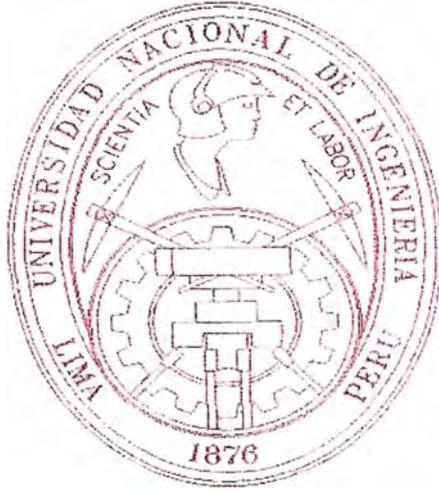


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DISEÑO DE UNA TAPA DE CIERRE TIPO BISAGRA DE 29 MM DE  
DIAMETRO PARA FRASCOS DE CHAMPÚ**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO MECANICO**

**MANUEL ISIDRO ESCURRA QUINTANILLA**

**PROMOCION 90-I**

**LIMA-PERU**

**2010**

## DEDICATORIA

A Dios, mis padres, mi esposa y mis hijos.

## INDICE

<b>Prólogo.....</b>	<b>1</b>
<b>1. Capítulo 1: Introducción.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Capítulo 2: Conceptos del diseño de elementos plásticos.....</b>	<b>7</b>
2.1. Materiales para la elaboración de componentes plásticos.....	7
2.2. Procesos para la obtención de productos de termoplásticos....	10
2.3. Proceso de obtención de productos de plástico por inyección ..	13
2.4. Materiales para inyección de plástico .....	14
2.4.1. Propiedades mecánicas.....	15
2.4.2. Propiedades físicas.....	17
2.4.3. Materiales más usados .....	18
2.5. Recomendaciones para el diseño de piezas inyectadas.....	22
2.6. Costeo de piezas plásticas. ....	26
<b>3. Capítulo 3: Criterios para la fabricación de la matriz.....</b>	<b>29</b>
3.1. Criterios para la selección de los materiales de la matriz.....	29
3.2. Criterios para la selección de la estructura de la matriz.....	34
3.3. Criterios para la selección del equipo de inyección de plástico.	36
<b>4. Capítulo 4: Diseño de la tapa .....</b>	<b>41</b>
4.1. Parámetros para el diseño de la tapa .....	41
4.1.1. Matriz de especificaciones técnicas de la tapa.....	41

4.1.2. Prototipos.....	43
4.1.3. Especificaciones técnicas preliminares .....	45
4.2. Selección del material.....	47
4.3. Cálculos de la tapa.....	49
4.3.1. Cálculo de la bisagra.....	49
4.3.2. Cálculo de fuerza de ensamble con el frasco.....	53
4.3.3. Cálculo de fuerza de unión con el frasco.....	56
4.3.4. Cálculo de fuerza de ajuste entre pin y agujero de salida..	57
<b>4.4. Planos finales de la tapa .....</b>	<b>60</b>
<b>5. Costos de la tapa .....</b>	<b>61</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>65</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>66</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>67</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>68</b>

## PRÓLOGO

El presente trabajo consiste en el diseño de una tapa de cierre tipo bisagra de 28 mm de diámetro para frascos de champú. Para este diseño se ha tomado en cuenta por sobretodo la evaluación de la necesidad de abastecer al cliente con un producto funcional y de bajo costo, así como de buena apariencia estética. En la industria de bienes de consumo masivo de cuidado personal, se debe tomar muy en cuenta esta evaluación inicial, ya que la estética de los envases constituye un elemento de soporte al marketing del producto, al contrario de otro tipo de industrias.

En el capítulo 1 del trabajo se describe en forma muy sucinta la industria del plástico en el Perú y en el mundo, mostrando datos que ponen de manifiesto la gran dinámica de esta industria en las empresas fabricantes de bienes de consumo con componentes plásticos.

En el capítulo 2, se presenta las bases técnicas necesarias para abordar con éxito el diseño del componente plástico, siendo descrito el uso de materias plásticas por el proceso de inyección, el cual es motivo de este trabajo. Se describen los materiales plásticos más comúnmente usados en este campo, los principios básicos para el diseño de una tapa plástica. Finalmente se nombran los métodos de costeo de piezas de material termoplástico.

En el capítulo 3, se dan los conceptos principales de la fabricación de la matriz, como el tipo de matriz que debe contemplarse al momento de solicitar la ejecución del trabajo, así como los materiales que la componen. La matriz se constituye en la realización del proyecto del componente plástico y el ingeniero del diseño debe conocer los detalles técnicos para su correcta manufactura. La capacidad del equipo de inyección para la fabricación de la tapa debe ser revisada para que no ocurran problemas luego en la fabricación industrial de la pieza. Existen muy buenas matrices que simplemente no se han podido usar, por no tener en cuenta las condiciones técnicas del equipo en el cual se van a trabajar. El fabricante debe involucrarse desde un inicio para estar seguros que los equipos son los más adecuados.

En el capítulo 4, se ejecuta el diseño de la pieza para el envase cosmético, se hace el levantamiento de las necesidades del cliente más importantes, que serán considerados en la verificación del proyecto. Luego con los criterios anteriores y el uso descrito, se selecciona el material adecuado. A continuación se elabora la especificación preliminar del componente que define el objetivo de calidad, funcionalidad y resistencia contra la cual se evaluarán los componentes resultantes. En este proceso es muy importante destacar el diseño industrial, que toma los elementos de factores críticos, conjugándolos con el requerimiento estético del componente para definir la forma externa que deberá llevar el producto final. En esta labor, el ingeniero, se ayuda de herramientas como son principalmente los prototipos físicos. Finalmente, se modela tridimensionalmente el componente con ayuda de los programas CAD, que generan los planos finales del componente en dos dimensiones, los cuales servirán para la elaboración de las matrices de inyección.

En el capítulo 5, se hace un cálculo teórico del costo de la tapa diseñada acorde a la teoría desarrollada en la University of Massachusetts Amherst.

En Anexo 1, se adjuntan las tablas de compatibilidad química del polipropileno, material usado para este producto.

En el anexo 2, el estudio para el cálculo de costos de piezas plásticas, que no es motivo principal de este estudio, pero que ayudará a comprender la complejidad del proceso.

En el anexo 3, la guía de consideraciones estéticas para el diseño de componentes plásticos de la Sociedad de Inyectores Plásticos Americana.

En el anexo 4, las tolerancias recomendadas para piezas de polipropileno, material usado en el producto diseñado.

En los anexos 5 y 6, los planos de tapa y frasco del Champú.

## CAPITULO I

### INTRODUCCIÓN

El propósito del presente es demostrar el diseño mecánico de un envase de material plástico de un producto del mercado de bienes de consumo. Se hace énfasis en la forma práctica del trabajo ante el requerimiento de diseñar un componente de este tipo, haciendo uso de formulas, tablas técnicas y experiencias de trabajos anteriores. El alcance va desde la primera solicitud del cliente hasta la finalización del plano de detalle y las especificaciones técnicas de la tapa.

Este tipo de trabajo es requerido muy frecuentemente a los ingenieros mecánicos, quienes deben apoyarse en sus conocimientos de materiales de fabricación y diseño de elementos mecánicos para lograr su objetivo. Formalmente este grado de conocimiento no es difundido en detalle en los cursos universitarios. Así la experiencia y conocimientos de fuentes especializadas para la obtención de información son muy importantes en la ejecución de un buen diseño de componentes con resinas termoplásticas. Las ecuaciones y factores usados en ellas, corresponden a la experiencia práctica de los muchos proyectos que ya se han realizado.

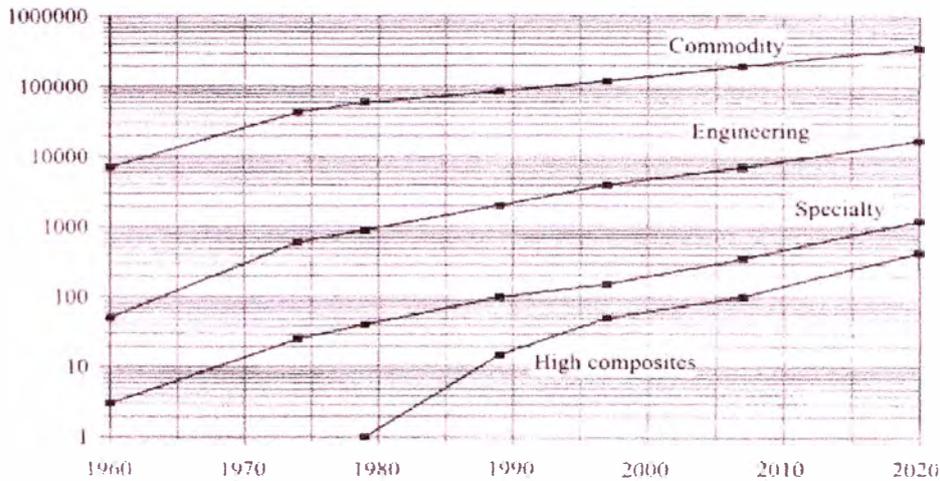
A nivel mundial existen asociaciones de industrias plásticas por países y en algunas asociaciones de ingenieros especializados en el campo del plástico. Por ejemplo es destacable la asociación de industrias plásticas de Estados unidos (SPI), Fundada en 1937, SPI es la Asociación de industria del plástico comercial que representa la industria manufacturera la tercera mayor en los Estados Unidos, las empresas

miembros de la SPI representan la industria del plástico toda la cadena de suministro, incluidos los procesadores, fabricantes de maquinaria y equipos y proveedores de materias primas. La industria de los EE.UU. emplea a 1,1 millones de trabajadores y provee cerca de 379 mil millones dólares en embarques anuales.

La tasa media de crecimiento mundial anual del 7,5% que llevó todos los polímeros sólidos de 8 millones de toneladas en el mundo en 1960, a 120 millones de toneladas en 1997, a más de 210 millones de toneladas en 2007 y va a continuar, llegando a cerca de 400 millones de toneladas en 2020, con una tasa anual más conservadora del 5%.

La producción total mundial y el consumo de plásticos, desde el principio y durante el siglo XX, ha mantenido una tasa media anual de crecimiento del 15%, o se duplica cada diez años, hasta 1975, cuando esta tendencia se rompió en la primera crisis del petróleo y esta elevada tasa de crecimiento no se logró de nuevo, a pesar de la entrada de nuevos productores y consumidores países de Asia y América Latina. El promedio anual tasa de crecimiento de los plásticos fue de 15% desde 1955 hasta 1974, y 5% posteriormente, desde 1975 hasta 1998. En la figura 1.1 se puede observar la evolución de la producción-consumo de plásticos a nivel mundial desde 1960.

### World Production Consumption of plastics in thousands of tons



**Fig. 1.1 Producción mundial de plástico en millones de toneladas. 8. PLASTICS IN THE WORLD TO 2020, Françoise Pardos, Pardos Marketing [8]**

En el Perú, según el reporte sobre la Industria Plástica peruana durante el año 2008, elaborado por el comité de Plástico de la SNI, el crecimiento entre enero y octubre del año pasado fue de 7,6%. En 2007, el crecimiento fue de 10,92%, el más alto de los últimos cinco años. Este dinamismo se debe al incremento de la demanda en construcción (particularmente de proyectos inmobiliarios, centros comerciales y ampliaciones de fábricas), agroexportación, bienes de consumo masivo y pesca, entre otros. Esta actividad también cobija la producción de empaques flexibles, de envases para pinturas, de cajas para cerveza y de envases en PET.

Este informe está limitado al uso de resinas termoplásticas para la fabricación de la tapa. No se ha encontrado antecedentes de trabajos similares anteriores. Asimismo no es alcance de este informe el diseño de la matriz de inyección, ni la selección de la máquina inyectora, sin embargo se mencionan los factores que deberán tomarse en cuenta para abordar estos temas.

## CAPITULO II

### CONCEPTOS DEL DISEÑO DE ELEMENTOS PLASTICOS

#### 2.1. MATERIALES USADOS EN LA ELABORACIÓN DE COMPONENTES PLÁSTICOS

Los compuestos macromoleculares o polímeros, son sustancias constituidas de moléculas grandes llamadas macromoléculas. Estas son estructuras aunque grandes, son simples ya que están constituidas por un grupo de átomos que se repiten a lo largo de su cadena a los cuales se llaman monómeros. Existen varios tipos de monómeros diferenciados por dimensión, estructura y composición, lo que origina la diferencia entre los tipos de polímeros. Si se utiliza una sola especie de monómero en el polímero el material se llama homopolímero, si se usan dos especies adquiere el nombre de copolímero.

Considerando las propiedades mecánicas del comportamiento térmico los polímeros se clasifican en:

- **Termoplásticos:**

Los termoplásticos son polímeros que pueden cumplir un ciclo de calentamiento-fusión y enfriamiento-solidificación por acción de la temperatura repetidas veces sin sufrir alteraciones. Los principales son:

- **Poliiolefinas:** Emplean como materia prima el etileno obtenido del craqueo del petróleo que, tratado posteriormente, permite obtener

diferentes monómeros y polímeros como polietilenos de alta densidad, polietileno de baja densidad y el polipropileno.

- Poliestirenos:
- Derivados de las proteínas: Pertenecen a este grupo el nylon y el perlón, obtenidos a partir de las diamidas.
- Derivados del caucho: Son ejemplo de este grupo los llamados comercialmente pliofilmes, clorhidratos de caucho obtenidos adicionando ácido clorhídrico a los polímeros de caucho.

- **Termoestables:**

Los plásticos termoestables son materiales que una vez que han sufrido el proceso de calentamiento-fusión y formación-solidificación, se convierten en materiales rígidos que no vuelven a fundirse. Generalmente para su obtención se parte de un aldehído. Podemos nombrar los siguientes:

- Polímeros del fenol (PF): Obtenidos por policondesación, se usan mayormente con materiales de relleno. Son plásticos duros, insolubles e infusibles, muy resistentes térmicamente, por lo que se usan para piezas técnicas también por su buena exactitud dimensional. Su uso es muy amplio en artículos para equipos eléctricos, automóviles, utensilios de cocina, etc.
- Resinas epoxi (EP): tienen propiedades mecánicas y térmicas interesantes por el uso de refuerzos de materiales inorgánicos como fibras de vidrio, carbono, cargas de metales, que dan un nivel de resistencia y rigidez cercana al acero.
- Melanina-formaldehído (MF): Se usa hasta con 60% de rellenos orgánicos o inorgánicos, que le dan propiedades de uso a

temperaturas de hasta 250°C, es resistente al agua caliente se usa en recubrimientos para láminas, en puertas, paredes, asas de vajillas y cubiertos.

- Urea-fomaldehído (UF): Similar en propiedades al PF, se usa para fabricar piezas de color blanco o tonos pasteles, su resistencia a corrientes parasitas le permiten ser usados para piezas de uso en instalaciones eléctricas.
- Poliésteres insaturados (UP): Se obtienen por polimerización, con un estireno. Para la construcción se usa principalmente con el refuerzo de fibra de vidrio. Tienen excelentes propiedades de resistencia de tracción, similares al acero empleado en construcción, pero su rigidez es mucho menor. Se usa para tuberías, depósitos, piezas para aviones, automóviles, navíos y construcción de luminarias y sanitarios.

- **Elastómeros:**

Los elastómeros se caracterizan por su elevada elasticidad y la capacidad de estiramiento y rebote, recuperando su forma primitiva una vez que se retira la fuerza que los deformaba. Comprenden los cauchos naturales y sintéticos; entre estos últimos se encuentran el neopreno y el polibutadieno. Los elastómeros son materiales de moléculas grandes las cuales después de ser deformadas a temperatura ambiente, recobran en mayor medida su tamaño y geometría al ser liberada la fuerza que los deforme.

En la tabla 2.1 se puede visualizar la clasificación de los polímeros de acuerdo a su composición, obtención y comportamiento térmico.

**Tabla 2.1 Tabla de Polímeros por comportamiento termomecánico**

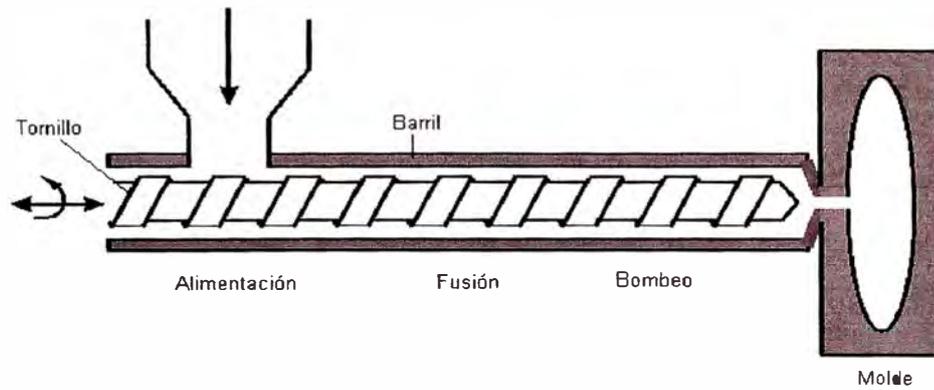
Clasificación de los polímeros naturales y sintéticos según el comportamiento termomecánico; Duroplásticos y Termoplásticos							
POLIMEROS NATURALES MODIFICADOS		POLIMEROS SINTETICOS OBTENIDOS POR:					
		POLICONDENSACIÓN		POLIMERIZACIÓN		POLIADICIÓN	
DUROPLASTICOS	TERMOPLASTICOS	DUROPLASTICOS	TERMOPLASTICOS	DUROPLASTICOS	TERMOPLASTICOS	DUROPLASTICOS	TERMOPLASTICOS
En base de caseína	Nitrato de celulosa Acetato de celulosa Esteres mixtos de celulosa	Fenólicos Melaminicos Ureicos Tioureicos Alquídicos Siliconicos	Poliestericos saturados lineales Poliamidicos Policarbonatos	Poliestericos no saturados reticulados	Poliétileno Polipropileno Policloruro de vinilo Polimetacrilatos Poliestirenos Polifluorocarbonatos Poliacetatos	Epoxidicos Poliuretanos reticulados	Poliuretanos lineales

*Ciencia y tecnología de los plásticos, Polimerización, Universidad de Lima, 1988 [9]*

## 2.2. PROCESOS MÁS USADOS PARA LA TRANSFORMACIÓN DEL PLÁSTICO

- **Inyección:**

La inyección es un proceso ampliamente utilizado para la obtención de componentes de polímeros termoplásticos de formas complicadas con alta calidad y alta precisión. En la mayoría de casos las piezas obtenidas no requieren un trabajo adicional para su uso por el cliente. En la figura 2.1, a continuación se puede ver un esquema de este proceso.



**Fig. 2.1 Esquema de la inyección de plástico**

- **Soplado:**

Mediante una extrusora se obtiene un tubo del material fundido, se corta y es luego atrapado dentro de un molde, recibe mediante una aguja o pin soplador aire comprimido que lo hincha y empuja contra las paredes del molde, adquiriendo su forma luego del enfriamiento. Este proceso se utiliza para obtener cuerpos huecos, botellas, frascos, garrafas, depósitos, etc. Ver Fig. 2.2.

