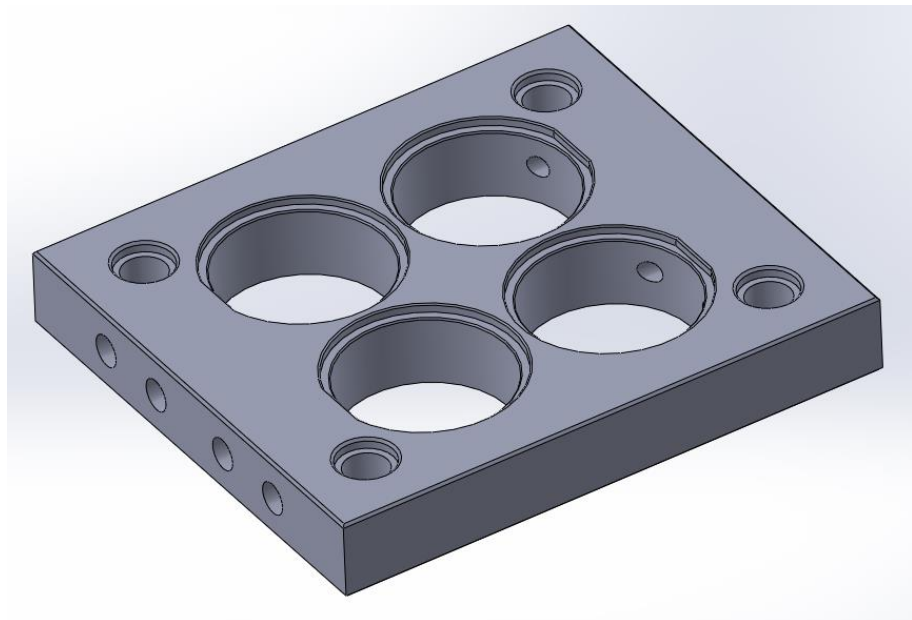


Fuente: Elaboración propia, basado en software Inventor 2012

Figura 2-3. Placa base superior

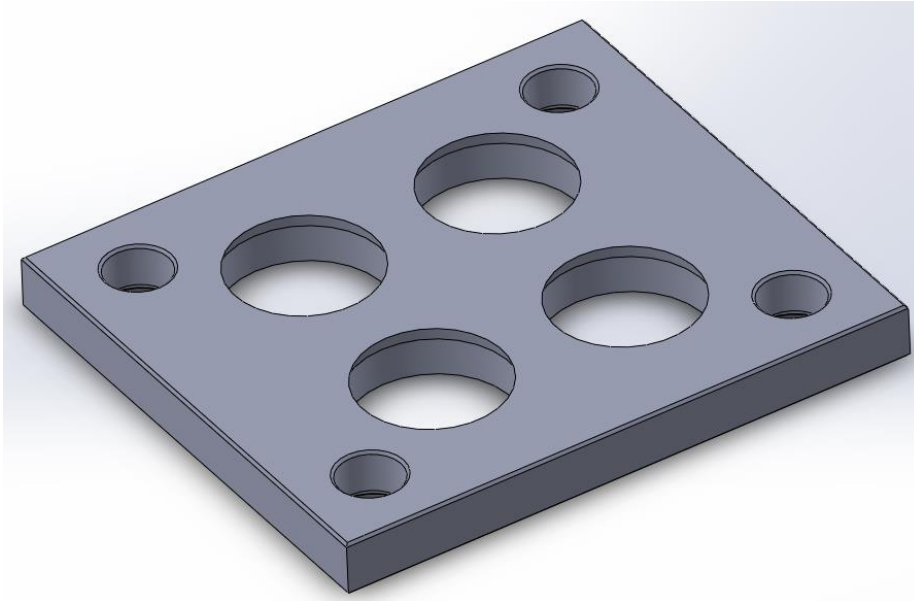
#### 2.1.3. Placa moldeo superior e inferior

En estas placas irán dispuestos los postizos que llevarán las cavidades que conforman el producto a fabricar. El material para su fabricación es el acero AISI 420.



Fuente: Elaboración propia, basado en software Inventor 2012

Figura 2-4. Placa moldeo superior

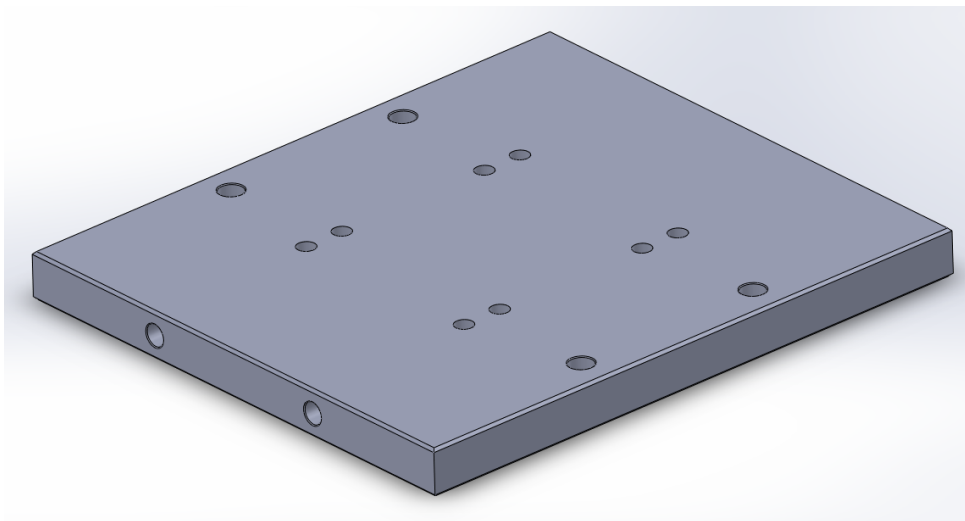


Fuente: Elaboración propia, basado en software Inventor 2012

Figura 2-5. Placa moldeo inferior

#### 2.1.4. Placa soporte

Es la placa ayuda a soportar los esfuerzos generados durante el moldeo y sirve como una base para mantener perfectamente firmes los expulsores.

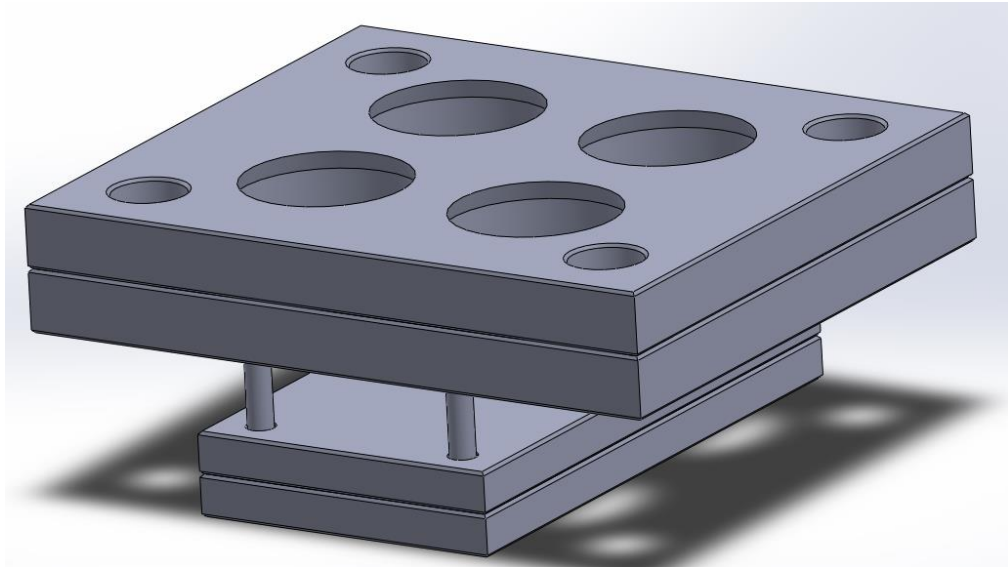


Fuente: Elaboración propia, basado en software Inventor 2012

Figura 2-6. Placa soporte

### 2.1.5. Sistema de extracción

Debido a la geometría del producto, se decidió utilizar la botación por placa para facilitar el desmoldeo y salida de la pieza. La salida de la placa de molde para la extracción es accionada por el vástago conectado a la máquina inyectora. Las placas son guiadas por una placa intermedia para facilitar el deslizamiento.



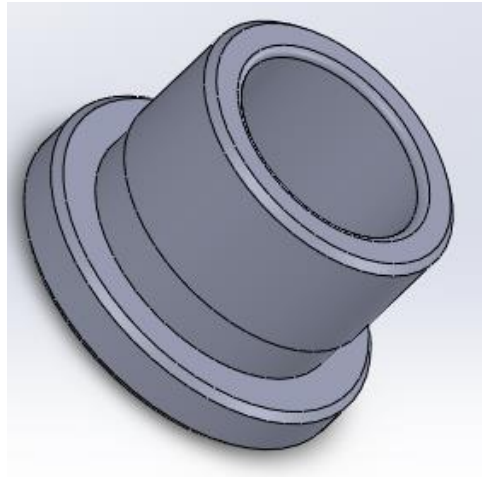
Fuente: Elaboración propia, basado en software Inventor 2012

Figura 2-7. Sistema de extracción

### 2.1.6. Bujes

Facilitan el desplazamiento de las columnas para la acción de abrir y cerrar el molde. El material para su fabricación es acero AISI 36.