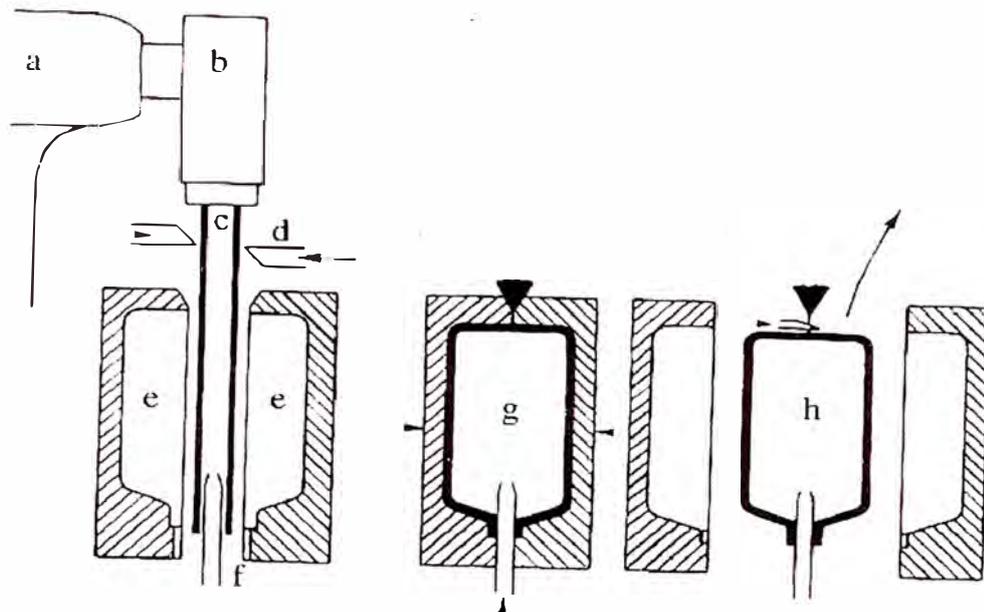


Fig. 2.2 Esquema del proceso de soplado plástico

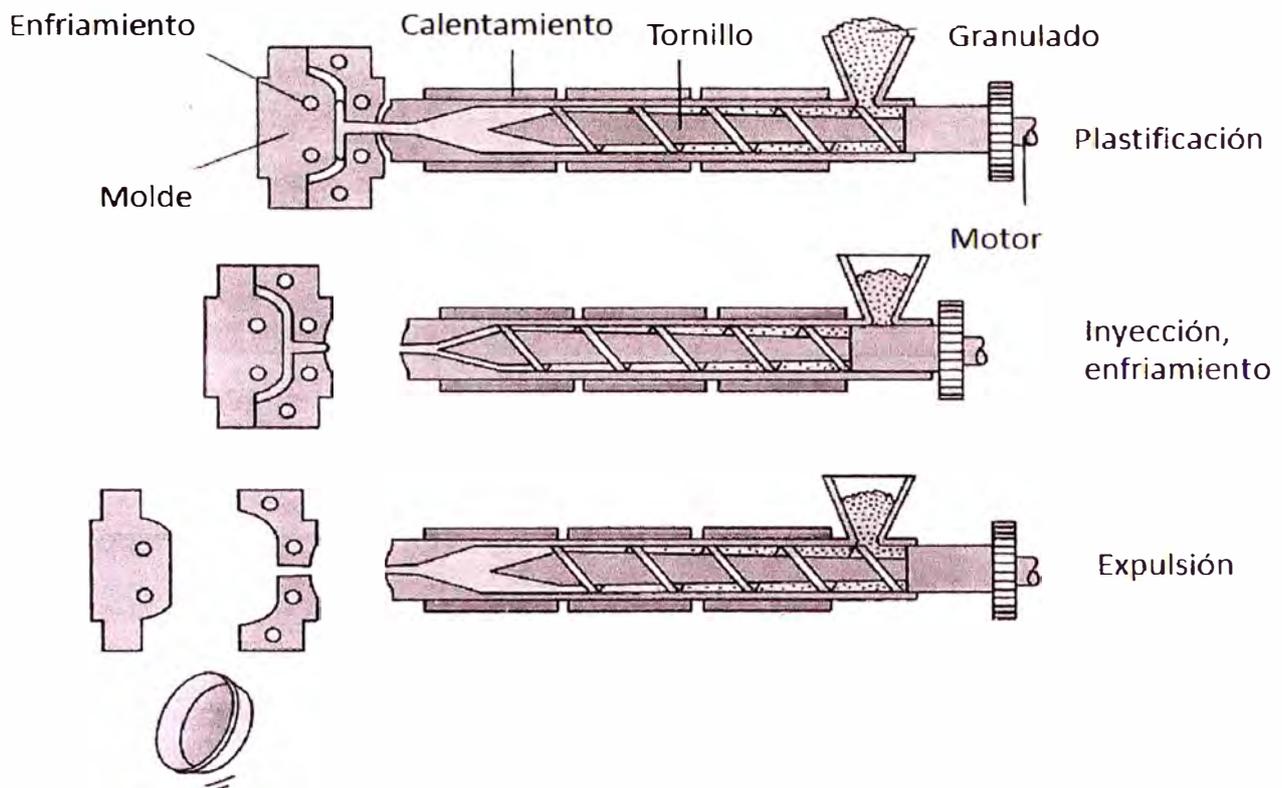
- **Termoformado:**

Se utiliza para el conformado de láminas de materiales termoplásticos, existen muchas variantes del proceso dependiendo de la máquina a usarse, pero básicamente el proceso que se sigue es colocar en la máquina el recorte de la plancha, calentarla hasta la temperatura de conformado, aplicar la fuerza de conformado (puede ser neumática o mecánica), enfriamiento de la pieza, retirar la fuerza de conformado, retirar la pieza y eliminar los sobrantes de material. Este proceso sirve para fabricar envases de alimentos, vasos, blísteres en láminas de PVC, PET, PP o Poliestireno, carcasas de refrigeradores, tableros de automóviles, y paneles para equipos de gran superficie.

## 2.3. PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE PRODUCTOS PLÁSTICOS POR INYECCIÓN

- **Prensas Inyectoras**

La máquina inyectora consta de una unidad de inyección y una unidad de cierre. La unidad de inyección es una extrusora con un tornillo móvil axialmente, lo que le permite trasladar, fundir, comprimir, inyectar y mantener la masa plástica en el molde. La unidad de cierre soporta al molde, abre para la expulsión de las piezas, mantiene cerrado el molde durante la inyección y expulsa la pieza al final del ciclo de enfriamiento. Los pasos del ciclo de inyección son los siguientes: 1) El tornillo empuja la masa fundida del termoplástico hacia la punta de inyección, la cual está apoyada en la entrada del molde, forzando su entrada en el, con mucha presión. 2) la masa inyectada se enfría y solidifica dentro del molde, recibiendo aun material y presión del husillo para lograr la pieza terminada. 3) La unidad inyectora retrocede, separándose del molde, este es abierto por unidad la inyectora dejando caer y expulsando la pieza terminada. En paralelo, el tornillo gira retrocediendo y transportando el granulado de la tolva que se funde en este transporte por la presión y el calentamiento, hacia la parte delantera del husillo, delante de la punta de inyección, quedando preparado para un nuevo ciclo. Estos pasos se ilustran en la figura 2.3.



**Fig. 2.3 Proceso de inyección de plástico**

## 2.4. MATERIALES PARA INYECCION DE PLASTICO

La variedad de materiales para inyección es muy amplia, con diferencias en su transformación que no hacen posible una descripción general e ideal. Sin embargo se puede dar una descripción de los requisitos que los materiales deben cumplir para poder ser usados en el proceso de inyección plástica.

La forma de suministro del material debe ser homogénea en toda su cantidad. Generalmente se presenta en granos que deben ser del mismo tamaño, sin rebabas, limpiamente cortados. Una deficiencia en el suministro puede llevar a tener problemas de acumulaciones de material, unidos entre si dentro de la tolva, o irregularidades en la coloración con pigmentos, como

también si el material si es higroscópico, en el contenido de humedad, que debe ser extraído con una estufa antes de la inyección.

El material será exigido térmicamente al ser procesado dentro del cilindro de plastificante, debe ser estable químicamente durante este proceso sin presentar señales de descomposición térmica de ningún tipo. Estas se manifiestan a través del quemado del material, al permanecer mucho tiempo a alta temperatura, por ejemplo, o pueden separarse los componentes químicos, lo cual puede ser muy negativo para las piezas internas del equipo y el molde, que son atacadas por elementos agresivos o corrosivos.

Los aditivos que se usan como plastificantes, dispersantes, colorantes y lubricantes, no deben tener elementos volátiles que se pierdan en el curso de la inyección y debe ser capaces de resistir las mismas exigencias del material que acompañan.

Para que el material pueda tener al exactitud dimensional exigida es necesario que la contracción sea uniforme y dentro de lo posible pequeña. Una contracción excesiva no podrá garantizar alcanzar las tolerancias establecidas, así como afectará el proceso de desmoldeo en el trabajo continuo.

#### **2.4.1. Propiedades Mecánicas**

- **Límite de elasticidad:** determinado fácilmente mediante el proceso de llevar una probeta del material hasta el límite de rompimiento por tracción. Cada material tiene un comportamiento diferente en las etapas previas al rompimiento. Para los termoplásticos, el límite elástico puede variar grandemente con la temperatura. Aun con

plásticos que son similares estos valores varían considerablemente, lo cual debe verse en las hojas técnicas de los materiales. Un termoplástico puede soportar una carga por un corto tiempo y volver a su forma original (dentro de su límite elástico), pero si es cargado por largo tiempo su estructura molecular es cambiada y no retomará su forma original. Es por ello que por ejemplo un termoplástico no debe ser usado para fabricar resortes.

- **Resistencia a la compresión:** Tal como en muchos metales, la resistencia a la compresión tiene el mismo valor que el límite de elasticidad.
- **Resistencia al corte:** en los plásticos es cerca del 40-50% del límite de elasticidad.
- **Resistencia al impacto:** Varía grandemente según el tipo de plástico y su estructura molecular. Cada hoja de especificaciones de material muestra el valor respectivo, referenciando el método usado del test. Es importante comparar materiales, usando valores obtenidos con el mismo tipo de test. Los tipos más usados son el ASTM D-256, Charpy Test y el ASTM D-1822, test de impacto. Algunos plásticos son muy resistentes, pero otros se quiebran fácilmente con el impacto. Las mezclas con fibra de vidrio o carbón mejoran considerablemente esta característica. La temperatura y la humedad influyen en la resistencia.
- **Resistencia a la flexión:** está relacionado con el límite de elasticidad y la resistencia a la compresión y debe observarse en las tablas que comparan la rigidez de los materiales.

- **Modulo de elasticidad:** Es expresado como la tangente de la curva de Esfuerzo-deformación hasta el límite superior. Mientras mas rígido el material mayor el valor del Angulo de inclinación de la curva. Para el acero, en promedio,  $E=29,000,000$  psi, prácticamente no cambia en un rango normal de temperatura. Para un plástico muy resistente, por ejemplo Policarbonato, el valor de  $E(\text{tensión})= 345,000$  psi,  $E(\text{compresión})=350,000$  psi y  $E(\text{flexión}) = 340,000$  psi, por ello debe consultarse siempre las hojas de especificaciones de los materiales.
- **Dureza:** resistencia a la abrasión, resistencia al arañado y resistencia al desgaste, son características que en algunas aplicaciones son importantes de evaluar considerando el mismo tipo de test para los materiales.

#### 2.4.2. Propiedades físicas

Las mismas consideraciones señaladas para las propiedades mecánicas aplican para las propiedades físicas. Las propiedades físicas más comunes son:

Coefficiente de expansión termal

Temperatura de deformación bajo carga lateral

Conductividad térmica

Propiedades eléctricas (conductividad, etc)

Resistencia al fuego

Resistencia a los rayos ultravioleta

Resistencia al agua

Resistencia a solventes

Resistencia a agentes inorgánicos y soluciones como álcalis, ácidos débiles, sales, etc.

En las tablas de propiedades de plásticos se encuentra como cada plástico es afectado cuando está bajo la influencia de los agentes antes nombrados, cuando el ingeniero de diseño no encuentre una característica que desea conocer debe contactar al proveedor, fabricante del material para que pueda especificarle mayores detalles.

### **2.4.3. Materiales más usados**

Entre los materiales que se utilizan en la industria de inyección de plástico se puede nombrar los siguientes:

- **Polietileno de alta densidad:**

Material de aspecto incoloro opaco (lechoso), con diversas tonalidades de su suministro, aspecto ceroso al tacto. Presenta una alta rigidez, estabilidad de forma, temperatura máxima sin deformación, 105° C. Puede usarse en artículos que requieran esterilizarse, es insípido e inodoro. Se usa para utensilios domésticos, juguetes, vasos, aparatos médicos, cajas, etc. Es estable químicamente frente a ácidos y álcalis, alcohol. No es estable frente a hidrocarburos clorados, benzol, bencina, carburantes.

- **Polietileno de baja densidad:**

El aspecto de suministro es similar al polietileno de alta densidad. Presenta alta flexibilidad, buena resistencia térmica, baja dureza superficial, es insípido e inodoro, su temperatura máxima sin

deformación alcanza los 95° C, se usa para recipientes domésticos, juguetes, frascos flexibles, aparatos médicos. Su resistencia química es similar al polietileno de alta densidad. Los recipientes fabricados con este material son permeables a líquidos volátiles.

- **Polipropileno:**

Su suministro se hace en gránulos de aspecto opaco y con color, según se requiera. Tiene una elevada estabilidad frente al calor, resistencia a la tracción y choque, es rígido y tiene una buena dureza superficial. Se puede usar y esterilizar hasta temperaturas de 130° C, sin deformación. Su campo de uso, es juguetes, recipientes de uso doméstico, artículos para elementos mecánicos y equipos eléctricos, cascos protectores, etc. Es estable químicamente ante ácidos débiles, álcalis débiles, es condicionada su resistencia ante el alcohol, esteres, cetonas, éteres, aceites y grasas. Es inestable frente a ácidos concentrados, álcalis concentrados, hidrocarburos clorados.

- **Poliestireno:**

La forma de suministro más corriente en el mercado es en gránulos cilíndricos con color transparente y coloreado. Tiene una gran exactitud de medidas, resistente a la humedad y estable al agua. Se usa para elementos constructivos eléctricos, objetos domésticos, juguetes, artículos de escritorio, publicitarios, pequeños recipientes. Es estable ante ácidos, álcalis, alcohol. Condicionalmente estable ante aceites y grasas animal y vegetal. Es inestable frente a esteres, cetonas, éteres, hidrocarburos clorados.

- **Policarbonato:**

Se suministra en granos transparentes incoloros, ligeramente amarillento. Tiene una alta resistencia mecánica dentro de un amplio rango de temperatura, alta estabilidad dimensional, estabilidad al envejecimiento. Se utiliza para piezas de aislamiento y por su estabilidad al calor, es usado en la técnica de la iluminación, electricidad e industria del automóvil, aparatos médicos, cascos de seguridad, lentes ópticos, objetos domésticos con elevadas exigencias.

Es estable frente a los ácidos débiles, alcohol, bencina, aceites y grasas. Condicionalmente estable frente a ácidos concentrados, álcalis débiles. Inestable frente a álcalis concentrados, cetonas, esterres, hidrocarburos clorados, benzol.

En la tabla 2.2 muestra las básicas del procesamiento de los termoplásticos más comunes de la industria de inyección de plástico.

Tabla 2.2 Características básicas de los termoplásticos más comunes de la industria de inyección de plásticos

Material		Acetal	ABS	Acrílico	Acetato celulosa	Acetato butirato de celulosa	Propionato de celulosa	Polieter clorado	Clorotri- fluor- etileno	Nylon (polia- mida)	Poli- carbonato
Prefijo SPI	N.º ASTM		ABS	MM	CA	CAB	CP		HH	PA	
<b>Propiedades eléctricas:</b>											
Resistencia de arco, s	D495	129	90	No	200		180		> 360	140	120
Constante dieléctrica	D150										
60 hertz		3,8	3,0	4,0	7,5	6,4	4,0	3,1	2,8	5,5	3,2
10 <sup>6</sup> hertz		3,8	3,0	3,5	7,0	6,3	4,0	3,0	2,7	4,9	3,0
10 <sup>9</sup> hertz		3,8	3,0	3,2	7,0	6,2	3,6	2,9	2,5	4,7	3,0
Factor de disipación	D150										
60 hertz		0,004	0,003	0,04	0,01	0,02	0,01	0,01	0,001	0,01	0,0009
10 <sup>6</sup> hertz		0,004	0,003	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01	0,023	0,01	0,0021
10 <sup>9</sup> hertz		0,004	0,005	0,02	0,01	0,05	0,01	0,01	0,009	0,03	0,01
Rigidez dieléctrica, V/mm	D149	15 700	13 800	13 800	7 850	9 850	11 800	15 700	17 700	12 600	14 330
Resistividad volumétrica, Ω · cm	D257	10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>13</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>13</sup>	10 <sup>13</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>13</sup>	10 <sup>14</sup>
<b>Propiedades mecánicas:</b>											
Resistencia a la tracción, kg/cm <sup>2</sup>	D651, D638	635	490	775	600	485	550	420	420	985	670
Módulo de tracción, kg/cm <sup>2</sup> × 10 <sup>4</sup>		29,0	24,5	31,5	28,0	14,0	15,5	11,0	21,0	26,5	24,5
Alargamiento, %		15		10	70	88	100	160	250	320	100
Resistencia a la compresión, kg/cm <sup>2</sup>	D695	1 265	490	1 265	2 530	1 545	1 545		520	915	880
Resistencia a la flexión, kg/cm <sup>2</sup>	D790	985	740	1 195	1 125	655	800	350	655		950
Resistencia al impacto, kg · cm/cm	D256	7,5	38,0	2,5	28,5	34,5	62,5	2,0	14,5	22,0	87,0
Dureza, Rockwell	D785	R120	M110	M105	R125	R115	R122	R100	R95	R118	R118
<b>Propiedades térmicas:</b>											
Temperatura de distorsión térmica a 18,55 kg/cm <sup>2</sup>	D648	255	200	210	190	202	228	285	258	167	280
Temperatura máxima de uso, °C		85,0	98,9	87,8	104,4	104,4	104,4	143,3	198,9	121,1	121,1
Coefficiente de dilatación térmica	D696	8,1	11	9	16	17	17	8	7	8	7
Conductividad térmica	C177	5,5	3,0	0,0	8,0	8,0	8,0	3,1	5,3	5,9	4,6
Inflamabilidad, mm/min	D635	28		30			33	No arde	No arde	No arde	No arde
<b>Propiedades químicas:</b>											
Absorción de agua, % en 24 h	D570	0,25	0,45	0,4	6,5	2,2	2,8	0,01	0,00	1,88	0,15
No resistente a	D543	Ácidos fuertes	Ácidos oxidantes, cetonas, ésteres, disolventes clorados	Cetonas, ésteres, disolventes aromáticos y clorados		Bases fuertes, cetonas, ésteres, disolventes aromáticos y clorados		Ácidos oxidantes	Disolventes clorados	Ácidos fuertes, fenol	Alcalis, disolventes aromáticos y clorados

## 2.5. RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE PIEZAS INYECTADAS

El diseño de un producto plástico es influenciado por factores tales como la forma estética, la productividad, el producto a contener y otros factores de tipo funcional básicamente. Estos factores funcionales, incluyen la estabilidad dimensional y la resistencia a las condiciones de uso, muchas veces las piezas plásticas son sometidas a esfuerzos y deformaciones. Estos esfuerzos deben ser tomados en cuenta, ya que muchas veces las piezas irán ensambladas con otras para formar un producto terminado. El objetivo del diseño del producto por tanto, debe ser el sobrepasar los requerimientos de esfuerzos al que va a ser sometido el producto plástico durante su tiempo de vida útil. Este diseño a su vez debe considerar el material, el proceso y los equipos que serán seleccionados para su fabricación. Como no es posible anticiparse a todas las cargas a las que está sometido el producto, se consideran valores representativos, anticipándose al requerimiento que pudieran tener en el servicio y considerando el peor escenario. Es difícil para el ingeniero de diseño de un producto plástico predecir la probabilidad de falla de un producto plástico durante su uso, ya que esto depende de la manufactura y de las condiciones externas de uso, dos cosas que no puede controlar completamente.

La metodología para el diseño de productos plásticos tiene que desarrollarse combinando la experiencia del ingeniero de diseño y el uso de prototipos, con una serie de pruebas y errores y por medios de simulación electrónica, mediante programas especializados para análisis estructural de productos plásticos.

Es importante que antes de realizar el análisis, se tome en cuenta los siguientes factores para el diseño adecuado:

Geometría del producto plástico

Tipo de soporte o ensamble

Cargas a las que estará sometido

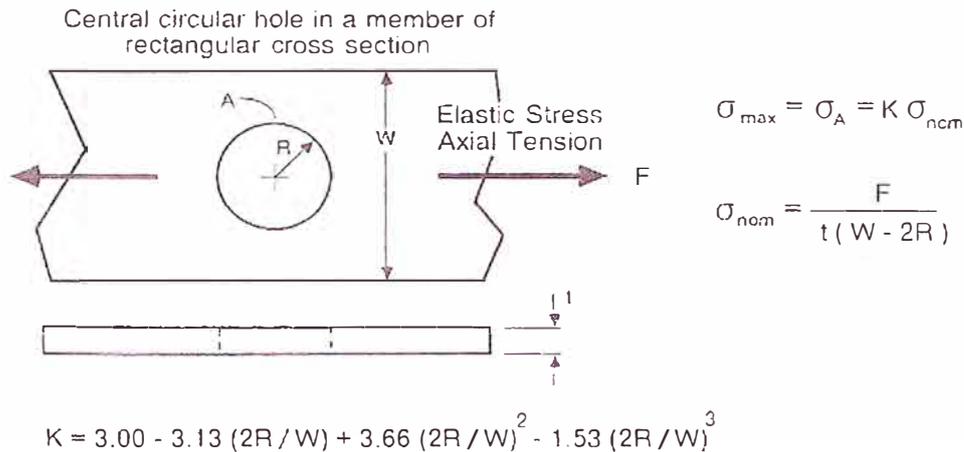
Condiciones ambientales de uso

Comportamiento del material, características mecánicas.

Factores de seguridad.

Se debe tratar de simplificar la geometría del producto plástico, a fin de poder analizar las cargas a las que es sometido. Es una facilidad del proceso de inyección que puedan fabricarse productos muy complejos, pero si se quiere realizar un análisis este debe simplificarse. Las formulas usadas para los cálculos podemos encontrarlas en los libros especializados y derivan de las usadas para otros materiales de fabricación. Se debe aplicar las formulas por separado a cada parte de la pieza que se desee analizar, los resultados de los cálculos deben considerarse como aproximados, dado que las partes no son entidades independientes.

Al igual que con piezas metálicas las partes plásticas también tienen zonas de concentración de esfuerzos que deben ser observadas al momento del diseño. Tales zonas como esquinas, agujeros, o cualquier discontinuidad que conduzca a una concentración de esfuerzos, deben ser estimadas, sin embargo todas estas consideraciones serán aproximaciones de la realidad, por las geometrías complejas de los productos y deben ser comprobadas con el uso de pruebas en prototipos.



**Fig. 2.4 Influencia de la geometría para el cálculo de los esfuerzos**

Los productos plásticos en el uso, deben ser soportados en alguno de sus puntos para la prestación del servicio. Para el cálculo de las fuerzas que deben soportar se debe identificar el tipo de soporte, sea este libre, fijo, simple apoyado o guiado, con lo cual se define los grados de libertad.

La carga a la que estará sometido el producto plástico será anticipada por las condiciones de uso, las condiciones ambientales y la experiencia pasada con productos similares. Por regla general, se considera que el diseño del producto deberá soportar las peores condiciones previstas a fin de lograr la seguridad de su uso. Si bien se toman en consideración primero las cargas externas, deben tomarse en cuenta los esfuerzos que provienen del ensamble con otros componentes, transporte del material, efectos térmicos, y el peso propio del producto. Estos factores combinados con esfuerzos internos que provienen del moldeo del material pueden llevar a la falla durante el servicio, no son fáciles de predecir. La recomendación de mantener en el producto un espesor de pared uniforme debe ser tomada en cuenta para evitar esfuerzos internos no deseados. Los programas de simulación de plástico, son de ayuda para determinar cambios en la construcción del molde y en las condiciones de moldeo. El ingeniero de

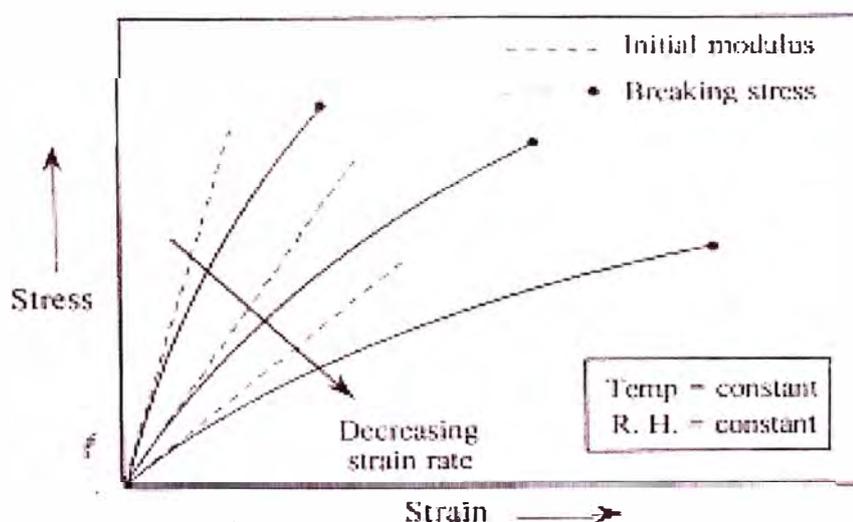
diseño solo tiene control en este aspecto, solo de realizar las recomendaciones, que dependen luego del fabricante del molde o del maquinista del equipo de inyección.

Las características mecánicas del material también deben ser conocidas antes del diseño del producto, se usaran en los cálculos, por ejemplo, el modulo de elasticidad para obtener el resultado de esfuerzos y deformaciones. No todos los materiales plásticos tienen aceptables valores de deformación para el uso y es difícil predecir su comportamiento mecánico completo. Las especificaciones que tienen estos materiales son obtenidos en laboratorios con muestras moldeadas en condiciones ideales, por lo cual no es suficiente esta información. Una lista de los factores que pueden tener influencia en el material se pueden ver en la tabla 2.3.

**Tabla 2.3 Factores que influncian en el material plástico**

Ambiente de uso	Condiciones de carga	Factores de proceso
Temperatura	Duración de la carga	Cristanilidad
Humedad relativa	Frecuencia de la carga	Orientación molecular
Exposición química	Esfuerzo constante	Orientación de refuerzo
Exposición UV	Deformación constante	Nivel de degradación
Oxidación	Magnitud de la carga	Calidad de soldadura
Tiempo de exposición	Tipo de carga	Deformaciones
---	---	Condiciones de empaque
---	---	Nivel de esfuerzo interno.

La hoja de especificaciones técnicas del material debe ser cuidadosamente usada para extraer los valores, tomando en cuenta las condiciones que allí se indican, estos no cubren todas las situaciones universales. El comportamiento mecánico varía con el uso del material, por ejemplo una parte de plástico que se ensambla y luego es sometida a un esfuerzo, con sectores de su geometría con esfuerzos de tensión, compresión o corte. En la figura 2.5, se puede observar como un material puede variar en su comportamiento por efecto de los factores antes citados.



**Fig. 2.5** Influencia de la temperatura en el diagrama de esfuerzo-deformación. 7. *Plastic Part Design for injection Molding*, Robert A. Malloy, Ed. Hanser [7]

## 2.6. COSTEO DE PIEZAS PLASTICAS

El producto en las primeras fases de diseño debe considerar el aspecto económico de su fabricación. En las primeras etapas de este diseño se toman las decisiones que luego influirán en los costos de moldes y de producción.

Los componentes del costo del producto plástico son mostrados en la siguiente ecuación:

$$C_{pp} = C_{material} + \frac{C_{prod}}{Y_{prod}} + \frac{C_{molde}}{N} \quad (2.1)$$

El material es el costo más significativo. El procesamiento también tiene una participación significativa y varía con el fabricante. El costo de procesamiento,  $C_{prod}$  depende del costo horario cargado por el uso de la máquina inyectora, así como el rendimiento de proceso,  $Y_{prod}$  que es el porcentaje de partes buenas del total producido. El costo del molde, es amortizado sobre el estimado de la cantidad de la producción,  $N$  en la vida útil del molde.

Existen dos métodos conocidos en la literatura de diseño de moldes que se pueden usar para estimar el costo de un molde de inyección de plástico: el método de Dixon y Poli y el método de Boothroyd y Dewhurst. Los dos métodos toman en cuenta como principal elemento, la complejidad de la pieza, pero ambos lo abordan de distinta forma. En el método de Dixon y Poli se estima el costo del molde, el material y el procesamiento de acuerdo a tablas. En este método se toma de referencia un disco de 72mm de diámetro externo y 60 mm de diámetro interno, el costo de referencia del molde para fabricarlo en 1991-92, que fue de \$7,000, del cual \$1,000 era costo de material. Se tienen atributos que son escogidos de tablas por la complejidad geométrica, el tamaño del producto, la forma, el número de paredes con cortes, etc. Las tolerancias de las medidas a lograr también son consideradas.

En el método de Boothroyd y Dewhurst (B-D) se usan formulas derivadas empíricamente y factores estimados de manufactura, para estimar las acciones que deben realizarse para transformar un molde base a un molde final. La suma de estos parámetros son luego afectados por el factor de costo de trabajo de la matricería, a esto se le suma el costo del material base sin trabajar, que incluye las placas y las cavidades.

La descripción detallada de ambos métodos podemos encontrarla en el anexo 2.

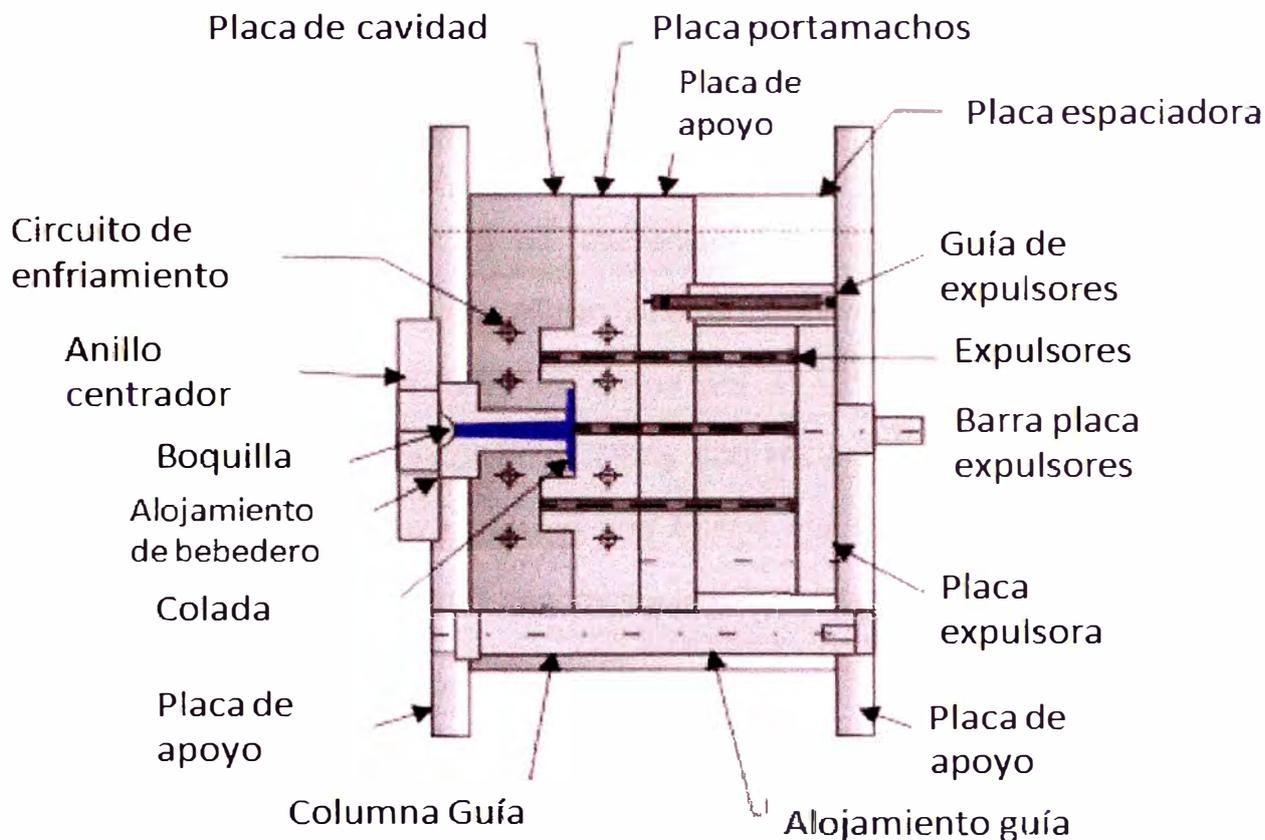
El costo del molde es uno de los costos asociados más importantes y que depende en última instancia de la cantidad de producción para diluir sus costos en la vida útil de a herramienta.

## **CAPITULO III**

### **CRITERIOS PARA LA FABRICACION DE LA MATRIZ**

#### **3.1. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LOS MATERIALES DE LA MATRIZ**

Los materiales de la matriz son generalmente siempre metálicos, acero aleado para una resistencia mecánica en el tiempo, que permita alcanzar un número de ciclos de trabajo esperado por el fabricante, que el acero sea capaz de ser adecuado para reproducir las piezas plásticas con una alta calidad y que sea compatible con el tipo de material plástico que se está moldeando. Dentro de la configuración de la matriz hay que distinguir sus partes, a fin de entender que el tipo de acero a usar es dependiente también del requerimiento de trabajo de cada componente. En la figura 3.1, que se muestra, podemos ver esquemáticamente la matriz típica de fabricación de una tapa, similar a la que se describe en este trabajo.



**Fig. 3.1 Esquema de una matriz de inyección de plástico**

De acuerdo a la solicitud de los aceros para matrices de plástico, estos deben ofrecer ventajas para los fabricantes de piezas de plástico:

- Elevada resistencia al desgaste
- Óptima conductividad térmica
- Óptima resistencia a la corrosión
- Excelentes propiedades de dureza y tenacidad, y resistencia a la compresión.

La selección del acero debe realizarse comparando las condiciones que se tendrán para el trabajo de la pieza, generalmente se evalúa la tenacidad, la pulibilidad, la maquinabilidad en estado de entrega y la dureza.

Para minimizar el riesgo de alteraciones dimensionales y fisuras por tensiones de temple, se utilizan aceros “pretemplados” para partes de grandes dimensiones. Son sometidos por el fabricante a un tratamiento térmico hasta una dureza entre 280 y 400 HB / aprox. 29 – 43 HRc. Con esta dureza, el acero conserva una buena maquinabilidad pero a la vez posee buena resistencia al desgaste y la robustez adecuada.

**Tabla 3.1 Aceros para Bonificación**

Designación	N° de Material	Resistencia a la tracción N/mm <sup>2</sup>
40C MnMo7	1.2311	---
40CrMnMoS8	1.2312	Aprox. 1000
54NiCrMoV6	1.2711	---

Las ventajas especiales de los aceros pretemplados son:

- No precisan tratamiento térmico después de la mecanización
- Se pueden utilizar en su estado de suministro, incluso en grandes dimensiones.

Las partes moldeantes, es decir los machos y cavidades deben estar fabricados de aceros que puedan ser resistentes a la corrosión, debido a que los materiales plásticos contienen aditivos abrasivos y químicamente

agresivos, esto reduce el mantenimiento de estas partes tan costosas de fabricar.

**Tabla 3.2 Aceros resistentes a la corrosión**

Designación	N° de Material	Dureza HRC	Observaciones
X42Cr13	1.2083	54-56	Resistente a la corrosión solo con tratamiento de pulido.
X36CrMo17	1.2316	50	Mecanizado después de tratamiento de revenido, alta resistencia a la corrosión.
X105CrMo17	1.4125	57-60	Acero resistente a la corrosión y a los ácidos, resistente al desgaste.

En estas partes también debe considerarse el uso de aceros para cementación y nitruración. Los aceros de cementación se templen mediante carburación de la capa superficial, es decir, se caracterizan por una dureza superficial muy alta (aprox. 62 HRC) combinada con un núcleo tenaz. Gracias a su excelente pulibilidad, estos aceros resultan especialmente adecuados para moldes pequeños e insertos. La dureza de los aceros de nitruración se incrementa mediante nitruración de la superficie (dureza de superficie > 700 HV). Antes de la nitruración, se recomienda un recocido eficaz de eliminación de tensiones.

**Tabla 3.3 Aceros de cementación**

Designación	N° de Material	Dureza en la superficie HRC	Observaciones
CK 15	1.1141	62-64	Para piezas de bajas exigencias
21 MnCr5	1.2162	58-62	Acero para cementación estándar, buenas cualidades para pulido
X6CrMo4	1.2341	58-62	Preferentemente sumergible en frío
X19NiCrMo4	1.2764	60-62	Perfecto para el pulido y grandes exigencias de calidad superficial

Para las partes que no tendrán contacto con el material moldeante, la resistencia a la corrosión no es tan importante por lo que se pueden usar aceros para herramientas, de acuerdo a sollicitación de esfuerzo a la que se verán sometidas.

Para conseguir grandes secciones del molde se usan aceros de temple integral, cuya dureza, resistencia y tenacidad, se pueden adaptar individualmente a las necesidades con una temperatura de revenido de forma óptima.

**Tabla 3.4 Aceros para Temple integral**

Designación	N° de material	Resistencia N/mm <sup>2</sup>  Dureza HRC	Observaciones
X38CrMo V5 1	1.2342	1450	Acero estándar para trabajar en caliente
X45NiCrMo4	1.2767	50-54	Muy bueno para pulido, alta tenacidad
90MnCrV8	1.2842	56-62	Resistencia al desgaste normal.
X155CrVMo121	1.2397	58	Buena resistencia al desgaste, buena tenacidad
X210Cr12	1.2080	60-62	Alta resistencia al desgaste
X165CrMoV12	1.2601	63	Acero de elevada resistencia al desgaste

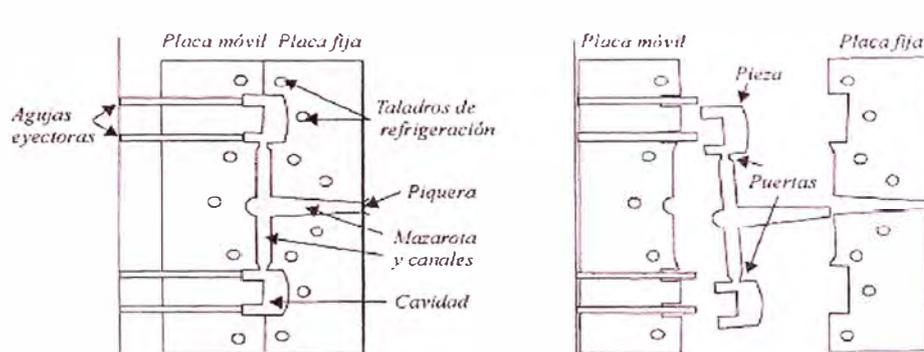
### 3.2. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA MATRIZ

La norma DIN E 16750 "Moldes de inyección para materiales plásticos" enumera los tipos de moldes; según esta guía podemos ubicar el tipo de molde acorde a la geometría y características funcionales del producto a moldear. En la construcción del molde, según el tipo se determinan la ubicación de botadores, ubicación del punto de inyección, los canales de colada caliente o fría, etc. En la tabla 3.5, puede verse un resumen de tipos de matrices.