En el caso de este molde serán 4 los bujes a utilizar.

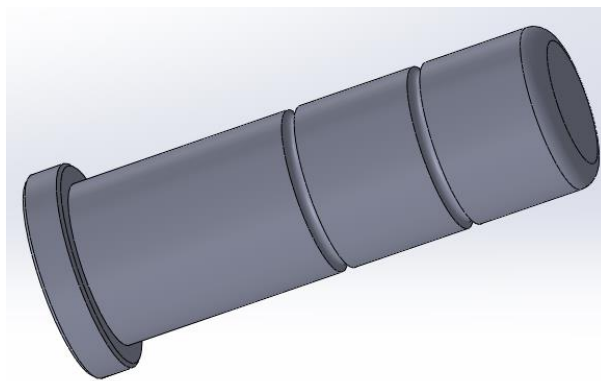


Fuente: Elaboración propia, basado en software Inventor 2012

Figura 2-8. Bujes

#### 2.1.7. Columnas

Las columnas, en conjunto con los bujes, tienen la labor de generar el cierre y apertura del molde para la inyección del plástico. Fabricadas en acero AISI 36, con posterior tratamiento térmico de templado para pasar luego al proceso de rectificado para lograr un ajuste mucho más preciso (H7/h6).

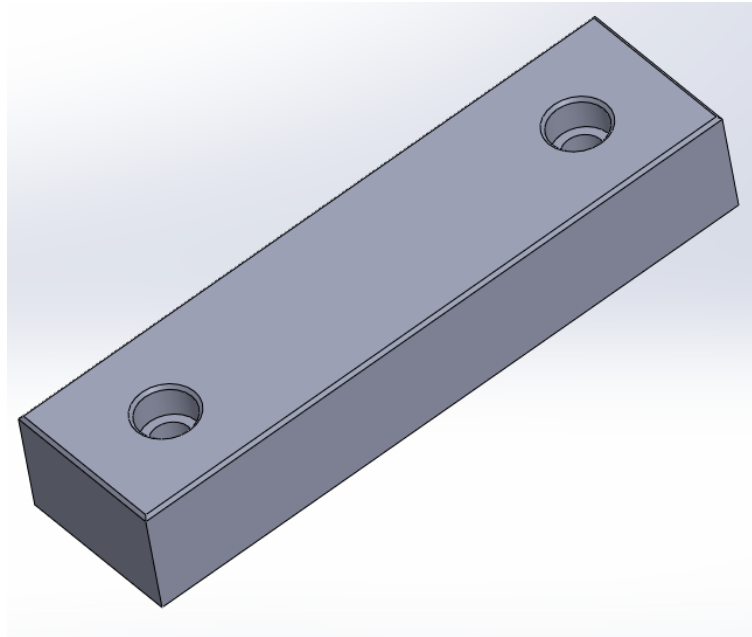


Fuente: elaboración propia, basado en software Inventor 2012

Figura 2-9. Columna

#### 2.1.8. Paralelas

Placas situadas entre la placa base inferior y la placa soporte a creando así una separación que deja el espacio necesario para el sistema de extracción. La altura estará determinada por la carrera que tendrá el sistema de extracción.

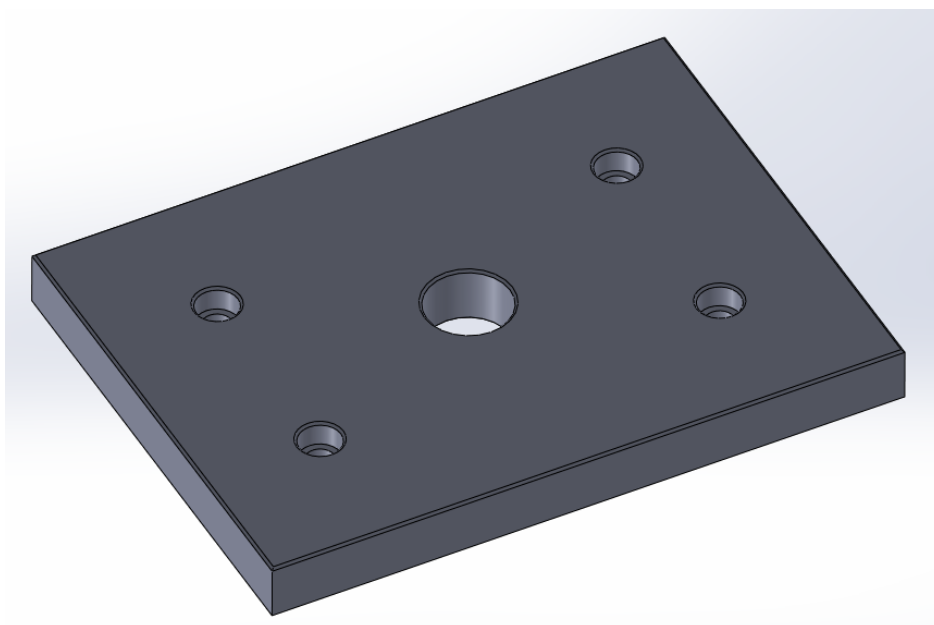


Fuente: Elaboración propia, basado en software Inventor 2012

Figura 2-10. Paralela

#### 2.1.9. Placa base inferior

Al igual que la placa base superior sirve para la sujeción del molde mediante bridas u otros sistemas de sujeción, pero esta vez, al plato móvil de la máquina inyectora. Esta placa dispone de una perforación en el centro para facilitar la introducción del vástago de la máquina inyectora utilizado para activar el sistema de extracción.

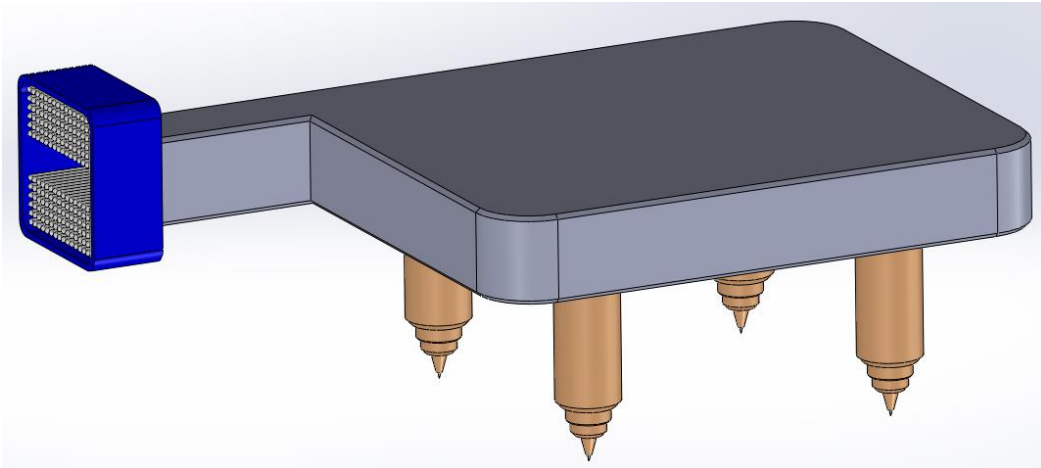


Fuente: Elaboración propia, basado software en Inventor 2012

Figura 2-11. Placa base inferior

## 2.2 HOT RUNNER

Se decidió diseñar el molde de inyección con sistema hot runner, para poder conocer y estudiar el funcionamiento de este sistema utilizado en los moldes de alta producción.



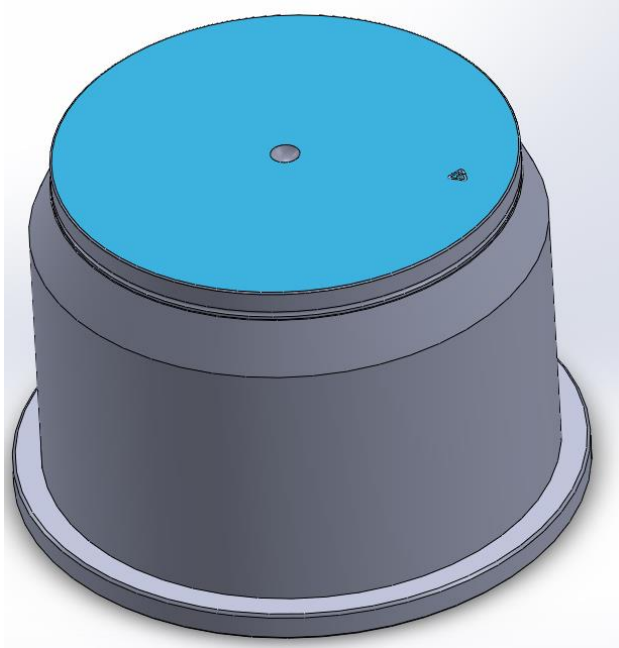
Fuente: Elaboración propia, basado software en Inventor 2012

Figura 2-12. Manifold y casquillos de inyección hot-runner

## 2.3. POSTIZOS

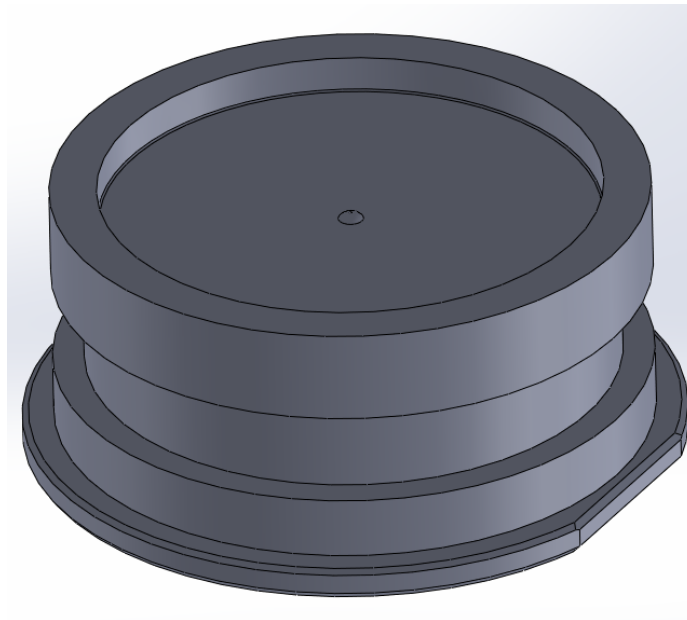
Se encuentran ubicados en las placas de moldeo superior e inferior. Tienen la misma forma que la pieza ya terminada y extraída del molde.

Fabricados en AISI 420 y posterior tratamiento de temple para soportar los esfuerzos y presiones a los que serán sometidos.



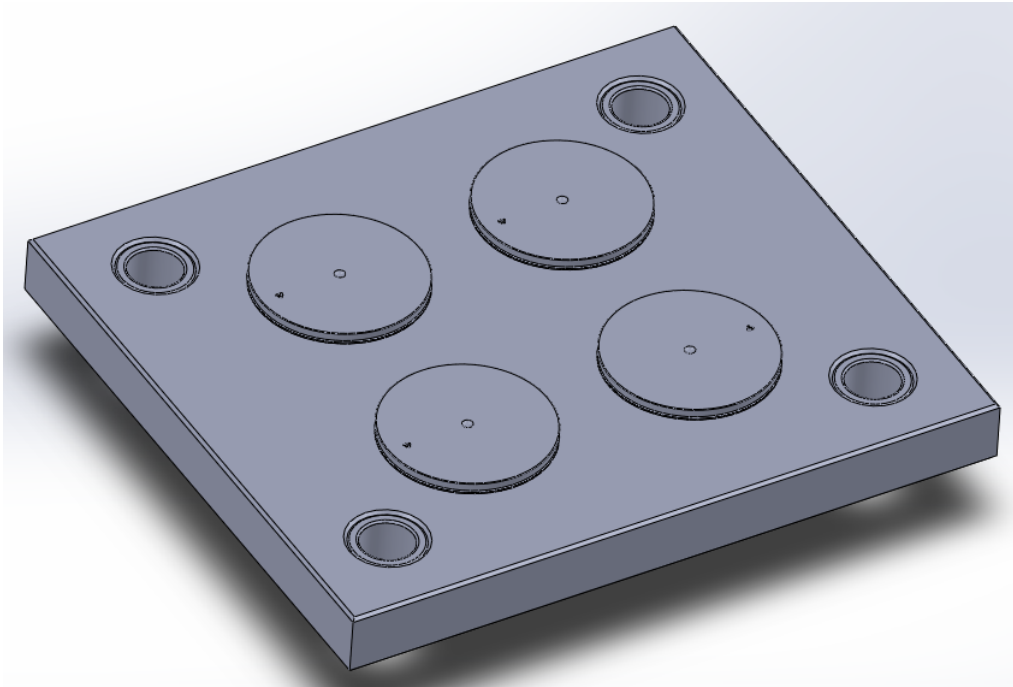
Fuente: Elaboración propia, basado en software Solidworks 2012

Figura 2-13. Postizo parte inferior del producto



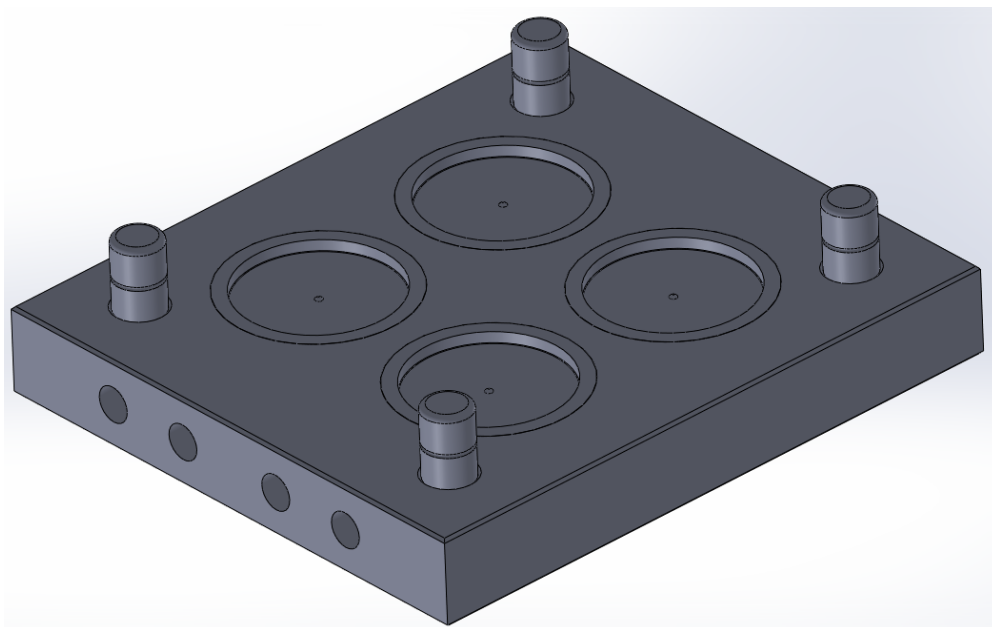
Fuente: Elaboración propia, basado en software Solidworks 2012

Figura 2-14. Postizos parte superior del producto



Fuente: Elaboración propia, basado en software Solidworks 2012

Figura 2-15. Postizos posicionados en la placa de moldeo inferior



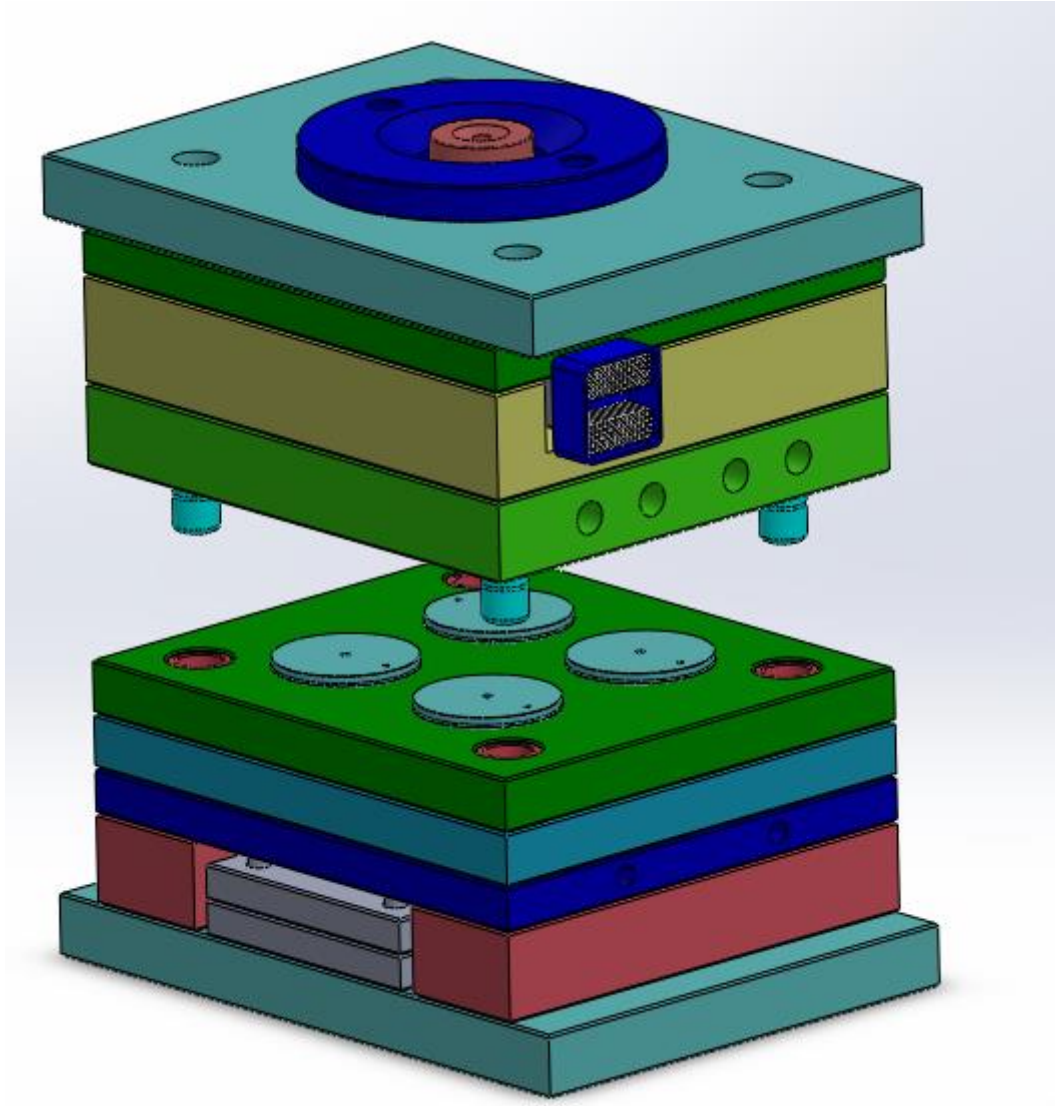
Fuente: Elaboración propia, basado en software Solidworks 2012