**Tabla 3.5 Tipos de matrices**

Designación	Criterio
Molde estándar (molde de dos placas)	Es el diseño mas simple, con una línea de partición, movimiento de apertura en una sola dirección, desmolde primario por gravedad, con botadores.
Molde de mordazas o correderas	Una línea de partición, apertura en la dirección del movimiento principal y apertura transversal por guías inclinadas.
Molde de extracción por segmentos	Una línea de partición, apertura en la dirección del movimiento principal y transversal con placas deslizantes para la extracción con diferentes partes móviles.
Molde de tres placas	Dos líneas de partición, movimiento de una placa flotante por medio de perno. Dos etapas de apertura del molde.
Molde de pisos (molde sándwich)	Cavidad dividida en varias placas, diferentes líneas de partición.
Molde de canal caliente	Los puntos de inyección están localizados en una placa que es calentada eléctricamente.

Un esquema muy sencillo de una matriz y el producto fabricado puede verse a continuación en la figura 3.2.

**Fig.3.2 Molde Estándar**

Nuestro molde fabricará una tapa que tendrá la funcionalidad de poder abrirse y cerrarse con un movimiento en una bisagra. Por esta razón contará

con elementos móviles que moldearan y permitirán la extracción de la tapa al final de la inyección plástica.

### 3.3. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DEL EQUIPO DE INYECCION DE PLASTICO

La selección de la inyectora dependerá de la estructura geométrica de nuestro producto y el material moldeante, que como vimos anteriormente puede ser abrasivo y químicamente agresivo, por lo que el equipo debe estar fabricado para resistir este trabajo. También debe considerarse la cantidad de piezas solicitadas en el plazo de tiempo determinado.

Adicionalmente el equipo debe fabricar la pieza con el menor coste posible por lo que es muy importante que se cuente con un equipo adecuado al tamaño y configuración de la matriz, con esto se logra la eficiencia en costos que permitan tener un artículo competitivo en el mercado.

Los parámetros para la solicitud de la máquina son los siguientes:

- **Fuerza de cierre:**

Es la fuerza que tiene la máquina para oponerse a la que ejerce al plástico cuando llena el molde, y que tiende a separar las dos caras del mismo. Este parámetro es muy importante, y generalmente determina el tamaño de la máquina. La fuerza de cierre necesaria está determinada por el área proyectada del artículo, el número de cavidades y la presión necesaria para inyectar. Otros factores que afectan la fuerza son el material a inyectar y el tipo de colada.

- **Gramaje de inyección:**

Es la masa máxima que puede inyectar una máquina, y equivale al volumen de inyección multiplicado por la densidad del material fundido. Este valor típicamente viene dado en gr. de PS, que fundido tiene una densidad de  $0.9 \text{ gr/cm}^3$ . Es por esta razón que el gramaje de inyección normalmente es un 10% menor que el volumen de inyección.

El gramaje requerido se calcula multiplicando el peso de la pieza por el número de cavidades, y sumándole el peso de los ramales. Cuando el material no es PS, este valor se debe dividir por la densidad del material fundido. El resultado de esta operación arroja el volumen de material a inyectar: el gramaje de la inyectora con PS, que es el que normalmente viene dado en las especificaciones, debe ser un 10% inferior a esta cifra. Por ejemplo para inyectar 100 grs de PP, se necesita una inyectora de  $137 \text{ cm}^3$  ó 125 grs de PS.

La razón para dividir por la densidad del material fundido, es que en éste estado el material ocupa un mayor volumen que en estado sólido. El aumento de volumen varía según la resina. Por ejemplo, el PS aumenta aproximadamente 10% su volumen cuando está fundido y el PP aproximadamente un 20%.

- **Presión de inyección:**

La presión es la resistencia a fluir, y mientras más resistencia se ofrezca al flujo (paredes y canales más delgados) mayor será la presión requerida. Además, la presión aumenta proporcionalmente con la velocidad. Las presiones de inyección suelen ser de 70 a 200 MPa.

La presión de inyección está determinada por:

- El espesor de pared de la pieza a inyectar
- La relación entre la trayectoria de flujo y el espesor de pared
- La resina
- El tipo de colada
- El área del punto de inyección
- La temperatura de trabajo de la inyectora
- El tipo de material a procesar
- La precisión requerida: a mayor precisión, mayor presión.

- **Velocidad de inyección:**

La velocidad de inyección está determinada por el espesor de la pieza y la relación trayectoria de flujo - espesor de pared. Cuando se van a inyectar piezas de paredes delgadas o con una trayectoria muy larga, hay que llenar el molde lo suficientemente rápido para evitar que el material se enfríe y solidifique, obstruyendo el paso de la resina remanente. Es por esta razón que en paredes muy delgadas ocasionalmente se requieren acumuladores de nitrógeno.

De otro lado, las piezas de pared muy gruesas limitan la velocidad, porque al inyectarse muy rápidamente se generan burbujas en el trayecto que debilitan la pieza o afectan su apariencia. Este tipo de burbujas se soluciona reduciendo la velocidad de inyección para evitar que se presenten diferencias de velocidad en la resina durante el llenado. Para evitar este tipo de problemas, también es necesario garantizar que se cuenta con suficiente presión de sostenimiento.

- **Capacidad de plastificación:**

Los parámetros que determinan la capacidad requerida de plastificación son:

- El diámetro del tornillo
- La velocidad de rotación (RPM) del motor
- La geometría del tornillo
- La resina.

La capacidad de plastificación requerida en una pieza es igual al peso total de la inyección dividido por el tiempo de enfriamiento de cada pieza. Un error muy común es dividir por el tiempo total del ciclo, en vez del tiempo de enfriamiento, que incluye etapas como la de inyección, apertura y cierre, donde no hay carga de resina.

El proceso debe limitarse por la capacidad de enfriamiento del molde. La inyectora debe estar en capacidad de plastificar el peso a procesar durante el tiempo de enfriamiento, porque de lo contrario se está alargando el ciclo y afectando negativamente la productividad.

- **Distancia entre barras:**

Este parámetro está determinado por el tamaño del molde. La distancia más importante entre barras es la horizontal, porque la gran mayoría de los moldes entran por encima de la inyectora, y pueden tener una longitud mayor en la dirección vertical que en la horizontal. De otro lado, si se trabaja con cambios de molde automáticos, el molde se inserta lateralmente a la inyectora; en este caso, es recomendable tener la misma distancia entre barras en dirección horizontal y vertical.

- **Carrera de apertura:**

La carrera de apertura mínima de un equipo para lograr un expulsado automático, debe ser como mínimo un 10% superior al doble de la altura del producto más el pitorro o ramal de inyección. Al momento de seleccionar una inyectora, es importante asegurar que la carrera de apertura sea suficiente para todos los artículos que con ella se quieran producir.

## CAPITULO IV

### DISEÑO DE LA TAPA

#### 4.1. PARAMETROS PARA EL DISEÑO DE LA TAPA

##### 4.1.1. Matriz de especificaciones técnicas de la tapa

Para iniciar correctamente el diseño de la tapa se debe interpretar la necesidad del cliente y plasmarlas en especificaciones técnicas, con las cuales se verificará que el producto cumpla los requerimientos iniciales. En este caso se usara un formato sencillo, pero a la vez poderoso de comunicación entre el cliente, en este caso marketing, y el ejecutor del diseño, el Ingeniero de diseño. En este formato se traduce las necesidades, tal como la manifiesta el usuario o cliente, basado en su experiencia y luego los expertos de cada área llevan esta necesidad a una especificación técnica que debe ser colocada en las especificaciones preliminares y en todos los documentos de comunicación con el equipo del proyecto. En el documento a continuación se presenta una aproximación a la matriz CTQ (Critical to Quality), donde se hace el ejercicio para nuestro caso.

Tabla 4.1 Factores de diseño de la tapa

DATOS DEL PROYECTO	
MARCA	PROPIA
SUB MARCA	N.A.
DESCRIPTIVO	Champu familiar x 450 ml
FECHA DE LANZAMIENTO	2009
LUGAR DE FABRICACION	Peru
LUGARES DE VENTA	Peru, Brasil
UNIDADES PARA EL LANZAMIENTO	1,000,000
FORMULA	De línea
ENVASE	Nuevo

FACTORES CRÍTICOS DEL PRODUCTO
--------------------------------

COMPONENTE	NECESIDADES DEL CLIENTE	ACCIONES	RESPONSABLE
FORMULA / MANUFACTURA	Que se mantenga la calidad del producto actual.	Revisar las especificaciones de calidad del producto.	Químico Formulador
	Mantener el costo de fabricación.	Que se mantenga o mejore la productividad en línea. Revisar el diagrama de ensamble con el jefe de producción de la planta	Químico Formulador
ENVASE	Fácil apertura de la tapa.	Fuerza de apertura debe estar en un rango de 1.2 a 1.7 Kg-f.	Ingeniero de diseño
	Sensación suave al tacto para abrir la tapa.	Redondear la zona de presión para la apertura	Ingeniero de diseño
	Click al cerrar el envase.	Realizar anillo de cierre en alto relieve para que tenga click.	Ingeniero de diseño
	Frasco que se permita apretar.	Probar el peso del frasco con porcentajes de polietileno de baja y alta densidad.	Ingeniero de diseño
	Que pueda dosificarse fácilmente.	Agujero de salida de la tapa con diámetro de 1.5 a 3 mm máx.	Ingeniero de diseño
	Que la tapa no se rompa con el tiempo.	Realizar con las primeras muestras prueba de uso: 1000 aperturas y cierres. Adicionalmente prueba de flexión que resista los 1.5 kg-f.	Ingeniero de diseño
	Que no se salga la tapa del frasco.	Fuerza de tracción a la apertura debe ser superior a los 7 kg-f.	Ingeniero de diseño
	El frasco debe ser estable, no caerse con facilidad.	La base del frasco con líneas que aseguren la estabilidad del producto.	Ingeniero de diseño
	No se resbale de la mano cuando esta húmeda.	Dar a la forma una línea que permita su agarre y también si es posible texturizar la superficie.	Ingeniero de diseño
	Que permita ponerse boca abajo para que salga todo el contenido.	La tapa debe tener una forma plana superior.	Ingeniero de diseño

#### **4.1.2. Prototipos**

Los prototipos se realizan para demostrar al área de Mercadeo, la forma externa del envase sin hacer el detalle de ingeniería de la fabricación, pero si mostrando el volumen y forma. En este tipo de prototipo solo se toma en cuenta la estética del componente. Entre los métodos que se utilizan para la elaboración de este tipo de prototipos tenemos:

SLA (Stereolitography) Endurecimiento de capas de resina con un laser.

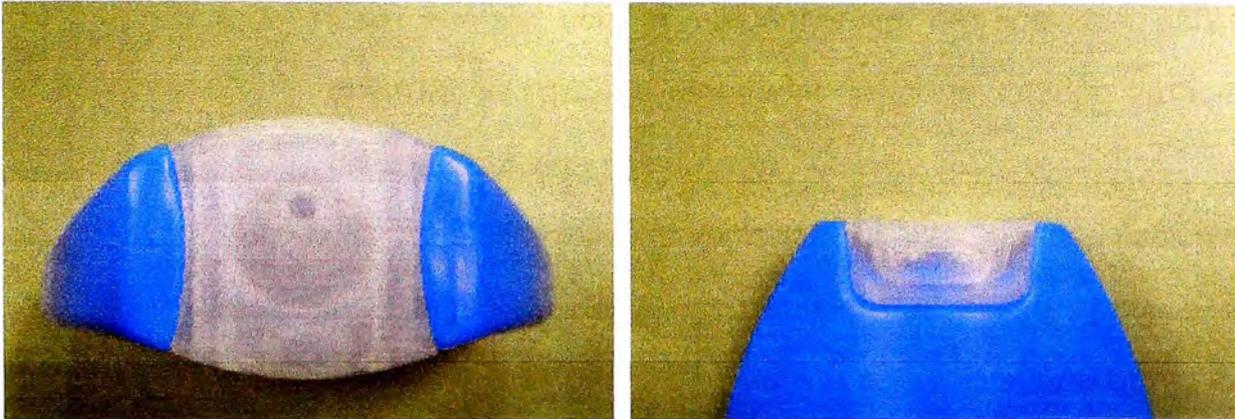
CNC (Control numeric computer) maquinado en un material blando.

FDM (Fused Deposition Modeling) Generación de modelo con hilos extruidos de resina que se funden capa sobre capa para crear el modelo.

Zcorp : Depositán un aglutinante capa por capa de una resina en polvo y luego es endurecida por una resina Epoxy.

En nuestro caso se ha usado la tecnología de FDM mencionadas por ser la más adecuada a la forma del producto plástico y estar disponible en el mercado, lo cual permite una rápida ejecución de modificaciones, en la etapa de test conceptual, y pruebas, además de permitir el acabado con pintura o incluso metalizarse.

En la figura 4.1 se puede observar una muestra del acabado obtenido con este método de prototipado.



**Fig. 4.1 Imagen de prototipo para decisión de mercadeo**

Los ajustes de prototipos se dan generalmente cuando no se cumplen los principios mínimos exigidos por el proceso de fabricación. En nuestro caso tenemos que:

1. La bisagra del componente para la apertura tendrá un resalto externo perceptible por el usuario, que es inevitable por la construcción de la matriz.
2. Las paredes no pueden ser oblicuas tendrán que darse una inclinación mínima de 1.5 grados para el desmoldeo de la pieza.
3. La inclinación de las paredes internas ocasionaran que la luz entre la parte móvil de la tapa y la base sean mayores. Esto se traduce en una consideración estética que deberá conocer el cliente antes de la ejecución de las matrices.
4. Por la forma de la tapa, en el momento de la inyección del material plástico, si se escoge un color metálico, los glitters en el pigmento, dejaran unas marcas visuales notorias en la superficie, que se llaman las líneas de flujo.

5. Para cumplir con el requerimiento de suavidad para la apertura se deberá redondear la parte inferior de forma parcial. Esto será ligeramente notorio.

Con estas consideraciones detectadas durante la presentación del prototipo al Ingeniero de diseño, fabricara un nuevo prototipo que presente estas ligeras diferencias para la aprobación final por el área de Mercadeo.

#### **4.1.3. Especificaciones técnicas preliminares**

Como se indico en 4.1.1 la matriz de CTQ da las principales características que deberán constituirse en parte de la especificación técnica. Es importante resaltar que el orden para un buen diseño, está dado por este flujo de pasos, se fija un objetivo contra el cual se van a chequear siempre todos los avances del diseño del componente, sea en una simulación o en las pruebas finales propiamente dichas.

A continuación se muestra la tabla 4.2 que contiene esta información y que será en adelante referida para el trabajo de todo el equipo participante del proyecto.

**Tabla 4.2 Especificaciones técnicas preliminares de la tapa****Especificaciones Técnica de Envase(Preliminar)**

Designación:

Plano:

Tapa Champú familiar 450 ml	TA001
-----------------------------	-------

Códigos  
referenciales:

Proyecto:

N.A.	Tapa Flip Top champú familiar
------	-------------------------------

#	Prueba de Aceptación	Valor	Método de Análisis
1	Control Estetico	De acuerdo a la panoplia y patrón	M. Visual
2	Determinación de la estabilidad de colorantes y aditivos en envases plásticos	De acuerdo al método	M. funcional
3	Determinación de las dimensiones componentes de envases	De acuerdo al plano	M. funcional
4	Determinación del peso de componentes de envases	De acuerdo al plano	M. funcional
5	Determinación de la Hermeticidad del cierre de Envases	De acuerdo al método	Prueba de vacio
6	Determinación de la resistencia al fisuramiento para componentes plásticos	De acuerdo al método	Prueba con tenso activo
7	Determinación del olor para componentes de envases	De acuerdo al método	M. funcional
8	Determinación de fuerzas de unión de envases entre la tapa y el frasco	< 7kg	Prueba con Dinamómetro
9	Determinación de fuerzas en componentes de envases entre la apertura y la tapa	< 5 kg-f	Prueba con Dinamómetro
10	Determinación de fuerzas de ensamble de componentes de envases entre la tapa y el frasco	> 7 kg-f	Prueba con Dinamómetro
11	Determinación de existencia de referencia de cierre (click) en la tapa del producto	De acuerdo al método	M. funcional

Adicionalmente se deben tener en cuenta que el proceso de producción no se mantiene las características estéticas del acabado superficial por lo que debe definirse parámetros de control para la producción. Las especificaciones estéticas tienen relación con el proceso de fabricación, los estándares de calidad que se han definido y las muestras de defectos estéticos se definirá al inicio de la producción.

La referencia utilizada es de la Sociedad Americana de Moldeadores de Plásticos. Ver anexo 3.

#### **4.2. SELECCIÓN DEL MATERIAL**

Para la selección del material de la tapa debe considerarse el producto a envasar. Debe ser plenamente conocido por el diseñador del envase, tanto en sus características físicas como químicas. En una reunión con el Formulador del producto son revisados los principales componentes químicos que podrían tener problemas con el material propuesto para el envase. La experiencia ganada en otros proyectos es crucial para reducir la probabilidad de fallas en esta etapa del proyecto. Adicionalmente se cuenta con tablas de compatibilidad, las cuales puede ayudar a realizar una acertada selección inicial del material. De ninguna manera esta revisión reemplaza a las pruebas, llamadas Pruebas de compatibilidad con envase, y que deben realizarse para descartar la incompatibilidad de los materiales.

En este caso se trata de un champú de formula ya conocida y envasada en un envase de similares características a las usadas anteriormente, es decir en el caso de la tapa es un polipropileno copolimero con pigmentos orgánicos. La fórmula del champú básicamente se compone de:

30%	Tensoactivo Texapon - Henkel
14%	Bronidox L 0.1% (engrasante cocoamida)
36%	Agua desionizada
3%	Cloruro de sodio
5%	Compalen
1%	Esencia
1%	Colorante

Si se revisa en el anexo 1, teóricamente ninguno de estos ingredientes tiene incompatibilidad con el material del envase. Sin embargo el Ingeniero de diseño deberá realizar la prueba de compatibilidad, con las primeras muestras del envase final por un periodo de al menos 3 meses en una estufa a 45° C y reportar cualquier cambio observado.

El material usado en este tipo de producto plástico puede ser decidido en función a usos anteriores que definieron sus características mecánicas. Se debe extrapolar estas propiedades con productos similares que existen en el mercado.

Generalmente luego de haber definido el material genérico por medio de tablas y la consulta de materiales anteriormente usados en productos similares, se acuerda con los posibles fabricantes, para que envíen las propuestas de resinas que cumplan con los requisitos mínimos exigidos por las normas sanitarias para el envasado de este producto. En este aspecto se resalta que muchas veces es mandatorio el mercado y la facilidad de abastecimiento de la materia prima para la fabricación, máxime si se tratan de volúmenes grandes.

En el caso presentado se ha escogido una resina de fabricación regional, la Propilco 06C30DA, de la cual se muestra la tabla 4.3 de características físicas.