Figura 2-16. Postizos posicionados en la placa de moldeo superior

#### 2.4. **ENSAMBLE DEL MOLDE**

Luego de definir cada una de las partes del molde, se procede a ensamblar todos los componentes en su lugar para obtener lo que será el molde ya terminado

y listo para ser utilizado en su función principal que es inyectar material, para obtener el producto que será la tapa para envase. Además, se muestra de manera gráfica y en detalle las disposiciones exactas de los componentes dentro del molde.



Fuente: Elaboración propia, basado en software Solidworks 2012

Figura 2-17. Conjunto molde de inyección con sistema hot-runner

## 2.5. CONTRACCIÓN

Se denomina contracción, a las diferencias en porcentajes entre las dimensiones del molde y las de la pieza, a temperatura ambiente.

El factor de contracción se produce cambios en su volumen por la solidificación, por otra parte la pieza se contrae o dilata durante el enfriamiento del molde.

La contracción puede ser también la diferencia entre las medidas del producto desmoldeado y enfriada a temperatura ambiente.

La contracción lineal se define:

$$S_1 = \frac{I_w - I}{I_w} = 1 - \frac{I}{I_w} \quad [\text{Fórmula 2-1}]$$

En donde:

$S_1$  = Contracción lineal

$I_w$  = Dimensión del molde a la temperatura ambiente (mm)

$I$  = Dimensión de la pieza a la temperatura ambiente (mm)

La contracción volumétrica se define:

$$S_v = \frac{V_w - V}{V_w} = 1 - \frac{V}{V_w} \quad [\text{Fórmula 2-2}]$$

En donde:

$S_v$  = Contracción volumétrica

$V_w$  = Volumen de la cavidad a la temperatura ambiente (mm<sup>3</sup>)

$v$  = Volumen de la pieza a la temperatura ambiente (mm<sup>3</sup>)

Tabla 2-1. Contracción de algunas clases de plásticos

CLASE DE PLÁSTICO	CONTRACCIÓN (%)
Polietileno de baja densidad (PBD)	1,5 - 3,0
Polietileno de alta densidad (PAD)	2,0 - 3,0
Poliestireno (PE)	0,5 - 0,7
Policarbonato (PC)	0,8
Cloruro de polivinilo duro (PVCD)	0,5 - 0,7
Cloruro de polivinilo blando (PVCB)	1,0 - 3,0
Polipropileno (PP)	1,2 - 2,0
Acetato de celulosa	0,5
Estireno	0,4 - 0,6
Celulosa	0,5

Fuente: <http://biblioteca.usac.edu>

## 2.6. CÁLCULO DE FUERZAS EN EL MOLDE

### 2.6.1. Fuerza de cierre

La fuerza de cierre, permite mantener cerrado el molde durante el proceso de inyección, en el momento que el plástico entra al molde.

La fuerza de cierre debe ser mayor a la fuerza expansiva, si la fuerza fuese menor habrían pérdidas de material y ocasionarán rebarbas.

### 2.6.2. Fuerza expansiva

Durante el proceso de inyección del plástico, actúa una fuerza llamada fuerza expansiva, que tiende a abrir el molde actuando contra la presión de cierre. La fuerza expansiva, es igual a la suma de las superficies de proyección de las cavidades y canales de llenado multiplicado por la presión de inyección.

$$F_{c1} \text{ (Fuerza de cierre)} > F_{e1} \text{ (Fuerza expansiva)}$$

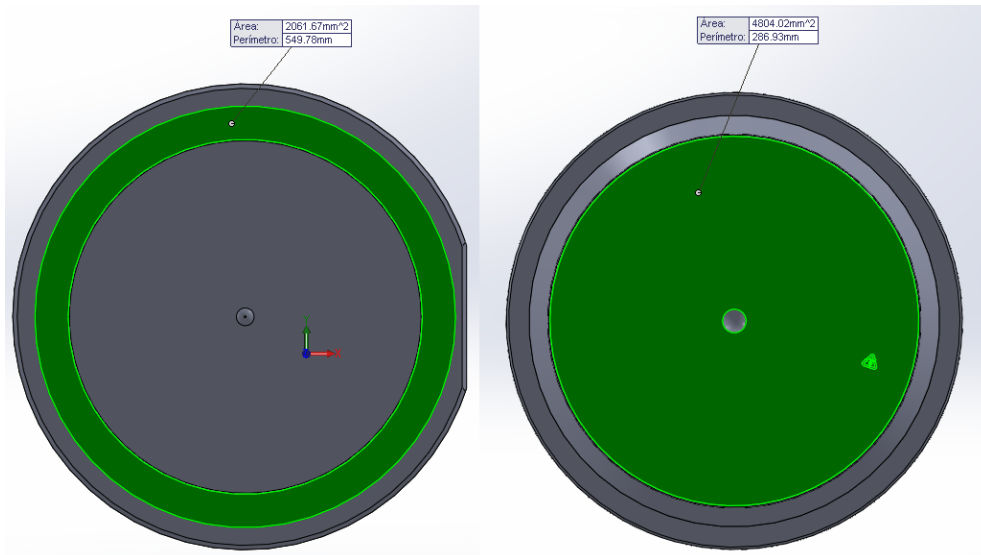
La fuerza expansiva se calcula por:

$$F_{e1} = A_p \times P_i \text{ (kp)} \quad [\text{Fórmula 2-3}]$$

En donde:

- $F_{e1}$  = Fuerza expansiva
- $A_p$  = Área proyectada piezas
- $P_i$  = Presión de inyección del PP

Para obtener el área proyectada de las piezas se utilizó el software SolidWorks 2012.



Fuente: Elaboración propia, basado en software SolidWorks 2012

Figura 2-18. Área proyectada de las piezas

Área proyectada de las piezas =  $6.865,69 \text{ mm}^2 \rightarrow 68,65 \text{ cm}^2$

Multiplicado por el número de cavidades =  $68,65 \times 4 = 274,6 \text{ cm}^2$

Reemplazando en la Fórmula 2-3:

$$Fe_1 = 274,6 \times 354,64$$

$$Fe_1 = 97.384,144 \text{ kp}$$

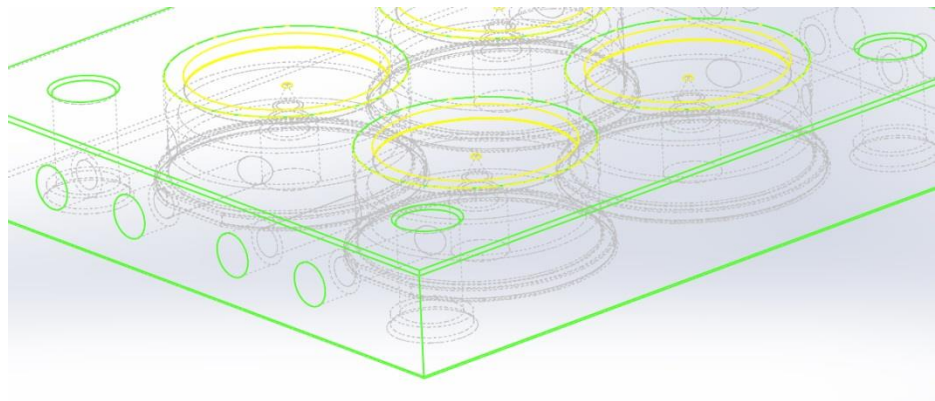
## 2.7. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

El material plástico fundido, que es inyectado en el molde, debe enfriarse cediendo sus calorías a las paredes del molde, con el fin de solidificar para permitir su extracción sin sufrir deformación. Los canales para este sistema de refrigeración, deben ser dispuestos de manera que la absorción de calor sea uniforme, para que los artículos tengan mejor calidad y un menor ciclo de inyección.