**Tabla 4.3 Características de la resina Propilco 06C30DA**

<b>Propilco 06C30DA</b>		
Propiedades	Unidades	06C30DA
Meltflow (a 230°C, 2.16 Kg.)	g/10 min	6.8
Resistencia máxima a la tracción	MPa	31
Elongación	%	7
Módulo de flexión	MPa	1500
Impacto Izod (23°C)	---	53.5
Resistencia al impacto Gardner	J	---
Temp. Distorsión al calor	°C	97
Dureza	R	94
Recomendado para:		Inyección

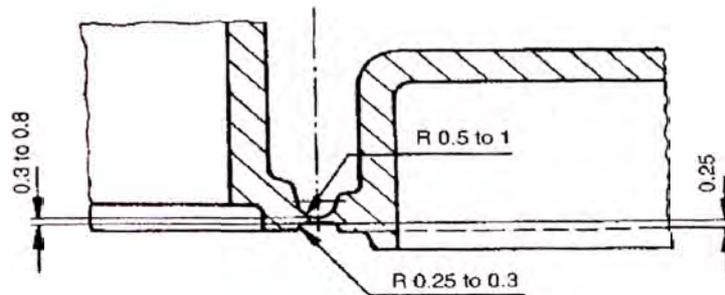
### 4.3. CÁLCULOS DE LA TAPA

Los planos se han realizado considerando las normas aplicables para cada parte del componente, a continuación las consideraciones que se han tenido en cuenta para cada parte:

#### 4.3.1. Cálculo de la Bisagra

La bisagra es una parte muy importante de la funcionalidad de la tapa, debe asegurar su integridad durante la vida útil del producto, para ello existen consideraciones constructivas que tomarse en

cuenta. En la figura adjunta, tomada del *Design with plastic, Gunther Erhard* [1], que se toma como guía para el acotamiento del proyecto:



Valores recomendados para el diseño de una bisagra en una pieza de PP

**Fig. 4.2 Esquema de bisagra para tapa**

Debido a que es una parte integral de la tapa y es el pivote debe tener un control muy preciso de su constitución. El material por ello es importante, el polipropileno es adecuado por ser un material dúctil y siempre la primera elección. De acuerdo a la guía la curvatura en la sección más delgada de la unión deberá tener un radio al menos de 0.5 a 1 mm. La transición a esta sección no debe ser muy abrupta, se deben redondear las esquinas, sino se puede tener el riesgo de rompimiento o fractura, como se muestra en la figura 4.3.

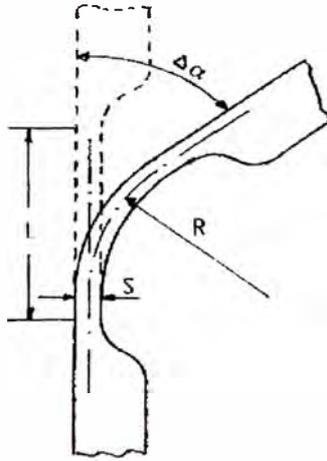


**Fig. 4.3 Consideración de diseño de la bisagra**

Si se nota en el diseño, la forma de la tapa no es recta por lo que la zona de dobléz será curva. Esto no es limitante, el dobléz no será uniforme pero se dará a lo largo de toda esta zona. La operación de la junta entonces requiere que el elemento sea elástico, blando, o capaz de deformarse para compensar este movimiento no lineal.

Para el dimensionamiento requerimos calcular el espesor y longitud mínima que requiere el elemento para poder resistir el stress de los ciclos de apertura y cierre a que será sometida la tapa.

En la figura 4.4 podemos ver la flexión de la bisagra con las variables que se considera en la fórmula a continuación.



**Fig. 4.4 Esquema para cálculo de bisagra**

$$s = \frac{2 \cdot L \cdot \varepsilon}{\Delta\alpha} \quad (4.1)$$

Donde:

s = espesor de la sección

L = longitud de la sección

$\varepsilon$  = esfuerzo en % después de 10 000 ciclos. Ver tabla 4.5.

$\Delta\alpha$  = ángulo que será doblado.

**Tabla 4.4 Valores de  $\epsilon$  para distintos termoplásticos**

Material	Límite de elasticidad $\epsilon_y$ , en %	Esfuerzo nominal, $\epsilon_t$ , en %	Amplitud de esfuerzo $\epsilon_r$ , en % después de $10^4$ ciclos de carga	Amplitud de esfuerzo $\epsilon_r$ , en % después de $10^5$ ciclos de carga
PP	10	>50	<b>60</b>	<b>60</b>
PA 6	20	>50	<b>55</b>	<b>45</b>
PA 66	20	>50	<b>50</b>	<b>40</b>
PA 66-GF 30	5	*	<b>4</b>	<b>3</b>
Impact-modified				
POM	10	35	<b>35</b>	<b>30</b>
POM GF15	3	*	<b>3</b>	<b>2</b>
PBT	3.5	>50	<b>25</b>	<b>20</b>

\* no aplicable a este material

*Designing with plastics, Gunter Erhard [1]*

Por geometría se obtiene que la longitud del pivote para la forma dada es de 0.83 mm, por lo tanto se reemplaza en la fórmula 4.1 y se obtiene:

$$s = \frac{2 \cdot 0.83 \cdot 60}{100 \cdot \pi}$$

$$s = 0.317$$

Esta es la medida mínima que se deberá acotar en el plano.

#### **4.3.2. Cálculo de fuerza de ensamble con el frasco**

Se aplica la metodología descrita en el libro *Designing plastics parts for assembly* de Paul Tres [4], para el cálculo de las fuerzas de Flexión, de ensamble y de despiece.

Fuerza de flexión

$$P = k \cdot E_s \cdot d^2 \cdot \epsilon_A \quad (4.2)$$

Donde k representa un factor geométrico que se describe por la siguiente ecuación:

$$k = \frac{\pi \cdot (\alpha - 1) \cdot \sqrt{\alpha^2 - 1}}{5 \cdot \alpha^2 \cdot (1 - \nu) + 5 + 5 \cdot \nu} \quad (4.3)$$

La fuerza de ensamble o la fuerza necesaria para montar la tapa sobre el frasco es calculada con la fórmula:

$$F_E = P \frac{\mu + \tan a_1}{1 - \mu \cdot \tan a_1} \quad (4.4)$$

La fuerza para retirar la tapa es calculada:

$$F_o = P \frac{\mu + \tan a}{1 - \mu \cdot \tan a} \quad (4.5)$$

Donde:

D = Diámetro externo de ajuste de tapa

$a_1$  = Ángulo de ensamble

a = Ángulo de desensamble

$E_s$  = Módulo de elasticidad secante

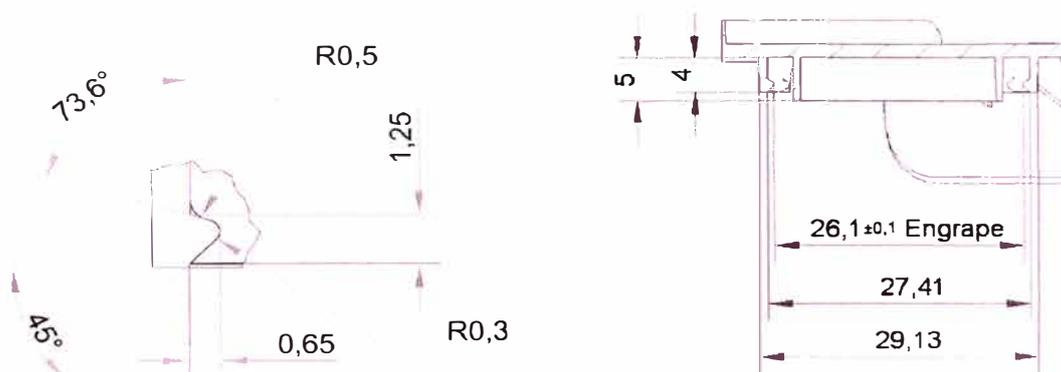
$\nu$  = Módulo de Poisson

$\epsilon_A$  = Deformación permisible

$\alpha$  = Ratio entre el diámetro mayor y menor del ajuste de la tapa

$\mu$  = Coeficiente de fricción

De acuerdo con la especificación preliminar, esta tapa deberá poder colocarse con una fuerza máxima de 7 Kg-f al frasco, a fin de funcionalmente asegurar que pueda colocarse en la línea de envasado, sin demorar la operación y que al colocarla no deforme el frasco por aplastamiento. A partir de un diseño de uñas de agarre estandarizado, se busca que inicialmente tenga una medida menor a la especificada e ir ajustando las medidas con las primeras pruebas. Se calcula las dimensiones teóricas que este anillo debe tener, se obtiene:



**Fig. 4.5 Fuerza de ensamble con el frasco**

Se aplica la ecuación para el cálculo teórico, obteniendo:

$$k = 0.00485$$

La fuerza de flexión que se presentará en el anillo de ajuste

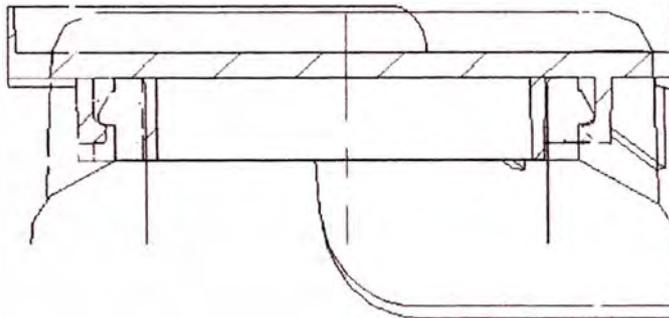
$$P = 100.76 \text{ N} = 10.2 \text{ Kg-f}$$

La fuerza de ensamble reemplazando los valores

$$F_E = 59.7 \text{ N} = 6.08 \text{ Kg-f}$$

#### 4.3.3. Cálculo de fuerza de unión con el frasco

De acuerdo con la especificación preliminar, esta tapa deberá sujetarse con una fuerza mayor a 7 Kg-f al frasco, a fin de funcionalmente asegurar que no se desprenderá accidentalmente durante su uso. Calculando las dimensiones teóricas que este anillo debe tener, se obtiene:



**Fig. 4.6 Ensamble de tapa con boca del frasco**

Aplicamos la ecuación para el cálculo teórico,

$$F_o = P \frac{\mu + \tan a}{1 - \mu \cdot \tan a} \quad (4.5)$$

Donde:

$$a = 73.6^\circ$$

Se reemplaza los valores teóricos:

$$F_o = 85.9 \text{ N} = 8.8 \text{ Kg-f}$$

Con lo cual se cumple teóricamente la especificación preliminar de una fuerza que sea mayor que 7 kg-f.

#### 4.3.4. Cálculo de fuerza de ajuste entre pin y agujero de salida

Para la apertura y cierre de la tapa se tendrá una unión a presión entre el pin y el agujero de la tapa por donde saldrá el producto. Este cierre se realizará solo a presión y se aproxima su cálculo de ajuste a un cálculo de apriete que se puede presentar cuando se trata de unir a presión un eje con el agujero de una polea. De acuerdo a la metodología descrita por *Designing plastics parts for assembly de Paul Tres* [4], se puede usar la formula:

Para el ajuste de ensamble:

$$P_c = \frac{i}{2 \cdot R_a \left( \frac{\beta + \nu}{E} + \frac{1 - \nu}{E} \right)} \quad (4.6)$$

Donde:

$$\beta = \frac{R_o^2 + R_a^2}{R_o^2 - R_a^2} \quad (4.7)$$

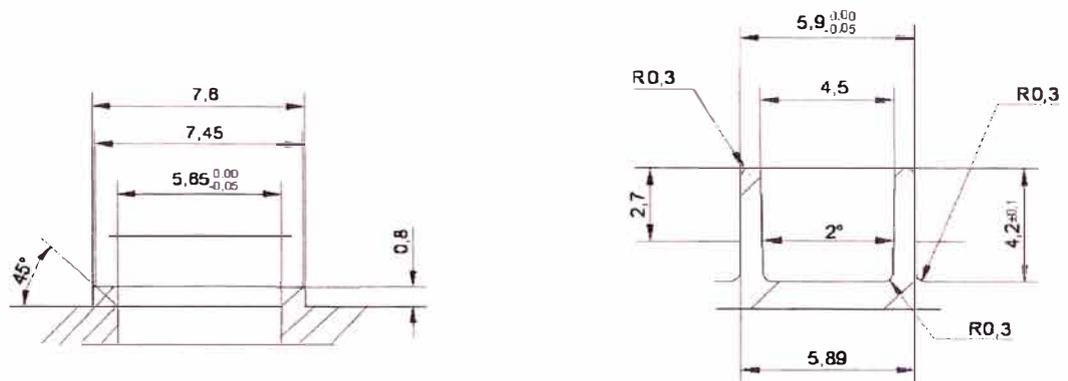
$i$  = interferencia entre los dos elementos

$R_o$  = Radio externo del agujero (7.6mm)

$R_a$  = Radio del agujero (5.85 mm)

$\nu$  = Módulo de Poisson (0.43 PP)

$E$  = Modulo de elasticidad secante del material (4MPa)



**Fig. 4.7** Diámetros de pin y agujero de salida del producto en la tapa

Los valores de este caso:

$$\beta = 2.7$$

$$i = 0.05 \text{ mm}$$

$$R_o = 3.8 \text{ mm}$$

$$R_a = 2.925 \text{ mm}$$

$$v = 0.43$$

$$E = 4 \text{ MPa}$$

Reemplazando los valores:

$$P_c = 24.8 \text{ N} = 2.5 \text{ Kg-f}$$

La fuerza de desensamblado será expresada por:

$$F_d = 2 \cdot \pi \cdot \mu \cdot h \cdot R_{\text{pin}} \cdot \sigma_f \quad (4.8)$$

Donde:

$\mu$  = coeficiente de fricción (PP = 0.2)

$h$  = zona de contacto (2.0 mm)

$$\sigma_r = 2.8 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

Reemplazando los valores:

$$F_d = 26.74 \text{ N} = 2.7 \text{ Kg-f}$$

Siendo este valor teóricamente menor a los 5 Kg-f máximo especificados.

#### 4.4. PLANOS FINALES DE LA TAPA

Con estos cálculos y las consideraciones constructivas se realiza la revisión y corrección del plano final. Debe también consultarse la guía de moldeo “Standards & Practices of plastics molders” de la Sociedad de Industria plástica americana, en el Anexo 4, la cual da referencias acerca de las tolerancias que deben ser acotadas finalmente en el diseño.

En base al plano de nuestro componente principal se realiza el plano del frasco al cual irá ensamblado esta tapa.

El frasco de material polietileno de alta de densidad tendrá las dimensiones de la boca acorde con los planos de la tapa, es decir las tolerancias son referenciadas con respecto a la tapa.

Estos planos se pueden ver en los anexos 5 y 6.

## CAPITULO V

### CALCULO DE COSTOS

#### 5.1. COSTOS DEL PRODUCTO

Para los productos plásticos inyectados se realiza en las primeras etapas del desarrollo un cálculo aproximado del costo de la pieza. Este cálculo proporciona una valiosa retroalimentación al ingeniero de diseño de la geometría de la pieza, si el costo estimado está fuera del objetivo, conociendo los factores que influyen en el cálculo de este costo, puede corregir los parámetros del diseño.

Los parámetros que determinan el costo de una pieza plástica fueron mostrados en la fórmula (2.1)

$$C_{pp} = C_{material} + \frac{C_{prod}}{Y_{prod}} + \frac{C_{molde}}{N} \quad (2.1)$$

El costo del material tiene una contribución muy significativa. El costo del proceso  $C_{prod}$  es dependiente del costo horario por uso de la inyectora y el rendimiento de piezas conformes que se obtienen. El costo del molde es amortizado por el número total de piezas (N) que se producirán durante la vida útil del molde.

- **Costo del material:**

Es el costo del material directamente que conforma la pieza plástica. Para la inyección plástica este costo incluye el material termoplástico, los aditivos, y colorantes consumidos por cada pieza.  $C_{mat}$  es función del volumen  $V$ , la densidad,  $\rho$ , y el precio del polímero por unidad de masa,  $P$ .

$$C_{material} = \frac{V \cdot P \cdot \rho}{1 - f}$$

El volumen  $V$ , es computado del diseño en 3D en el programa que se dibujó el objeto. La densidad se puede obtener de la tabla cuyo valor para el caso del Polipropileno es de  $0.9 \text{ gr/cm}^3$ . Para un valor estimado de material que van en los canales de alimentación y se recicla nuevamente, se estima en 10%. El precio del polipropileno se encuentra en un promedio de US\$ 1.47 por Kg.

Reemplazando los valores para el caso presentado,

$$C_{mat} = \frac{6.1 \cdot 1.47 \cdot 10^{-3} \cdot 0.9}{1 - 0.1} = 0.00896$$

- **Costo del proceso:**

El costo del proceso significa entre un 40% aproximadamente del costo de la pieza, tratándose de una resina como el polipropileno. Los esfuerzos para tratar de reducir el costo, durante el diseño, pueden fácilmente trasladarse a reducción del costo por pieza. El costo de producción es función del costo horario,  $R_{ma}$ , rendimiento por hora,  $P$ , y el tiempo de ciclo,  $t_c$ .

$$C_{\text{prod}} = \frac{R_{\text{ma}} \cdot t_c}{3600 \cdot P} \quad (5.1)$$

De acuerdo a los valores de costos actuales,  $R_{\text{ma}}$  tiene un promedio de costo de US\$25. El tiempo de ciclo, bien puede obtenerse de los programas de simulación o de moldes similares en funcionamiento. Para moldes de 4 cavidades, con elementos móviles, se estima 3 ciclos por minuto aproximadamente, es decir,  $t_c = 20$  seg. Se reemplaza estos datos empíricos y se obtiene:

$$C_{\text{prod}} = \frac{25 \cdot 20}{3600 \cdot 0.95 \cdot 4} = 0.0365$$

- **Costo de molde:**

Se estima una vida útil de 400,000 unidades, lo que un molde de 4 cavidades significa 100,000 ciclos de trabajo. El costo del molde por cada pieza se reduce considerablemente cuando se tiene grandes cantidades por producir. Se aplica el método de Dixon y Poli, explicado por David Kazmer, de la University of Massachusetts Amherst, ver anexo 2, para realizar una estimación del costo de molde, se usan las ecuaciones:

$$C_{\text{dc}} = C_b C_s C_t \quad (5.2)$$

$$C_d = 0.8 C_{\text{dc}} + 0.2 C_{\text{dm}} \quad (5.3)$$

Donde:

$C_d$  = Costo del molde

$C_{\text{dm}}$  = Costo del material del molde base

$C_{\text{dc}}$  = Costo relativo al mecanizado del molde.

$C_b$  = Factor del costo por tamaño y complejidad del molde.

$C_s$  = Factor del costo por una complejidad adicional en el molde.

$C_t$  = Factor de costo por tolerancias y acabado superficial de la pieza.

Se reemplazan los valores geométricos y de costos de materiales obteniendo un costo aproximado de US\$ 25,000.

Por lo tanto reemplazando en la ecuación 2.1 se obtiene:

$$C_{pp} = 0.00896 + 0.0365 + \frac{30,000}{400,000}$$

$$C_{pp} = 0.12046$$

El costo por pieza teórico es de US\$ 0.12046.

El profesor David Kazmer, de la University of Massachusetts Amherst, también maneja un sitio web donde puede ingresarse las características de los moldes para la aplicación en línea de las ecuaciones de cálculo de costos de moldes descritas.

(<http://kazmer.uml.edu/Software/JavaCost/index.htm>)

## CONCLUSIONES

1. El cálculo de la tapa da como resultado un valor mínimo de espesor material en la bisagra de 0.185 mm (ver sección 4.3.1), para un número de  $10^5$  ciclos de apertura y cierre, con el polipropileno copolimero Propilco 06C30DA.
2. La fuerza de máxima de ajuste de 7Kg-f. requerida para ensamblar la tapa al frasco, por cálculo realizado se cumple con un valor de 6.08 kg-f.
3. La fuerza mínima de despiece entre la tapa y el frasco de 7Kg-f, se cumple con el cálculo que se realiza con un valor de 8.8 kg-f.
4. El peso teórico obtenido de la tapa es de  $5.5 \pm 0.5$  g. en la práctica este peso puede variar por la presión de compactación al final del ciclo de la inyección.
5. La fuerza de apertura calculada es de 2.7 kg-f., la cual cumplen el valor especificado inicialmente de máximo 5 kg-f. recomendado para un adecuado uso del producto.

## RECOMENDACIONES

1. Para fabricación de la matriz se recomienda usar elementos de acero normalizados, a fin de reducir las operaciones de mecanizado, y por consecuencia los costos asociados a la mano de obra.
2. Se recomienda en la primera prueba del molde, usar el material seleccionado y sin colorear para revisar el funcionamiento de la matriz, en una segunda prueba hacerlo con el material coloreado, para revisar las contracciones del material por efecto de los pigmentos o masterbatch.
3. Es recomendable que inmediatamente después del moldeo la tapa se cierre, para que la contracción final fuera del molde se realice en la posición que se entregará y el agujero de salida del producto se adapte al pin superior de la tapa.
4. Se recomienda fabricar la matriz con los valores dimensionales mínimos en las piezas de ajuste, ya que la contracción del polipropileno puede ocasionar que no se cumplan los valores teóricos calculados.

## BIBLIOGRAFIA

- [1]. *Designing with plastics*, Gunter Erhard, Ed. Hanser, Munich 2006
- [2]. *Iniciacion a la Quimica de los plásticos*, Bernard Gnauck/Peter Fründt, Ed. Hanser, Munich 1992
- [3]. *Understanding Product Design for injection molding*, Herbert Rees, Ed. Hanser, Munich 1996
- [4]. *Designing Plastic Parts for Assembly*, Paul A. Tres, Ed. Hanser, Munich 1995
- [5]. *Kunststoffe, Werkstoffe, unserer Zeit, Arbeitsgemeinschaft Deutsche Kunststoff-Industrie (AKI)*, Frankfurt 1988
- [6]. *Moldes de Inyección para plásticos*, Hans Gastrow, Ed. Hanser, Barcelona 1992
- [7]. *Plastic Part Design for injection Molding*, Robert A. Malloy, Ed. Hanser, New York 1994
- [8]. *Plastics in the world to 2020*, Françoise Pardos, Pardos Marketing, ANTEC papers 1999, Society of Plastics Engineers
- [9]. *Ciencia y tecnología de los plásticos, Polimerización*, Centro de investigación de la producción industrial, Universidad de Lima, 1988
- [10]. *Manual Práctico de electricidad para ingenieros*, Tomo I, Donald G. fink, H. Wayne Beaty, John M. Carroll, Ed. Reverte, Barcelona, 1981

## ANEXOS

1. Compatibilidad química de los plásticos
2. Métodos de costeo de piezas plásticas
3. Especificaciones cosméticas para piezas plásticas inyectadas
4. Tolerancias recomendadas para piezas de polipropileno
5. Plano de tapa
6. Plano de frasco

## **ANEXO 1: TABLAS DE COMPATIBILIDAD QUIMICA DEL POLIPROPILENO**



# Polypropylene Chemical Resistance Table Polypropylene

## Introduction

The table in this document summarises the data given in a number of polypropylene chemical resistance tables at present in use in various countries, derived from both practical experience and test results.

Source: ISO/TR 10358

The table contains an evaluation of the chemical resistance to a number of fluids judged to be either aggressive or not towards polypropylene. This evaluation is based on values obtained by immersion of polypropylene test specimens in the fluid concerned at 20, 60 and 100°C and atmospheric pressure, followed in certain cases by the tensile characteristics.

A subsequent classification will be established with respect to a restricted number of fluids deemed to be technically or commercially more important, using equipment which permits testing under pressure and the determination of the "coefficient of chemical resistance" for each fluid. These tests will thus furnish more complete indications on the use of polypropylene piped for the transport of stated fluids, including their use under pressure.

## Scope and Field Application

This document establishes a provisional classification of the chemical resistance of polypropylene with respect to about 180 fluids. It is intended to provide general guidelines on the possible utilisation of polypropylene piping for the conveyance of fluids:

at temperatures up to 20, 60 and 100°C  
in the absence of internal pressure and external mechanical stress  
(for example flexural stresses, stresses due to thrust, rolling loads etc).

## Definitions, Symbols and Abbreviations

The criteria of classifications, definitions, symbols and abbreviations adopted in this document are as follows:

S = Satisfactory

The chemical resistance of polypropylene exposed to the action of a fluid is classified as "satisfactory" when the results of test are acknowledged to be "satisfactory" by the majority of the countries participating in the evaluation.

L = Limited



## Polypropylene

# Chemical Resistance Table Polypropylene

The chemical resistance of polypropylene exposed to the action of fluid is classified as "limited" when the results of tests are acknowledged to be "limited" by the majority of the countries participating in the evaluation.

Also classified as "limited" are the resistances to the action of chemical fluids for which judgements "S" and "NS" or "L" are pronounced to an equal extent.

NS = Not satisfactory

The chemical resistance of polypropylene exposed to the action of a fluid classified as "not satisfactory" when the results of test are acknowledged to be "not satisfactory" by the majority of the countries participating in the evaluation.

Also classified as "not satisfactory" are materials for which judgement "L" and "NS" are pronounced to an equal extent.

Sat.sol          Saturated aqueous solution, prepared at 20°C

Sol                Aqueous solution at a concentration higher than 10 % but not saturated

Dil.sol          Dilute aqueous solution at a concentration equal to or lower than 10 %

Work.sol        Aqueous solution having the usual concentration for industrial use

Solution concentrations reported in the text are expressed as a percentage by mass. The aqueous solutions of sparingly soluble chemicals are considered, as far as chemical action towards polypropylene is concerned, as saturated solutions.

In general, common chemical names are used in this document.

The table is made as a first guideline for user of polypropylene. If a chemical compound is not to be found or if there is an uncertainty on the chemical resistance in an application, please contact Borealis for advise and proposal on testing.



## Polypropylene

# Chemical Resistance Table Polypropylene

### Chemical Resistance of Polypropylene, Not Subjected to Mechanical Stress, to Various Fluids at 20, 60 and 100°C

Chemical or Product	Concentration	Temperature °C		
		20	60	100
Acetic acid	Up to 40 %	S	S	-
Acetic acid	50 %	S	S	L
Acetic acid, glacial	> 96 %	S	L	NS
Acetic anhydride	100 %	S	-	-
Acetone	100 %	S	S	-
Acetophenone	100 %	S	L	-
Acrylonitrile	100 %	S	-	-
Air		S	S	S
Allyl alcohol	100 %	S	S	-
Almond oil		S	-	-
Alum	Sol	S	S	-
Ammonia, aqueous	Sat.sol	S	S	-
Ammonia, dry gas	100 %	S	-	-
Ammonia, liquid	100 %	S	-	-
Ammonium acetate	Sat. sol	S	S	-
Ammonium chloride	Sat.sol	S	S	-
Ammonium fluoride	Up to 20 %	S	S	-
Ammonium hydrogen carbonate	Sat.sol	S	S	-
Ammonium metaphosphate	Sat.sol	S	S	S
Ammonium nitrate	Sat.sol	S	S	S
Ammonium persulphate	Sat.sol	S	S	-
Ammonium phosphate	Sat.sol	S	-	-
Ammonium sulphate	Sat.sol	S	S	S
Ammonium sulphide	Sat.sol	S	S	-
Amyl acetate	100 %	L	-	-
Amyl alcohol	100 %	S	S	S
Aniline	100 %	S	S	-
Apple juice		S	-	-
Aqua regia	HCl/HNO <sub>3</sub> =3/1	NS	NS	NS
Barium bromide	Sat.sol	S	S	S
Barium carbonate	Sat.sol	S	S	S
Barium chloride	Sat.sol	S	S	S

#### Borealis A/S

Parallevej 16,  
DK-2800 Kongens Lyngby (Denmark)  
Telephone: +45 45 96 60 00  
Fax : +45 45 96 61 23  
www.borealisgroup.com



## Polypropylene

# Chemical Resistance Table Polypropylene

Chemical or Product	Concentration	Temperature °C		
		20	60	100
Barium hydroxide	Sat.sol	S	S	S
Barium sulphide	Sat.sol	S	S	S
Beer		S	S	-
Benzene	100 %	L	NS	NS
Benzoic acid	Sat.sol	S	S	-
Benzyl alcohol	100 %	S	L	-
Borax	Sol	S	S	-
Boric acid	Sat.sol	S	-	-
Boron trifluoride	Sat.sol	S	-	-
Bromine, gas		NS	NS	NS
Bromine, liquid	100 %	NS	NS	NS
Butane, gas	100 %	S	-	-
Butanol	100 %	S	L	L
Butyl acetate	100 %	L	NS	NS
Butyl glycol	100 %	S	-	-
Butyl phenols	Sat.sol	S	-	-
Butyl phthalate	100 %	S	L	L
Calcium carbonate	Sat.sol	S	S	S
Calcium chlorate	Sat.sol	S	S	-
Calcium chloride	Sat.sol	S	S	S
Calcium hydroxide	Sat.sol	S	S	S
Calcium hypochlorite	Sol	S	-	-
Calcium nitrate	Sat.sol	S	S	-
Camphor oil		NS	NS	NS
Carbon dioxide, dry gas		S	S	-
Carbon dioxide, wet gas		S	S	-
Carbon disulphide	100 %	S	NS	NS
Carbon monoxide, gas		S	S	-
Carbon tetrachloride	100 %	NS	NS	NS
Castor oil	100 %	S	S	-
Caustic soda	Up to 50 %	S	L	L
Chlorine, aqueous	Sat.sol	S	L	-
Chlorine, dry gas	100 %	NS	NS	NS
Chlorine, liquid	100 %	NS	NS	NS
Chloroacetic acid	Sol	S	-	-



## Polypropylene

# Chemical Resistance Table Polypropylene

Chemical or Product	Concentration	Temperature °C		
		20	60	100
Chloroethanol	100 %	S	-	-
Chloroform	100 %	L	NS	NS
Chlorosulphonic acid	100 %	NS	NS	NS
Chrome alum	Sol	S	S	-
Chromic acid	Up to 40 %	S	L	NS
Citric acid	Sat.sol	S	S	S
Coconut oil		S	-	-
Copper (II) chloride	Sat.sol	S	S	-
Copper (II) nitrate	Sat.sol	S	S	S
Copper (II)	Sat.sol	S	S	-
Corn oil		S	L	-
Cottonseed oil		S	S	-
Cresol	Greater than 90 %	S	-	-
Cyclohexane	100 %	S	-	-
Cyclohexanol	100 %	S	L	-
Cyclohexanone	100 %	L	NS	NS
Decalin (decahydronaphthalene)	100 %	NS	NS	NS
Dextrin	Sol	S	S	-
Dextrose	Sol	S	S	S
Dibutyl phthalate	100 %	S	L	NS
Dichloroacetic acid	100 %	L	-	-
Dichloroethylene (A and B)	100 %	L	-	-
Diethanolamine	100 %	S	-	-
Diethyl ether	100 %	S	L	-
Diethylene glycol	100 %	S	S	-
Diglycolic acid	Sat.sol	S	-	-
Diisooctyl	100 %	S	L	-
Dimethyl amine, gas		S	-	-
Dimethyl formamide	100 %	S	S	-
Dioctyl phthalate	100 %	L	L	-
Dioxane	100 %	L	L	-
Distilled water	100 %	S	S	S
Ethanolamine	100 %	S	-	-
Ethyl acetate	100 %	L	NS	NS

### Borealis A/S

Parallelvej 16,  
DK-2800 Kongens Lyngby (Denmark)  
Telephone: +45 45 96 60 00  
Fax : +45 45 96 61 23  
www.borealisgroup.com





## Polypropylene

# Chemical Resistance Table Polypropylene

Chemical or Product	Concentration	Temperature °C		
		20	60	100
Ethyl alcohol	Up to 95 %	S	S	S
Ethyl chloride, gas		NS	NS	NS
Ethylene chloride (mono and di)		L	L	-
Ethyl ether	100 %	S	L	-
Ethylene glycol	100 %	S	S	S
Ferric chloride	Sat.sol	S	S	S
Formaldehyde	40 %	S	-	-
Formic acid	10 %	S	S	L
Formic acid	85 %	S	NS	NS
Formic acid, anhydrous	100 %	S	L	L
Fructose	Sol	S	S	S
Fruit juice		S	S	S
Gasoline, petrol (aliphatic hydrocarbons)		NS	NS	NS
Gelatine		S	S	-
Glucose	20 %	S	S	S
Glycerine	100 %	S	S	S
Glycolic acid	30 %	S	-	-
Heptane	100 %	L	NS	NS
Hexane	100 %	S	L	-
Hydrobromic acid	Up to 48 %	S	L	NS
Hydrochloric acid	Up to 20 %	S	S	S
Hydrochloric acid	30 %	S	L	L
Hydrochloric acid	From 35 to 36 %	S	-	-
Hydrofluoric acid	Dil.sol	S	-	-
Hydrofluoric acid	40 %	S	-	-
Hydrogen	100 %	S	-	-
Hydrogen chloride, dry gas	100 %	S	S	-
Hydrogen peroxide	Up to 10 %	S	-	-
Hydrogen peroxide	Up to 30 %	S	L	-
Hydrogen sulphide, dry gas	100 %	S	S	-
Iodine, in alcohol		S	-	-
Isoctane	100 %	L	NS	NS



## Polypropylene

# Chemical Resistance Table Polypropylene

Chemical or Product	Concentration	Temperature °C		
		20	60	100
Isopropyl alcohol	100 %	S	S	S
Isopropyl ether	100 %	L	-	-
Lactic acid	Up to 90 %	S	S	-
Lanoline		S	L	-
Linseed oil		S	S	S
Magnesium carbonate	Sat.sol	S	S	S
Magnesium chloride	Sat.sol	S	S	-
Magnesium hydroxide	Sat.sol	S	S	-
Magnesium sulphate	Sat.sol	S	S	-
Maleic acid	Sat.sol	S	S	-
Mercury (II) chloride	Sat.sol	S	S	-
Mercury (II) cyanide	Sat.sol	S	S	-
Mercury (I) nitrate	Sol	S	S	-
Mercury	100 %	S	S	-
Methyl acetate	100 %	S	S	-
Methyl alcohol	5 %	S	L	L
Methyl amine	Up to 32 %	S	-	-
Methyl bromide	100 %	NS	NS	NS
Methyl ethyl ketone	100 %	S	-	-
Methylene chloride	100 %	L	NS	NS
Milk		S	S	S
Monochloroacetic acid	>85 %	S	S	-
Naphtha		S	NS	NS
Nickel chloride	Sat.sol	S	S	-
Nickel nitrate	Sat.sol	S	S	-
Nickel sulphate	Sat.sol	S	S	-
Nitric acid	Up to 30 %	S	NS	NS
Nitric acid	From 40 to 50 %	L	NS	NS
Nitric acid, fuming (with nitrogen dioxide)		NS	NS	NS
Nitrobenzene	100%	S	L	-
Oleic acid	100 %	S	L	-
Oleum (sulphuric acid with 60 % of SO <sub>3</sub> )		S	L	-

### Borealis A/S

Parallevej 16,  
DK-2800 Kongens Lyngby (Denmark)  
Telephone: +45 45 96 60 00  
Fax : +45 45 96 61 23  
www.borealisgroup.com



## Polypropylene

# Chemical Resistance Table Polypropylene

Chemical or Product	Concentration	Temperature °C		
		20	60	100
Olive oil		S	S	L
Oxalic acid	Sat.sol	S	L	NS
Oxygen, gas		S	-	-
Paraffin oil (FL65)		S	L	NS
Peanut oil		S	S	-
Peppermint oil		S	-	-
Perchloric acid	(2 N) 20 %	S	-	-
Petroleum ether (ligroine)		L	L	-
Phenol	5 %	S	S	-
Phenol	90 %	S	-	-
Phosphine, gas		S	S	-
Phosphoric acid	Up to 85 %	S	S	S
Phosphorus oxychloride	100 %	L	-	-
Picric acid	Sat.sol	S	-	-
Potassium bicarbonate	Sat.sol	S	S	S
Potassium borate	Sat.sol	S	S	-
Potassium bromate	Up to 10 %	S	S	-
Potassium bromide	Sat.sol	S	S	-
Potassium carbonate	Sat.sol	S	S	-
Potassium chlorate	Sat.sol	S	S	-
Potassium chlorite	Sat.sol	S	S	-
Potassium chromate	Sat.sol	S	S	-
Potassium cyanide	Sol	S	-	-
Potassium dichromate	Sat.sol	S	S	S
Potassium ferricyanide	Sat.sol	S	S	-
Potassium fluoride	Sat.sol	S	S	-
Potassium hydroxide	Up to 50 %	S	S	S
Potassium iodide	Sat.sol	S	-	-
Potassium nitrate	Sat.sol	S	S	-
Potassium perchlorate	10 %	S	S	-
Potassium permanganate	(2 N) 30 %	S	-	-
Potassium persulphate	Sat.sol	S	S	-
Potassium sulphate	Sat.sol	S	S	-
Propane, gas	100 %	S	-	-
Propionic acid	>50 %	S	-	-



## Polypropylene

# Chemical Resistance Table Polypropylene

Chemical or Product	Concentration	Temperature °C		
		20	60	100
Pyridine	100 %	L	-	-
Seawater		S	S	S
Silicon oil		S	S	S
Silver nitrate	Sat.sol	S	S	L
Sodium acetate	Sat.sol	S	S	S
Sodium benzoate	35 %	S	L	-
Sodium bicarbonate	Sat.sol	S	S	S
Sodium carbonate	Up to 50 %	S	S	L
Sodium chlorate	Sat.sol	S	S	-
Sodium chloride	Sat.sol	S	S	-
Sodium chlorite	2 %	S	L	NS
Sodium chlorite	20 %	S	L	NS
Sodium dichromate	Sat.sol	S	S	S
Sodium hydrogen carbonate	Sat.sol	S	S	S
Sodium hydrogen sulphate	Sat.sol	S	S	-
Sodium hydrogen sulphite	Sat.sol	S	-	-
Sodium hydroxide	1 %	S	S	S
Sodium hydroxide	From 10 to 60 %	S	S	S
Sodium hypochlorite	5 %	S	S	-
Sodium hypochlorite	10 % - 15 %	S	-	-
Sodium hypochlorite	20 %	S	L	-
Sodium metaphosphate	Sol	S	-	-
Sodium nitrate	Sat.sol	S	S	-
Sodium perborate	Sat.sol	S	S	-
Sodium phosphate (neutral)		S	S	S
Sodium silicate	Sol	S	S	-
Sodium sulphate	Sat.sol	S	S	-
Sodium sulphide	Sat.sol	S	-	-
Sodium sulphite	40 %	S	S	S
Sodium thiosulphate (hypo)	Sat.sol	S	-	-
Soybean oil		S	L	-
Succinic acid	Sat.sol	S	S	-
Sulphuric acid	Up to 10 %	S	S	S
Sulphuric dioxide, dry or wet	100 %	S	S	-

### Borealis A/S

Parallelsvej 16,  
DK-2800 Kongens Lyngby (Denmark)  
Telephone: +45 45 96 60 00  
Fax : +45 45 96 61 23  
www.borealisgroup.com



## Polypropylene

# Chemical Resistance Table Polypropylene

Chemical or Product	Concentration	Temperature °C		
		20	60	100
Sulphur acid	From 10 to 30 %	S	S	-
Sulphuric acid	50 %	S	L	L
Sulphuric acid	96 %	S	L	NS
Sulphuric acid	98 %	L	NS	NS
Sulphurous acid	Up to 30 %	S	-	-
Tartaric acid	Sat.sol	S	S	-
Tetrahydrofuran	100 %	L	NS	NS
Tetralin	100 %	NS	NS	NS
Thiophene	100 %	S	L	-
Tin (IV) chloride	Sol	S	S	-
Tin (II) chloride	Sat.sol	S	S	-
Toluene	100 %	L	NS	NS
Trichloroacetic acid	Up to 50 %	S	S	-
Trichloroethylene	100 %	NS	NS	NS
Triethanolamine	Sol	S	-	-
Turpentine		NS	NS	NS
Urea	Sat.sol	S	S	-
Vinegar		S	S	-
Water brackish, mineral, potable		S	S	S
Whiskey		S	S	-
Wines		S	S	-
Xylene	100 %	NS	NS	NS
Yeast	Sol	S	S	S
Zinc chloride	Sat.sol	S	S	-
Zinc sulphate	Sat.sol	S	S	-



## Polypropylene

# Chemical Resistance Table Polypropylene

### Disclaimer

---

The information contained herein is to our knowledge accurate and reliable as of the date of publication. Borealis extends no warranties and makes no representations as to the accuracy or completeness of the information contained herein, and assumes no responsibility regarding the consequences of its use or for any printing errors.