La refrigeración de los moldes se puede controlar regulando la velocidad de circulación del refrigerante, por medio de llaves situadas en los tubos de admisión. Idealmente se deben conectar los canales a una fuente de circulación de agua o aceite con temperatura controlada. Existen reglas básicas que se pueden aplicar a los sistemas de refrigeración para su elaboración, dependiendo del tipo de molde y de la pieza a inyectar, como por ejemplo:

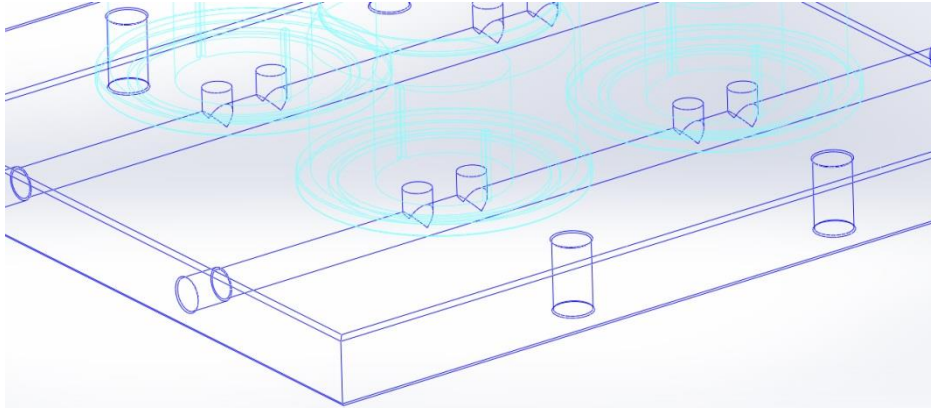
- La superficie transversal de los canales de refrigeración oscilarán entre 25 y 300 mm<sup>2</sup>, según sea la pieza;
- Los circuitos de refrigeración deben ser cortos, a fin de que la diferencia de temperatura entre la entrada y la salida del líquido refrigerante sea de 3 a 5 °C;
- Evitar la construcción de circuitos con número excesivo de espirales o ángulos rectos;
- La distancia óptima entre la superficie de la cavidad y los canales de refrigeración depende del diámetro de estos últimos;
- Las distancias entre los canales de refrigeración serán 1,5 veces su diámetro;
- En piezas planas rectangulares inyectadas por un lado, se recomiendan canales transversales al sentido de la pieza, y
- La circulación del fluido de refrigeración se efectúa en sentido inverso a la inyección, para compensar temperaturas y evitar transiciones bruscas.

Para este caso se optó por realizar canales de refrigeración simples, adecuándose a las dimensiones de las placas. Además, el refrigerante también circulará por un vaciado dividido en los postizos inferiores. Para la parte superior se dispusieron canales de refrigeración en la placa de moldeo y postizos para mejorar el enfriamiento.



Fuente: Elaboración propia, basado en software SolidWorks 2012

Figura 2-19. Disposición del sistema de refrigeración parte superior



Fuente: Elaboración propia, basado en software SolidWorks 2012

Figura 2-20. Disposición del sistema de refrigeración parte inferior

## **CAPÍTULO 3: COSTOS**



### 3. ANÁLISIS DE COSTOS

Luego de haber finalizado la fase de diseño del molde, se deben analizar las distintas variables que permiten obtener el valor total del molde y del producto terminado que se obtendrá del molde.

#### 3.2. COSTOS DEL MOLDE

Las variables para poder obtener el valor total del molde así como de la pieza que se obtendrá de este, son las siguientes:

- Costo de Diseño (CD);
- Costo de Materiales (CM);
- Costo de Elementos Normalizados (CEN);
- Costo del Mecanizado (CME), y
- Costo Total del Molde (CTM).

Cabe señalar que los valores entregados a continuación, son netos, es decir, sin impuesto al valor agregado (IVA) y se encuentran actualizados al mes de Diciembre de 2017.

##### 3.2.1. Costo de Elementos Normalizados (CEN)

Los elementos normalizados juegan un papel importante en la construcción de un molde, ya que se optimiza el tiempo de manera considerable al ser elementos estandarizados.

A continuación, se muestran los pernos normalizados que se utilizarían en la construcción del molde.

Tabla 3-1. Costos de Elementos Normalizados (CEN)

ELEMENTO	CANTIDAD	MEDIDA	VALOR UNITARIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)	VALOR TOTAL (UF)
Perno Parker	36	M16 x 2,00 x 30	452	16.272	0,6
Perno Parker	8	M12 x 1,75 x 20	308	2.464	0,09
Niple	12	¼" NPT	1.190	14.280	0,53
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>33.016</b>	<b>1,22</b>

Fuente: Elaboración propia, basado en cotizaciones comerciales. 1UF= \$26.798 actualizado al día

27/12/2017

3.2.2. Costo de Materiales (CM)

La correcta elección del material a utilizar juega, un papel importante en la construcción de un molde de inyección, ya que debe cumplir con las exigencias propuestas para lograr un funcionamiento óptimo del molde.

Tabla 3-2. Costo de Materiales (CM)

PIEZA	MATERI AL	MEDIDA	CAN T.	DENSIDAD (kg/mm <sup>3</sup> )	PESO X UNIDAD (kg)	VALOR UNITAR IO	TOTAL (\$)	TOTAL (UF)
Placa base superior	SAE 1045	380x280x35	1	7,85 x 10 <sup>-6</sup>	29,23	990	28.937	1,08
Placa base inferior	SAE 1045	380x280x35	1	7,85 x 10 <sup>-6</sup>	29,23	990	28.937	1,08
Placa guía botacion	SAE 1045	320x280x25	1	7,85 x 10 <sup>-6</sup>	17,58	990	17.404	0,65
Placa manifold	AISI 420	200x170x30	1	7,74 x 10 <sup>-6</sup>	7,89	3.550	28.009	1,05
Placa hot-runner	SAE 1045	320x280x60	1	7,85 x 10 <sup>-6</sup>	42,2	990	41.778	1,56
Placa tapa hot-runner	SAE 1045	320x280x25	1	7,85 x 10 <sup>-6</sup>	17,58	990	17.404	0,65
Placa moldeo superior	AISI 420	320x280x35	1	7,74 x 10 <sup>-6</sup>	24,27	3.550	86.158	3,22
Placa moldeo inferior	AISI 420	320x280x35	1	7,74 x 10 <sup>-6</sup>	24,27	3.550	86.158	3,22
Placa soporte	SAE 1045	320x280x25	1	7,85 x 10 <sup>-6</sup>	17,58	990	17.404	0,65
Paralela	SAE 1045	280x75x50	2	7,85 x 10 <sup>-6</sup>	8,24	990	16.315	0,61
Placas extractora	SAE 1045	280x150x20	2	7,85 x 10 <sup>-6</sup>	6,59	990	13.048	0,49
Postizo superior	AISI 420	Ø95x35	4	7,74 x 10 <sup>-6</sup>	1,91	3.550	27.122	1,01
Postizo inferior	AISI 420	Ø80x76	4	7,74 x 10 <sup>-6</sup>	2,95	3.550	41.890	1,56
Columna	AISI 36	Ø30x81	4	7,85 x 10 <sup>-6</sup>	0,44	3.550	6.248	0,23
Buje	AISI 36	Ø45x35	4	7,85 x 10 <sup>-6</sup>	0,43	3.550	6.106	0,23
Casquillos de inyección	Cobre berilio	Ø25x64	4	8,25 x 10 <sup>-6</sup>	0,25	30.000	30.000	1,12
<b>COSTO TOTAL</b>							<b>492.918</b>	<b>18,4</b>

Fuente: Elaboración propia, basado en cotizaciones comerciales. 1UF= \$26.798 actualizado al día

27/12/2017

3.2.3. Costo de Diseño (CD)

Los costos de diseño, implican todas las horas que se emplearon manejando los software que se necesitan para crear los modelos y planos, que luego servirán para orientar de la mejor manera la eventual construcción del molde de inyección.

Tabla 3-3. Costo de Diseño (CD)

DISEÑO	Nº HORAS (hr)	VALOR HORA (\$/hr)	TOTAL (\$)	TOTAL (UF)
Pieza	10	5.000	50.000	1,87
Molde	60	7.000	420.000	15,68
Ploteo de planos e impresiones	----	----	8.000	0,3
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>478.000</b>	<b>17,84</b>

Fuente: Elaboración propia, basado en cotizaciones comerciales. 1UF= \$26.798 actualizado al día

27/12/2017

3.2.4. Costo del Mecanizado (CME)

Tabla 3-4. Costo del Mecanizado (CME)

OPERACIÓN	CANT.	MECANIZADO (hr/unidad)	VALOR HORA (\$/hr)	TOTAL (\$)	TOTAL (UF)
<b>TORNO</b>					
Buje	4	1,0	5.000	20.000	---
Columna	4	1,0	5.000	20.000	---
Bebedero	1	1,5	5.000	7.500	---
Botador	13	1,0	5.000	65.000	---
Anillo de centrado	1	2,0	5.000	10.000	---
<b>TOTAL MECANIZADO TORNO</b>				<b>122.500</b>	<b>4,57</b>
<b>FRESADORA</b>					
Placa base superior	1	2,0	7.000	14.000	---
Placa base inferior	1	2,0	7.000	14.000	---