Our products are intended for sale to industrial and commercial customers. It is the customer's responsibility to inspect and test our products in order to satisfy himself as to the suitability of the products for the customer's particular purpose. The customer is also responsible for the appropriate, safe and legal use, processing and handling of our products. Nothing herein shall constitute any warranty (express or implied, of merchantability, fitness for a particular purpose, compliance with performance indicators, conformity to samples or models, non-infringement or otherwise), nor is protection from any law or patent to be inferred. No statement herein shall be construed as an endorsement of any product or process.

Insofar as products supplied by Borealis or its subsidiary companies are used in conjunction with third party materials, it is the responsibility of the customer to obtain all necessary information relating to the third party materials and ensure that Borealis' products when used together with these materials are suitable for the customer's particular purpose. No liability can be accepted in respect of the use of Borealis' products in conjunction with other materials. The information contained herein relates exclusively to our products when not used in conjunction with any third party materials.

Borealis emphasises that the data for the chemical resistance of polyethylene and polypropylene displayed in the chemical resistance wizard on this web site is based on data from multiple sources. Borealis does not guarantee the accuracy and correctness of such data, and does not accept any responsibility for any loss or damage that result from the use, inability to use or the results of use of this web site wizard by customers or by any third parties to whom such data may be transmitted. You are required to carry out the appropriate tests to ensure the suitability and safety of the products for the envisaged use in accordance with all applicable regulations.

### Borealis A/S

Parallevej 16,  
DK-2800 Kongens Lyngby (Denmark)  
Telephone: +45 45 96 60 00  
Fax : +45 45 96 61 23  
[www.borealisgroup.com](http://www.borealisgroup.com)



## **ANEXO 2: METODOS DE COSTEO DE PIEZAS PLASTICAS**

# ECONOMIC DESIGN OF INJECTION MOLDED PARTS USING DFM GUIDELINES - A REVIEW OF TWO METHODS FOR TOOLING COST ESTIMATION

*Adekunle Fagade, University of Massachusetts Amherst  
David Kazmer, University of Massachusetts Amherst*

## Abstract

Product configuration decisions made at the early stages of design considerably influence tooling and manufacturing costs. Design for manufacture (DFM) methods have been developed by various researchers to assist designers in evaluating the impact of decisions that are made at the early stages of design. This paper looks at two DFM methods developed for estimating the tooling costs of injection molded parts. Their performance and ease of use with parts of increasing complexity in a computer aided design (CAD) environment are discussed. Improvements to these methods that can be implemented in feature based product modelers are then proposed.

## Introduction

The effect of tooling cost on the manufacturing cost of an injection-molded part is minimized when it is amortized over a large production size. The effect is nevertheless significant, especially when the initial test marketing of a new product necessitates a small production lot. DFM methods have been proposed by various researchers which guide the designer in developing products that are economically efficient, functional, and can be manufactured. Two DFM methods developed by researchers at the University of Massachusetts Amherst and University of Rhode Island for the estimation of tooling cost for injection molding are described and compared. The difficulties of implementing these methods particularly in a CAD environment are summarized. Finally, feature based design improvements are proposed.

## Dixon and Poli's Method

Dixon and Poli (D-P), developed a method for determining the relative tooling cost for an injection molded plastic part [1]. The reference part used is a flat disk with outside diameter (OD) of 72 mm and inside diameter (ID) of 60mm. Thus any part that has a relative tooling cost greater than 1 has a higher tooling cost than the reference disk while a relative tooling cost less than

one, implies a lower tooling cost than the reference disk. The approximate tooling cost for this reference part, based on 1991-92 costs, is given as \$7000, which includes about \$1,000 in die material costs.

According to D-P, relative tooling cost of an injection molded part  $C_d$ , is defined as:

$$C_d = \frac{\text{Cost of Tooling for Designed Part}}{\text{Cost of Tooling for reference Part}}$$

and calculated as;

$$C_{dc} = C_b C_s C_t \quad (1)$$

$$C_d = 0.8 C_{dc} + 0.2 C_{dm} \quad (2)$$

In equation 1,  $C_{dc}$  is the relative die construction cost, while  $C_b$ ,  $C_s$ , and  $C_t$  are the approximate relative tooling cost due to size and basic complexity, a multiplier accounting for subsidiary complexity, and a multiplier accounting for the effect of tolerance and surface finish respectively. Equation 2 assumes that the relative die material cost  $C_{dm}$ , is 20% of the relative tooling cost, based on data collected from moldmakers, which shows that  $C_{dm}$  varies from 15-20%.

Seven attributes that can be determined from the part at the design configuration stage, are used in evaluating  $C_b$  using a look up table. These attributes classify the part by its size, shape etc. Some of the attributes used are illustrated in Figure 1 and are listed in Table 1.

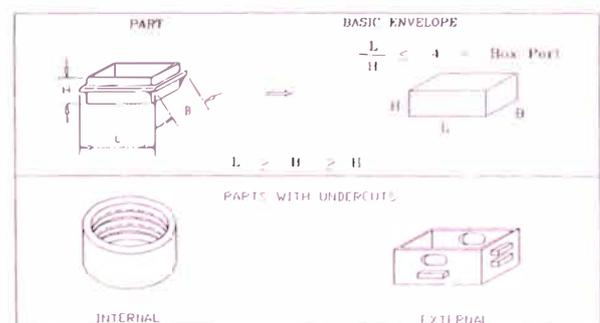


Figure 1: Basic Envelope and Undercuts

Table 1: Attributes for Size and Basic Complexity,  $C_b$

	Part's Attributes	Ratings of Attributes
1.	Longest Dimension (L mm)	Small ( $L \leq 250$ ) Medium ( $250 < L \leq 480$ ) Large ( $L > 480$ )
2.	Shape of Part	Flat $L/H \leq 4$ Box $L/H = 4$
3.	Faces with Internal Undercuts	Number (0,1,2,3, ..)
4.	Faces with External Undercuts	Number (0,1,2,3, ..)
5.	Dividing surface of mold	Planar, Non-Planar
6.	Peripheral height of mold	Constant, Non-Constant
7.	Part in one half of mold?	Yes, No

The basic envelope is the smallest rectangular prism that completely encloses the part. The lengths of the sides of this envelope are denoted by L, B and H, where L is greater or equal to B which is also greater or equal to H, see Figure 1. The shape of the part is classified as either flat or box. A box shaped part means relatively more material will have to be removed from the mold bases to give the required mold and cavity impressions than that for a flat part with the same *projected area*. Hence box shaped parts are relatively more costly. An undercut is a projection or depression whose direction is not parallel to the mold closure direction. Undercuts could be either internal or external as shown in Figure 1.

The subsidiary complexity multiplier,  $C_s$ , can take values from 1 to 2.15. The part's cavity detail and external undercut complexity determine the values of  $C_s$ . The cavity detail is rated as low, moderate, high and very high depending on the number and complexity of geometric features such as holes, depressions, bosses, ribs etc., aligned with the mold opening direction. A higher cavity detail implies a higher relative tooling cost. Similarly a face on the part with undercut features will require a slide mechanism for the part to be easily ejected from the mold during molding. The number and types, or complexity, of the undercut features on the face directly influences the relative cost of making the mold.

The tolerance and surface finish multiplier,  $C_t$ , takes values from 1 to 1.15.  $C_t$  is 1 if the surface finish required on the part is the usual SPI B1 or B2 and all the specified tolerances are commercial tolerances.  $C_t$  is 1.15 if the surface finish is high gloss SPI A1 or A2 and some of the tolerances are tight. The 15% increase in relative tooling cost is due to the extra work required to diamond polish the mold cavity to give the a surface finish of SPI A1 or A2. It is also due to the extra care needed by moldmakers while working within a tight tolerance limit that has to be shared with the molding process.

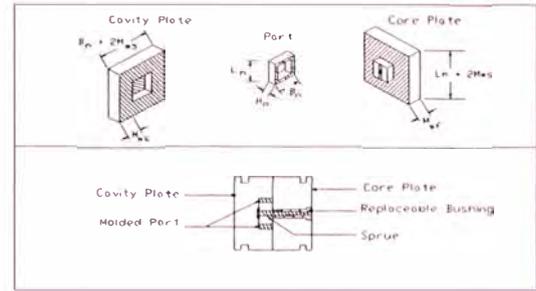


Figure 2: Mold/Part dimensions for a 2-plate mold

The selection of an appropriate standard mold base is fairly straightforward once the part's basic envelope size is known. The D-P method further helps to streamline the process of estimating the relative mold material cost,  $C_{dm}$ , given the configured part's basic envelope size by using charts developed from surveys of standard mold base sizes and costs. Figure 2 shows the main mold and part dimensions used in estimating  $C_{dm}$ .

### Boothroyd-Dewhurst's Method

In similar research that started at the University of Massachusetts Amherst in the late 1980s and continued at the University of Rhode Island, Geoffrey Boothroyd and Peter Dewhurst (B-D) developed another method for estimating the mold tooling cost for injection molded plastic parts at the design configuration stage [2]. The B-D method uses empirically derived formulas to estimate the times for the different operations carried out in transforming a purchased mold base to a finished mold. The sum of these times are then multiplied by an assumed shop rate R in dollars, to get an estimate of the tooling cost,  $C_{tool}$ .

The main tasks involved in transforming the mold base to the finished mold are the manufacture of the cavity and core inserts, milling of pockets in the plates to receive the cavity and core inserts, deep hole drilling for cooling channels, custom work to receive the ejection system, insertion of extra support pillars where necessary and the fitting of electrical and coolant system. The authors refer to a rule of thumb in mold manufacturing, which is that "the purchase price of the mold base should be doubled to account for the custom work on it"[3].

According to B-D, tooling cost is estimated as:

$$C_{tool} = C_{mm} + C_{mb} \quad (3)$$

$$C_{mm} = R ( T_{po} + T_e + T_x + T_a ) \quad (4)$$

$$C_{mb} = 1000 + 0.45 A_m (h_d)^{0.4} \quad (5)$$

Where:

$T_e$	⇒	Manufacturing hours for the ejector pins system;
$T_x$	⇒	Manufacturing hours associated with part geometrical complexity;
$T_{po}$	⇒	Manufacturing hours for a cavity and core insert set, for part with very simple geometry;
$T_a$	⇒	Manufacturing hours due to six additional part characteristics;
$R$	⇒	Shop average hourly rate (\$);
$C_{mm}$	⇒	Estimated mold manufacturing cost for a single set of core and cavity inserts (\$);
$C_{mb}$	⇒	Cost of mold base, (\$);
$A_m$	⇒	Area of mold base cavity plate, (cm <sup>2</sup> ); and
$h_d$	⇒	Combined thickness of cavity and core plates, (cm).

Mold base cost is given as a function of the surface area of the selected mold base plates and the combined thickness of the cavity and core plates, equation 5. As in the D-P method the basic envelope part dimensions are used to estimate the appropriate mold base size. A minimum allowance of 7.5cm is recommended from the extreme points on the surfaces of the part to the surfaces of the mold base. This allowance is required to provide the necessary rigidity against distortion due to the high cavity pressure and to provide space for cooling channels and moving core devices.

The same allowance is required for the space between parts in a multiple cavity, see Figure 3. This allowance is doubled to accommodate side-pulls and unscrewing devices on any surface of the mold.

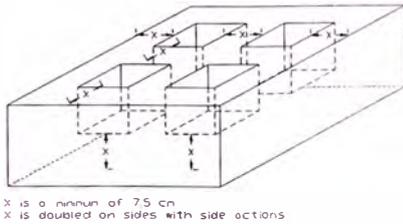


Figure 3: Placement of Four Cavities in a Mold base

### Application

The two mold tooling estimation methods were applied to three parts with known tool quotes with different levels of complexities. The estimations assume one cavity molds. The complexity criteria used were:

- the size of the part;
- the total number of geometric features on the part;
- the different types of geometric features on the part; and
- the organization of the features.

The first example part is a  $\text{Ø}73\text{mm} \times 9.4\text{mm}$  deep, end-cap-base of a water filter. It has an outside circumferential thread split diametrically in two halves. The mold dividing surface is aligned with the thread for easy ejection. An alternative mold configuration would need a slide mechanism on either side of the thread, as the thread is too thick to be stripped from the mold. The required surface finish is SPI A3.

The second example part is the top housing of a medical lab analyzer. It has envelope dimensions of  $375\text{mm} \times 200\text{mm} \times 182\text{mm}$ . It has three big and two small square windows for assembly and accessing internal components. It has moderate ribbing at the backside. Its exterior surface is textured while the inside surface needs a regular SPI B1 surface finish. It has no undercut.

The third example part is a Hewlett Packard printer tray, Figure 4, with internal undercuts on two sides. It has envelope dimensions of  $259\text{mm} \times 251\text{mm} \times 106\text{mm}$ . The bottom wall is multi-curved. It has one face with external undercuts, extensive ribbing on its backside, five windows, two bosses, four slots and four depressions. The top surface is sand grain textured while the backside has SPI B1 surface finish.

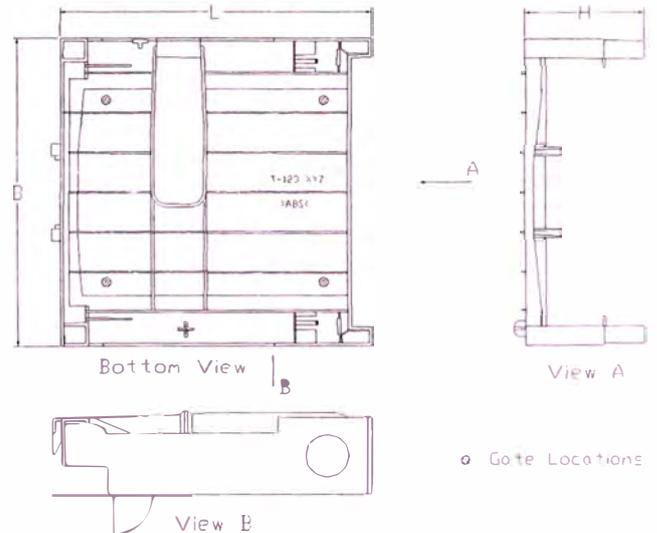


Figure 4: Example of a complex part, HP printer tray.

The results of applying the two estimating methods to the three sample parts are shown in Tables 2 and 3.

### Discussions

The two teams of researchers approached the subject of tooling cost estimation for plastic injection molding from a similar premise; that mold tooling cost consists of the purchase cost of a standard mold base and the cost of transforming that mold base to a finished mold. They both agree that a knowledge of the basic envelope size of the part provides enough information at the early stage of

design for determining an approximate size and cost for a standard mold base that can be purchased off the shelf.

Table 2: Application of Dixon- Poli's Method to Three Plastic Parts

	Part Attribute	End Cap	Top Housing	Printer Tray
1.	Longest Dimension (L mm)	73	375	259
2.	Shape of Part (L/H)	Box (2.5)	Box (2.06)	Box (2.58)
3.	Faces with Internal Undercuts	0	0	2
4.	Faces with External Undercuts	0	0	1
5.	Dividing surface of mold	Non-Planar	Planar	Non-Planar
6.	Peripheral height of mold	Non-Constant	Constant	Constant
7.	Part in one half of mold?	No	No	No
8.	Cavity Detail	Low	Very High	Very High
9.	External Undercut Complexity	Not Extensive	Not Extensive	Not Extensive
10.	Surface Finish (SPI)	A3	Textured	Textured
11.	Tolerance	Comm.*	Comm.*	Tight
12.	$C_{dc}$	2.123	6.929	14.03
13.	$C_{dm}$	2.0	6.0	3.5
14.	$C_d$	2.1	6.74	11.93
15.	D-P Estimate (\$K)	14.69	47.20	83.49
16.	Mold Quotes (\$K)	17.30	38.50	120

\* Commercial Tolerance

Table 3: Application of Boothroyd-Dewhurst's Method to Three Plastic Parts

		End Cap	Top Housing	Printer Tray
1.	# Cavities	1	1	1
2.	Side actions (slides)	0	0	1
3.	Internal lifters	0	0	2
4.	Unscrewing devices	0	0	0
5.	Surface finish factor	0.15	0.15	0.15
6.	Texture factor	0	0.05	0.05
7.	Tolerance factor	0.10	0.20	0.30
8.	Parting plane factor	1.25	0.00	0.05
9.	Part projected area, $A_p$ cm <sup>2</sup>	38.00	287.01	559.04
10.	Manufacturing hours for part with simple geometry with $A_p$ cm <sup>2</sup> . ( $T_{p0}$ )	11.69	80.66	173.4
12.	Manufacturing hours for ejector pins @ 2.5 hours per pin	15.41	42.35	59.11
13.	Manufacturing hours associated with part geom. complexity	9.75	49.62	93.59
14.	Total additional manufacturing times due to factors # 5 to 8.	32.96	69.06	1366.62
15.	$C_{min}$ (\$K)*	3.50	12.09	84.64
16.	$C_{mb}$ (\$K)	1.93	5.43	5.19
17.	B-D Estimate (\$K)	5.43	17.52	89.82
18.	Mold Quotes (\$K)	17.30	38.50	120

\* \$50 per hour average shop rate R assumed.

They both consider the increasing complexity of a part's features as adding to the cost of tooling construction for an identically shaped part with fewer features. A small part is considered to be less complex than a bigger part with same shape. A part with a certain number of geometric features, ribs, bosses, holes, grooves etc., is said to be less complex than an equally sized and shaped part, with more number of features. A part with 100 holes is less complex than an equally sized and shaped part with 100 features of more than one variety. A part with symmetrically arranged features requiring less number of set-ups or electrical discharge machining (EDM) electrodes during tool fabrication, is less complex than a part with the same size and same number of features asymmetrically arranged.

Figure 5 is not an attempt to draw a statistical inference from a small data sample. It merely shows how the two method reflect changes in mold tooling cost with increasing complexity. Differences are observed in the way the two methods deal with part geometrical complexity. The D-P method uses four main classes of form features in its determination of cavity detail i.e. holes or depressions; bosses; non-peripheral ribs and/or walls or rib clusters; and side-shutoffs. Different penalties are assigned to each type of feature. Penalties are summed up and the total penalty is used to assign one of four categories to cavity detail. This categorization of data inevitably sacrifices accuracy for ease of computation. It may explain the linear variation of costs with complexity in the D-P graph of Figure 5. Also in the D-P method it was uncertain if an intermittent linear rib should be counted as one rib or multiple ribs.