Placa moldeo superior	1	2,0	7.000	14.000	---
Placa moldeo inferior	1	2,0	7.000	14.000	---
Placa extractora	2	1,0	7.000	14.000	---
Placa soporte	1	2,0	7.000	14.000	---
TOTAL MECANIZADO FRESADORA				<b>70.000</b>	<b>2,61</b>
CENTRO DE MECANIZADO CNC					
Postizos	8	15	15.000	1.800.000	---
TOTAL MECANIZADO CNC				<b>1.800.000</b>	<b>67,19</b>
RECTIFICADORA (PLANA Y CILÍNDRICA)					
Placa base superior	1	1,5	7.000	10.500	---
Placa base inferior	1	1,5	7.000	10.500	---
Placa moldeo superior	1	1,5	7.000	10.500	---
Placa moldeo inferior	1	1,5	7.000	10.500	---
Placa extractora	2	1,0	7.000	14.000	---
Paralela	2	1,0	7.000	14.000	---
Columna	4	0,5	7.000	14.000	---
Anillo de centrado	1	1,0	7.000	7.000	---
TOTAL MECANIZADO RECTIFICADORA				<b>85.000</b>	<b>3,17</b>
MECÁNICA DE BANCO					
Trazado	---	3	4.000	12.000	---
Roscado	---	2	4.000	8.000	---
Escariado	---	3	4.000	12.000	---
Taladrado	---	4	4.000	16.000	---
Ajuste	---	4	4.000	16.000	---
Armado	---	2	4.000	8.000	---
Pulido	---	4	4.000	16.000	---
Puesta a punto	---	2	4.000	8.000	---
TOTAL MECÁNICA DE BANCO				<b>96.000</b>	<b>3,58</b>
TOTAL COSTO DE MECANIZADO				<b>2.173.500</b>	<b>81,14</b>

Fuente: Elaboración propia, basado en cotizaciones comerciales. 1UF= \$26.798 actualizado al día

27/12/2017

### 3.2.5. Costo Total del Molde (CTM)

Ya habiendo definido los costos totales de cada una de las variables expuestas anteriormente, y tomando en cuenta que el número de piezas a producir será de 10.000, se puede determinar el costo total del molde.

$$CTM = CD + CM + CEN + CME \quad [\text{Fórmula 3-1}]$$

Reemplazando los valores anteriormente expuestos en la Fórmula 3-1, se tiene que:

$$CTM = 478.000 + 492.918 + 33.016 + 2.173.500$$

$$CTM = \$ 3.177.434.- \text{ Costo neto de la fabricación}$$

Luego el costo del Molde, es de \$ 3.177.434.- (117,83 UF)

### 3.2.6. Costos Máquina Inyectora y Operario (CMIO)

Para determinar las horas que se emplearan para inyectar las 10.000 piezas se usó como base que el ciclo del molde es de 7 s.

Tabla 3-5. Costo máquina inyectora y operario (CMIO)

ÍTEM	VALOR (\$/hr)	Nº DE HORAS (hr)	VALOR TOTAL (\$)	TOTAL (UF)
Máquina inyectora	8.000	19,4	155.200	7,76
Operario de máquina	2.840	19,4	55.096	2,04
<b>TOTAL COSTOS</b>			<b>210.296</b>	<b>7,8</b>

Fuente: Elaboración propia, basado en cotizaciones comerciales. 1UF= \$26.798 actualizado al día

27/12/2017

3.2.7. Precio del producto

Para calcular el precio del producto se tomó como base que se inyectaran 10.000 piezas.

Tabla 3-6. Precio del producto

<b>ÍTEM</b>	<b>VALOR (\$)</b>	<b>VALOR (UF)</b>
Costo total del molde	3.177.434	118,62
Costo de la materia prima	249.386	9,31
Costo operario de máquina inyectora	155.200	7,76
Costo máquina inyectora	55.096	2,04
<b>TOTAL COSTO</b>	<b>3.637.116</b>	<b>134,86</b>
Margen de utilidad 30 %	1.091.134,8	40,46
Precio de venta lote	4.728.250	175,34
<b>VALOR PIEZA</b>	<b>472</b>	<b>0,02</b>

Fuente: Elaboración propia, basado en cotizaciones comerciales. 1UF= \$26.798 actualizado al día 27/12/2017

Finalmente, el valor de la pieza a fabricar es de 472 pesos, resultado del precio venta del lote por la cantidad de piezas a producir (10.000), considerando gastos y ganancias estipuladas.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Al finalizar este proyecto de título queda la satisfacción de haber cumplido con los objetivos propuesto al principio del estudio de diseño para la obtención de un molde de inyección con tecnología hot runner para la obtención de la tapa.

Cabe destacar que los programas de diseño como AutoCad, SolidWorks e Inventor, resultaron de vital importancia para realización de este trabajo.

Cuando se eligió el producto, se estudiaron varios existentes en el mercado para poder elegir correctamente el más idóneo y adecuarlo al diseño del molde.

Al enfrentar el diseño, se resolvieron los problemas de este, como ubicar la placa hot-runner adecuadamente, ubicar la refrigeración de modo que sea lo más eficiente posible, diseñar un sistema de botación de acuerdo a la tecnología empleada (hot-runner).

Cuando se abordaron los costos del proyecto, se hicieron en base a un estimado real tomando en cuenta que el sistema utilizado (hot runner) será construido desde cero y no normalizado. Para esto, se investigó dentro del rubro los costos reales en caso de una construcción.

El objetivo principal de este trabajo, fue llevar a cabo el diseño de un molde de inyección con tecnología hot runner para la obtención de una tapa que pretende salir al mercado, no obstante el proyecto que aquí se propone se diseñó de manera tal que pueda cumplir y suplir las necesidades tanto de la empresa como del medio-ambiente, dicho esto se concluye este trabajo.



## **BIBLIOGRAFÍA**

CASILLAS, Arcadio L. Maquinas Cálculos de taller. 40ª ed. España: autor-editor, 2008. 643 p. ISBN 978-84-615-2490-7.

LAGUNA, O Y ARGANZA, R. Manual de moldes para inyección de plásticos. Madrid: Instituto de plásticos y cauchos. 189 p. ISBN: 84-85011-03-1.

MENGES, G. Mohren G. Moldes para inyección de plásticos. 3ª ed. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1983. 217 p. ISBN 968-6085-61-0.

ARTEAGA Rubio, Jaime Alejandro. Molde de inyección de logotipos para llaveros. Memoria (Técnico Universitario en Matricería para Plásticos y Metales) Viña del Mar, Chile: UTFSM. Sede Viña del Mar, 2011. 67 p.

FUENTES López, Lester. Molde de inyección para portarretratos plegable. Memoria (Técnico Universitario en Matricería para Plásticos y Metales) Viña del Mar, Chile: UTFSM. Sede Viña del Mar, 2010. 65p.

ASTORGA Escobar, Sebastián Andrés. Molde de inyección para caja de polipropileno. Memoria (Técnico Universitario en Matricería para Plásticos y Metales) Viña del Mar, Chile: UTFSM. Sede Viña del Mar, 2008. 95p.

WIKIPEDIA. La enciclopedia libre. Datos de moldeo de inyección, [en línea]. <[http://es.wikipedia.org/wiki/Moldeo\\_por\\_inyecci%C3%B3n](http://es.wikipedia.org/wiki/Moldeo_por_inyecci%C3%B3n)>. [Consulta: 27 febrero 2014].

PRECIO D. Producto similar al diseñado, [en línea]. <<http://preciod.com/cl/exprimidor-de-limones-manual-RvoHj.html>> [Consulta: 19 Diciembre 2012].

TECNOLOGÍA DE LOS PLÁSTICOS. Sistema de Codificación de los polímeros, [en línea]. < <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/codigos-de-los-plasticos.html>> [Consulta: 22 Enero 2013].

QUEBARATO. Duraluminio, [en línea]. <[http://guayas.quebarato.com.ec/guayaquil/duraluminio\\_\\_53D5D8.html](http://guayas.quebarato.com.ec/guayaquil/duraluminio__53D5D8.html)>. [Consulta: 20 Junio 2013].

MOLDES PLECAM. Elementos básicos de un molde de inyección, [en línea]. <<http://www.moldesplecam.com/informacion.html>>. [Consulta: 16 Octubre 2013].

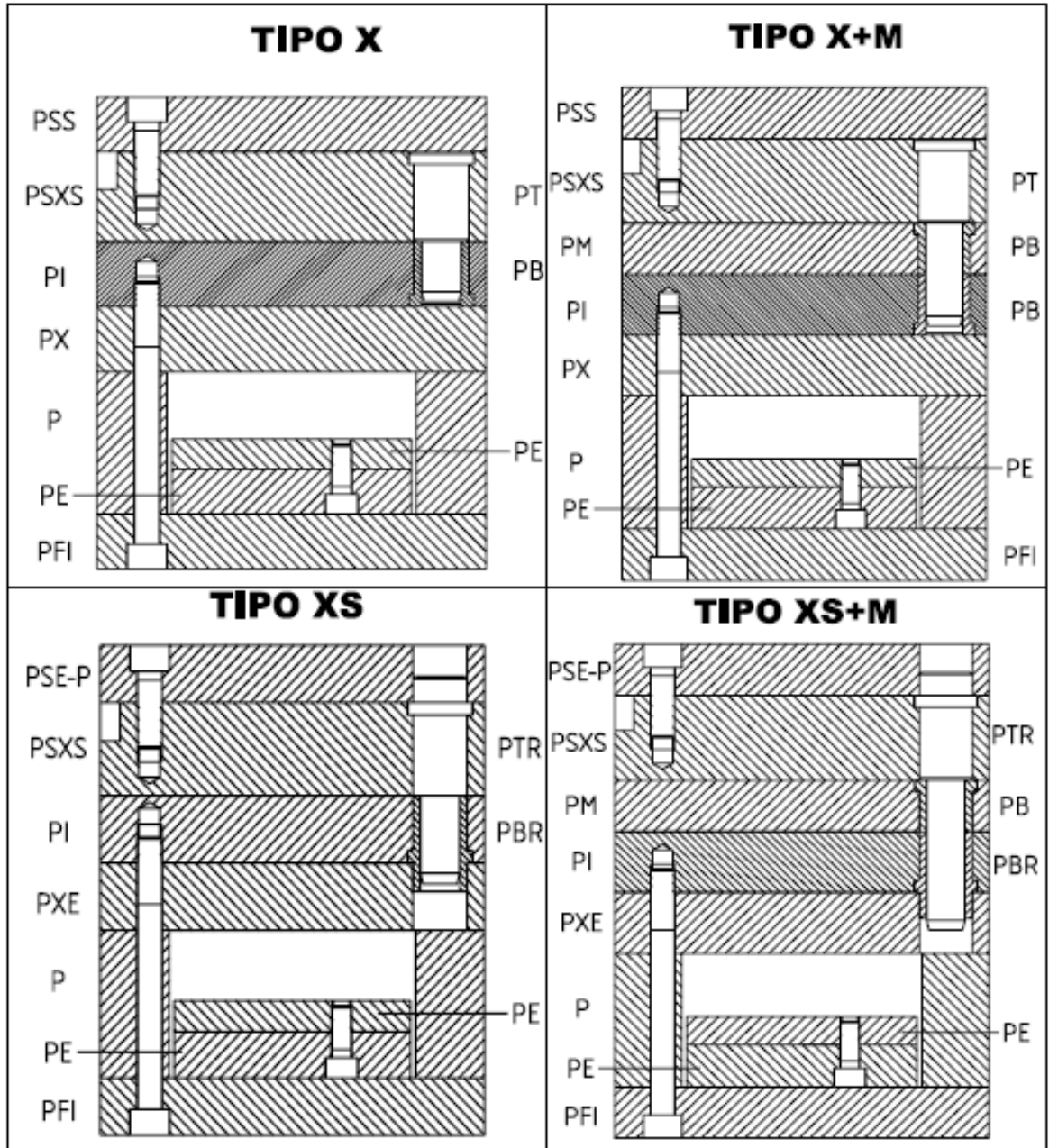
GOMEZ Domínguez, María del Carmen. Uso de polímeros en la fabricación de productos plásticos [enlínea]. <[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0562\\_M.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0562_M.pdf)>. [Consulta: 3 Noviembre 2013].













**ANEXOS**

**ANEXO A: CATÁLOGO TOTALMATRIX® PORTAMOLDES STANDARD**

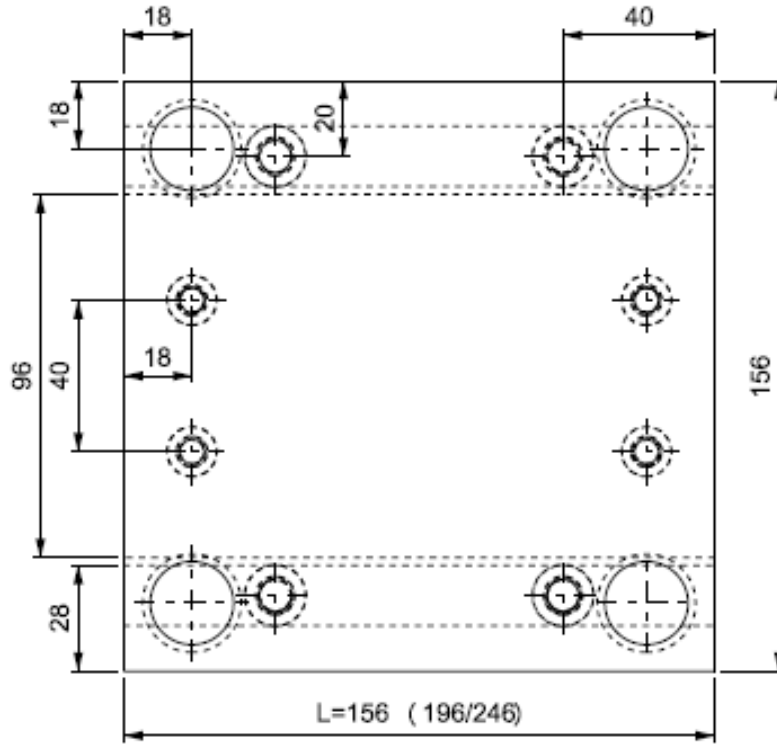
**A. COMBINACIONES POSIBLES DE PLACAS**



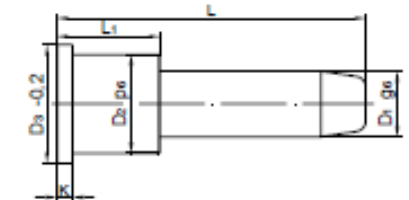
Fuente: <http://www.totalmatrix.com/catalogo/catalogo.htm>

PSS		Placa Base Superior
PSE-P		Placa Base Superior Encolumnada
PSXS		Placa de Moldeo Superior
PM		Placa Móvil
PI		Placa de Moldeo inferior
PX		Placa Soporte
PXE		Placa Soporte Encolumnada
P		Paralelas
PE		Placa Expulsora
PFI		Placa Base Inferior

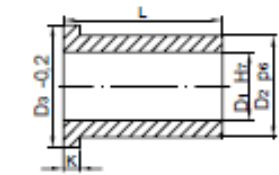
Fuente: <http://www.totalmatrix.com/catalogo/catalogo.htm>



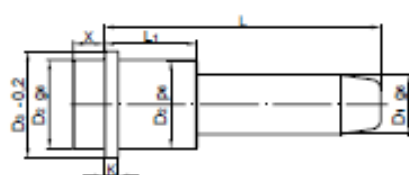
# 156



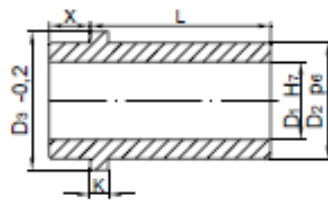
D1	D2	D3	K	L1	L													
					50	60	70	80	90	100	120	140	160	180				
16	22	26	5	22	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
				26	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
				36	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
				46	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
				56	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
				66	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
				76	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•



D1	D2	D3	K	L									
				22	26	36	46	56	66	76	86	96	
16	22	26	5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•



D1	D2	D3	K	X	L1	L								
						70	80	100	120	140	160	180	200	
16	22	26	5	10	26	•	•	•	•	•	•	•	•	•
					36	•	•	•	•	•	•	•	•	•
					46	•	•	•	•	•	•	•	•	•
					56	•	•	•	•	•	•	•	•	•
					66	•	•	•	•	•	•	•	•	•
76	•	•	•	•	•	•	•	•	•					

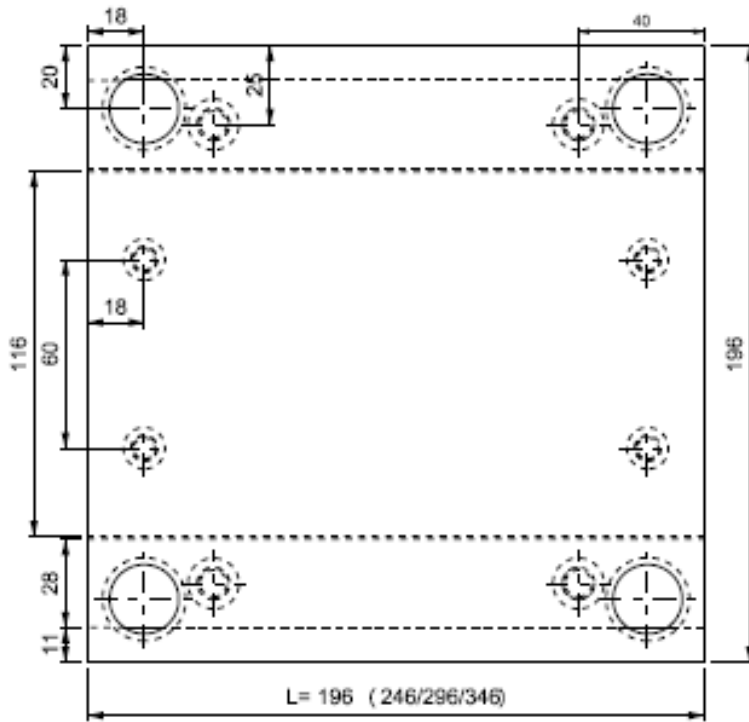


D1	D2	D3	K	X	L						
					26	36	46	56	66	76	86
16	22	26	5	10	•	•	•	•	•	•	•

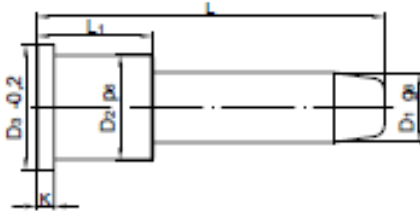
Fuente: <http://www.totalmatrix.com/catalogo/catalogo.htm>

PSS		S							
		L	22	26	36	46	56	66	76
		156	•						
		196	•						
PSE-P		S							
		L	22	26	36	46	56	66	76
		156	•						
		196	•						
PSXS		S							
		L	22	26	36	46	56	66	76
		156	•	•	•				
		196	•	•	•				
PM		S							
		L	22	26	36	46	56	66	76
		156	•	•	•				
		196	•	•	•				
PI		S							
		L	22	26	36	46	56	66	76
		156	•	•	•	•	•	•	
		196	•	•	•	•	•	•	
PX		S							
		L	22	26	36	46	56	66	76
		156		•					
		196		•					
PXE		S							
		L	22	26	36	46	56	66	76
		156		•					
		196		•					
P		S							
		L	57	77	97	117	147		
		156	•	•					
		196	•	•					
PE		S							
		L	61/8	22/16	27/16				
		156	•						
		196	•						
PFI		S							
		L	22	26	36	46	56	66	76
		156	•						
		196	•						

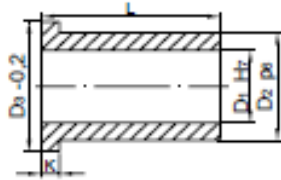
Fuente: <http://www.totalmatrix.com/catalogo/catalogo.htm>



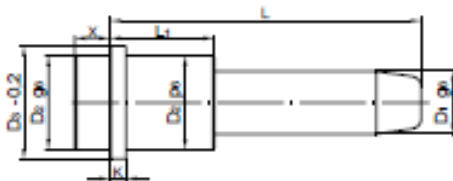
# 196



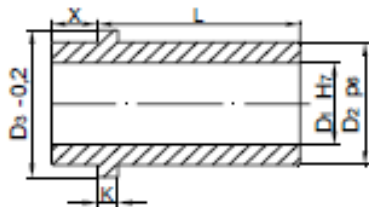
D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	K	L <sub>1</sub>	L															
					50	60	70	80	90	100	120	140	160	180						
16	22	26	5	22	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
				26	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
				36	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
				46	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
				56	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
				66	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
				76	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•



D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	K	L									
				22	26	36	46	56	66	76	86	96	
16	22	26	5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•



D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	K	X	L <sub>1</sub>	L								
						70	80	100	120	140	160	180	200	
16	22	26	5	10	26	•	•	•	•	•	•	•	•	•
					36	•	•	•	•	•	•	•	•	•
					46	•	•	•	•	•	•	•	•	•
					56	•	•	•	•	•	•	•	•	•
					66	•	•	•	•	•	•	•	•	•
76	•	•	•	•	•	•	•	•	•					

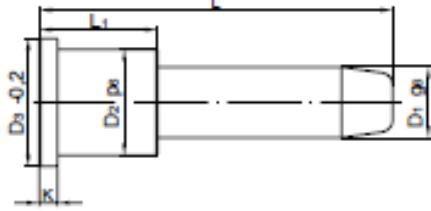
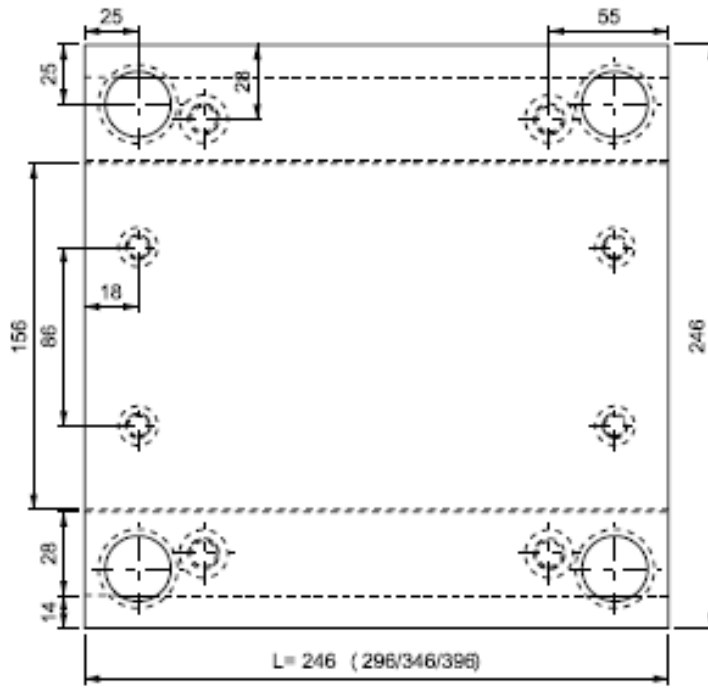


D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	K	X	L						
					26	36	46	56	66	76	86
16	22	26	5	10	•	•	•	•	•	•	•

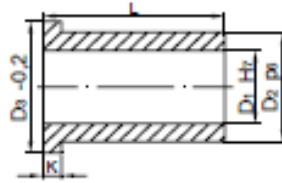
PSS		Ø							
		L	22	26	36	46	56	66	76
		196	•						
		246	•						
		296	•						
PSE-P		Ø							
		L	22	26	36	46	56	66	76
		196	•						
		246	•						
		296	•						
PSXS		Ø							
		L	22	26	36	46	56	66	76
		196		•	•	•	•		
		246		•	•	•	•		
		296		•	•	•	•		
PM		Ø							
		L	22	26	36	46	56	66	76
		196	•	•	•				
		246	•	•	•	•			
		296	•	•	•	•			
PI		Ø							
		L	22	26	36	46	56	66	76
		196		•	•	•	•	•	•
		246		•	•	•	•	•	•
		296		•	•	•	•	•	•
PX		Ø							
		L	22	26	36	46	56	66	76
		196		•					
		246		•					
		296		•					
PXE		Ø							
		L	22	26	36	46	56	66	76
		196		•					
		246		•					
		296		•					
P		Ø							
		L	57	77	97	117	147		
		196	•	•					
		246	•	•					
		296	•	•					
PE		Ø							
		L	11/12	22/16	27/16				
		196	•						
		246	•						
		296	•						
PFI		Ø							
		L	22	26	36	46	56	66	76
		196	•						
		246	•						
		296	•						

Fuente: <http://www.totalmatrix.com/catalogo/catalogo.htm>

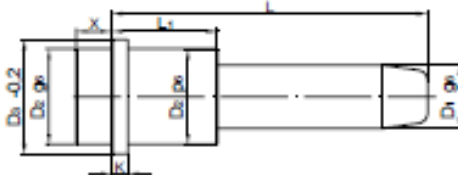
# 246



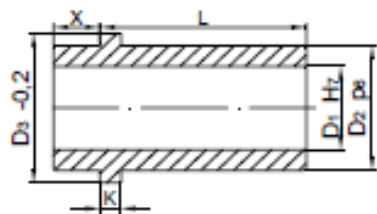
D1	D2	D3	K	L1	L																	
					60	70	80	90	100	120	140	160	180	200								
20	28	32	6	25	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
				36	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
				46	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
				56	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
				66	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
				76	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
				86	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
				96	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•



D1	D2	D3	K	L															
				26	36	46	56	66	76	86	96	106	116	126					
20	28	32	6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•



D1	D2	D3	K	X	L																	
					L1	70	80	100	120	140	160	180	200									
20	28	32	6	10	36	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
					46	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
					56	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
					66	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
					76	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
96	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•				



D1	D2	D3	K	X	L								
					26	36	46	56	66	76	86		
20	28	32	6	10	•	•	•	•	•	•	•	•	•

PSS		Ø							
		L	22	26	36	46	56	66	76
		246		•					
		296		•					
		346		•					
PSE-P		Ø							
		L	22	26	36	46	56	66	76
		246		•					
		296		•					
		346		•					
PSXS		Ø							
		L	22	26	36	46	56	66	76
		246		•	•	•	•		
		296		•	•	•	•		
		346		•	•	•	•		
PM		Ø							
		L	22	26	36	46	56	66	76
		246		•	•	•			
		296		•	•	•			
		346		•	•	•	•		
PI		Ø							
		L	22	26	36	46	56	66	76
		246		•	•	•	•	•	•
		296		•	•	•	•	•	•
		346		•	•	•	•	•	•
PX		Ø							
		L	22	26	36	46	56	66	76
		246			•				
		296			•				
		346			•				
PXE		Ø							
		L	22	26	36	46	56	66	76
		246			•				
		296			•				
		346			•				
P		Ø							
		L	57	77	97	117	147		
		246	•	•					
		296	•	•					
		346	•	•					
PE		Ø							
		L	11/12	22/16	27/16				
		246	•						
		296	•						
		346	•						
PFI		Ø							
		L	22	26	36	46	56	66	76
		246		•					
		296		•					
		346		•					