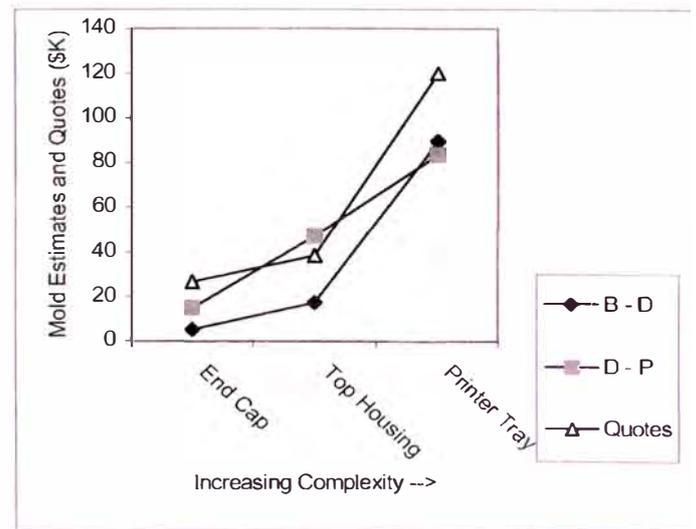


Figure 5: Variation of estimate with part complexity

Undercuts, internal and external, considerably add to tooling costs. This is more with internal undercuts that require expensive core mechanisms called lifters that are also maintenance prone. Unscrewing devices for the type

of internal threads shown in Figure 1 are considered most expensive to tool and should be avoided where possible.

The B-D method uses two classes of form features: surface patches; holes and depressions. In the sample part applied above, the counting of surface patches was at best an approximation especially in the complex printer tray. It was difficult deciding if all faces of rib networks should be counted.

The different cost and complexity equations used in the two estimation methods were derived from surveyed data between 1987 and 1991. The D-P method takes care of changing costs, both tool construction and mold base costs, with the use of a reference part whose costs have to be updated with changing market costs. The B-D method takes care of variations in cavity and core mold inserts manufacturing costs with the variable average shop rate R (\$). Some fixed models especially the one for mold base purchase cost may however become inaccurate with time. The tasks involved in transforming a mold base to a finished mold are listed and treated separately in the B-D method. This decomposition facilitates inclusion of cost changes with time and improved technology. These tasks are aggregated as relative tool construction cost in the D-P method.

The difficulties encountered in manually identifying form features from blueprints and physical parts as done above are eliminated with a cost estimating model linked to a CAD product modeler. With CAD, especially feature based product modelling, the product data already has information about the number and types of features embedded in the designed product. In non-feature based CAD modelers, feature extraction algorithms enable features present in the designed product to be identified. Whichever CAD modeler is used, it is possible to have a qualitative if not a fairly accurate estimate of the tooling and manufacturing costs of a designed product, given its basic envelope, form features and other characteristics already determined at the early stages of product design and which are available in the CAD data. As the product and tool geometry become better defined, these cost estimates could become more accurate. This information is vital when considering alternative product designs as well as the economic feasibility of the project.

The Plastic Engineering journal [5] reports that "due to the extreme competition faced by U.S. mold-makers, the cost of increased job complexity and shorter lead times often cannot be included in the original bid or the job will be awarded elsewhere. It is only after the jobs are completed that enormous amount of times are spent reviewing these jobs to see if costs could have been trimmed." Guidelines and tools that can be used in obtaining fairly accurate mold manufacturing costs for complex parts and which can also be used in obtaining similar costs for variations but functionally equivalent

parts will be valuable for both designers and mold makers.

## Conclusion

This paper has investigated two methods of estimating the cost of tooling for plastic injection molds at the early stages of product design. The ease of implementing these methods in a CAD product-modeling environment was discussed. It was observed that the methods might not adequately reflect the dramatic increased cost of tooling from increased complexity of plastic parts.

Other issues that need to be considered are the need for fully quantitative measures of complexities and the need to use time and facility adjustable costs variables rather than time fixed costs. Such models that can be implemented on a feature based CAD modeler are currently being developed in our research.

## References

- [1] Richard J. Dixon, Poli Corrado, Engineering Design and Design for Manufacturing, A structured Approach. Text and Reference for Mechanical Engineers, Field Stone Publishers, 1995, pages 11-1 to 11-27.
- [2] Geoffrey Boothroyd, Peter Dewhurst, W. Knight., Product Design for Manufacture and Assembly, Published by Marcel Dekker, Inc NY 1994, chapter 8, pages 319 to 360.
- [3] A. Schuster, Injection Mold Tooling, Society of Plastic Engineers Seminar, New York, Sept. 30 - Oct. 1, 1987.
- [4] W.R. Reinbacher, A computer Approach to Mold Quotations, PACTEV V., 5<sup>th</sup> Pacific Technical Conference, Los Angeles, February, 1980.
- [5] Wigotsky, Victor Ed., "Mold Making & Mold Design", Plastic Engineering, vol. LII, No. 10 Oct. 1996, pp. 22-26.

## Key Words

Design for manufacture; molded part design; cost estimation; computer-aided design, part complexity.

## ANEXO 3: ESPECIFICACIONES COSMETICAS PARA PIEZAS PLÁSTICAS

### INYECTADAS

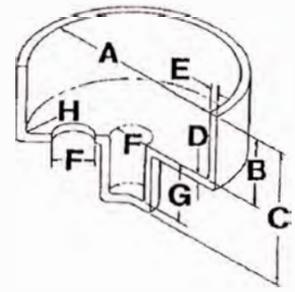
#### The Society of the Plastics Industry Especificaciones Cosméticas de Piezas Moldeadas por Inyección

#### **GRADO 3** (Piezas pintadas o terminadas)

SUPERFICIE		A	B	C
<b>MANCHAS</b>				
<b>DESCOLORACIÓN BRILLOS</b>	ACEPTE SI:	Menor/igual a 0,010". No más cerca de 1"	Menor/igual a 0,015". No más cerca de 1".	Menor/igual a 0,015". No más cerca.
	RANGO PERMITIDO:	0,010" - 0,020". Permita 2 por 16 pulgadas al cuadrado (4" x 4").	0,015" - 0,040". Permita 4 por 16 pulgadas al cuadrado (4" x 4"). No más cerca de 2".	0,015" - 0,050". Permita 6 por 16 pulgadas al cuadrado (4" x 4"). No más cerca de 1".
	RECHACE SI:	Mayor de 0,020"	Mayor de 0,040".	Mayor de 0,050".
<b>RASGUÑOS Y PELUSA</b>				
	RANGO PERMITIDO:	0,010" - 0,030" o menor. Permita 2 por 16 pulgadas al cuadrado (4" x 4"). No más cerca de 1"	0,020" - 0,050" o menor. Permita 4 por 16 pulgadas al cuadrado (4" x 4"). No más cerca de 1"	0,015" - 0,500" o menos. Permita 4 por 16 pulgadas al cuadrado (4" x 4"). No más cerca de 1".
	RECHACE SI:	Mayor de 0,010" x 0,030".	Mayor de 0,020" x 0,050".	Mayor de 0,020" x 0,500".
<b>MARCAS Y ESCURRIMIENTOS</b>				
	ACEPTE SI:	Ninguna	0,020" x 0,50" o menos. Permita 2 por 16 pulgadas al cuadrado (4" x 4"). No más cerca de 1"	0,020" x 0,500" o menos. Permita 4 por 16 pulgadas al cuadrado (4" x 4"). No más cerca de 1".
	RECHACE SI:	Ninguna	Mayor de 0,020" x 0,050".	Mayor de 0,020" x 0,500".
<b>NO ADHERENCIA O RECUBRIMIENTO NO UNIFORME</b>				
	ACEPTE SI:	Ninguna	0,125" o menos. Permita 2 por 16 pulgadas al cuadrado (4" x 4"). No más cerca de 1".	0,250" o menos. Permita 4 por 16" al cuadrado (4" x 4"). No más cerca de 1".
	RECHACE SI:	Alguna hallada	Mayor de 0,125".	Mayor de 0,250".

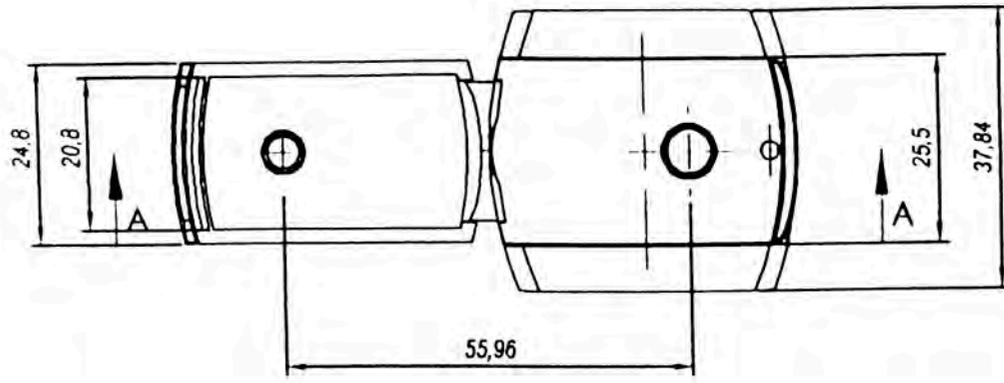
**ANEXO 4: TOLERANCIAS RECOMENDADAS PARA PIEZAS PLASTICAS DE  
POLIPROPILENO**

<b>Standards &amp; Practices of Plastics Molders</b>		<b>Material Polypropylene (PP)</b>			
<p><i>Note:</i> The <i>Commercial</i> values shown below represent common production tolerances at the most economical level. The <i>Fine</i> values represent closer tolerances that can be held but at a greater cost. Any addition of fillers will compromise physical properties and alter dimensional stability. Please consult the manufacturer.</p>					
Drawing Code	Dimensions (mm)	Plus or Minus in Thousands of an Millimeter			
		50	100	150	200
A = Diameter (See note #1)  B = Depth (See note #3)  C = Height (See note #3)	0				
	25				
	50				
	75				
	100				
	125				
	150				
	150 to 300 for each additional 25 mm add (mm)	Comm. ±	Fine ±		
D = Bottom Wall	{See note #3}	0.130	0.075		
E = Side Wall	{See note #4}	0.155	0.075		
F = Hole Size Diameter (See note #1)	0.000 to 3.000	0.080	0.050		
	3.001 to 6.000	0.105	0.075		
	6.001 to 12.000	0.130	0.100		
	12.001 & over	0.205	0.150		
G = Hole Size Depth (See note #5)	0.000 to 6.000	0.130	0.075		
	6.001 to 12.000	0.155	0.100		
	12.001 to 25.000	0.230	0.150		
H = Corners, Ribs, Fillets	{See note #6}	0.735	0.405		
Flatness (See note #4)	0.000 to 75.000	0.560	0.355		
	75.001 to 150.000	0.915	0.530		
Thread Size (Class)	Internal	1	2		
	External	1	2		
Concentricity	{See note #4} (F.I.M.)	0.385	0.305		
Draft Allowance Per Side	{See note #5}	1.5°	0.5°		
Surface Finish	{See note #7}				
Color Stability	{See note #7}				

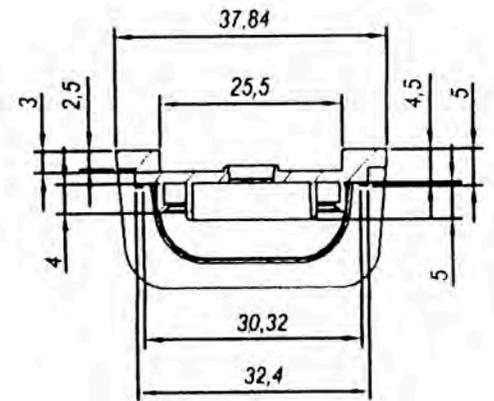
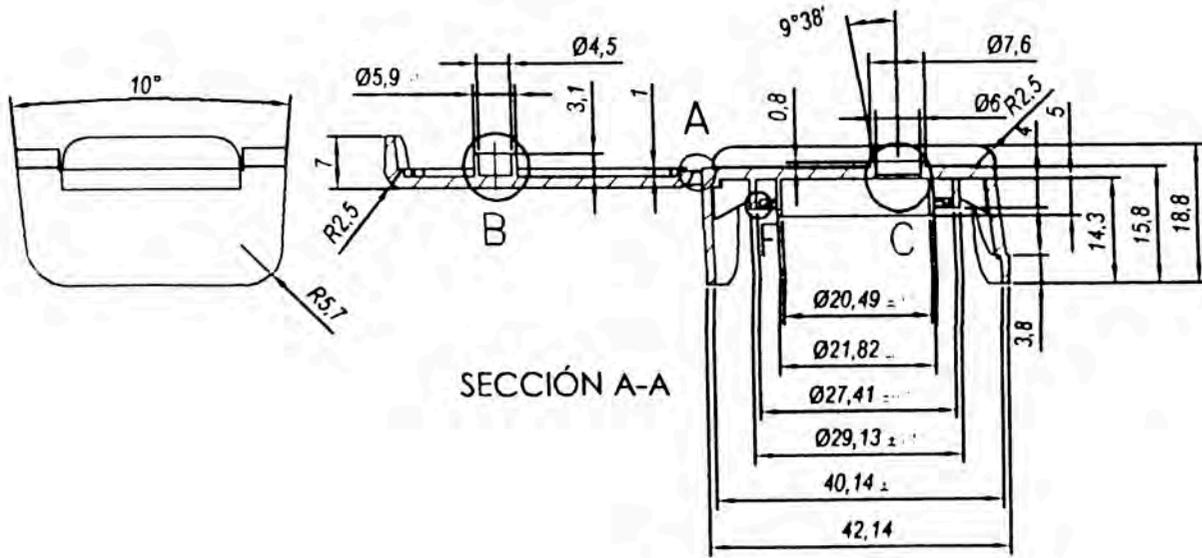
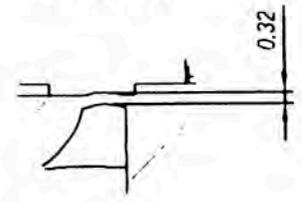


REFERENCE NOTES

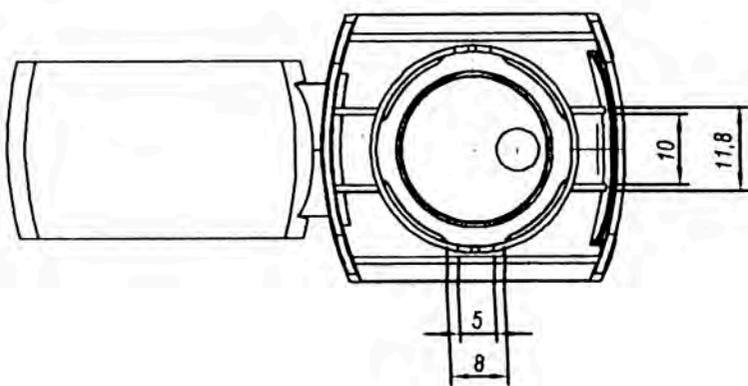
1. These tolerances do not include allowance for aging characteristics of material.
2. Tolerances are based on 3.175 mm wall section.
3. Parting line must be taken into consideration.
4. Part design should maintain a wall thickness as nearly constant as possible. Complete uniformity in this dimension is sometimes impossible to achieve. Walls of non-uniform thickness should be gradually blended from thick to thin.
5. Care must be taken that the ratio of the depth of a cored hole to its diameter does not reach a point that will result in excessive pin damage.
6. These values should be increased whenever compatible with desired design and good molding techniques.
7. Customer-Molder understanding is necessary prior to tooling.



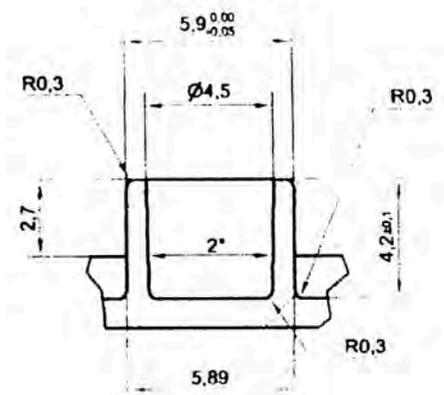
A (5:1)



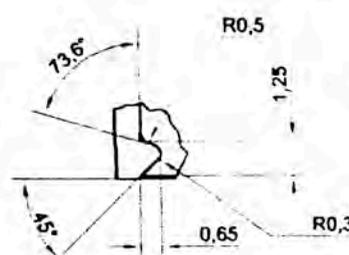
SECCIÓN C-C



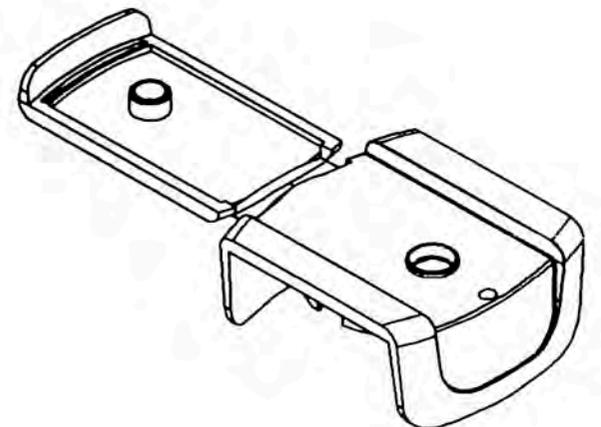
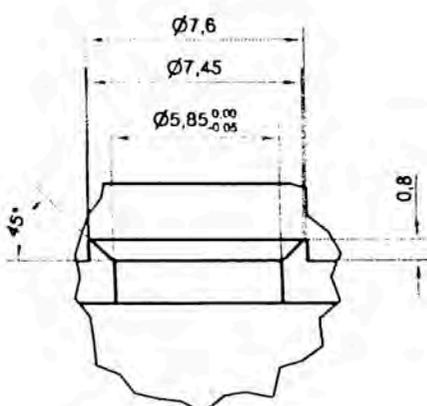
B (4:1)



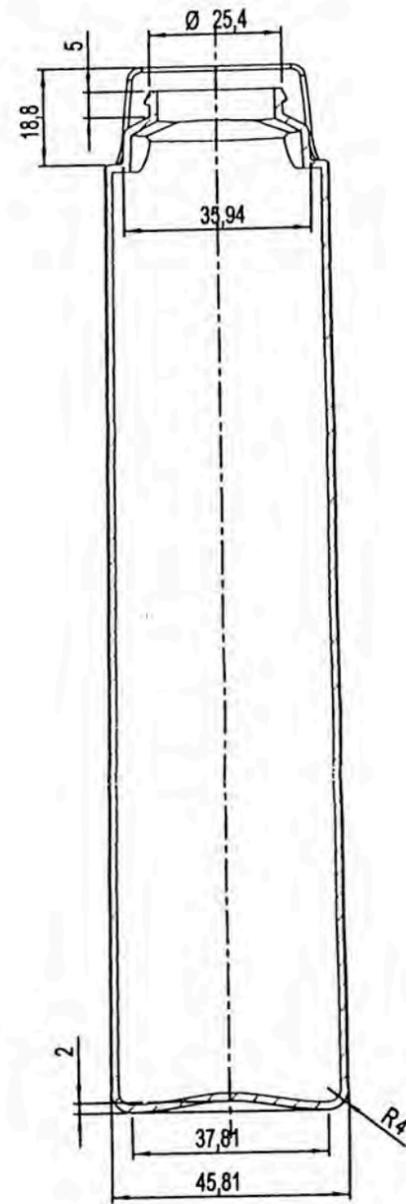
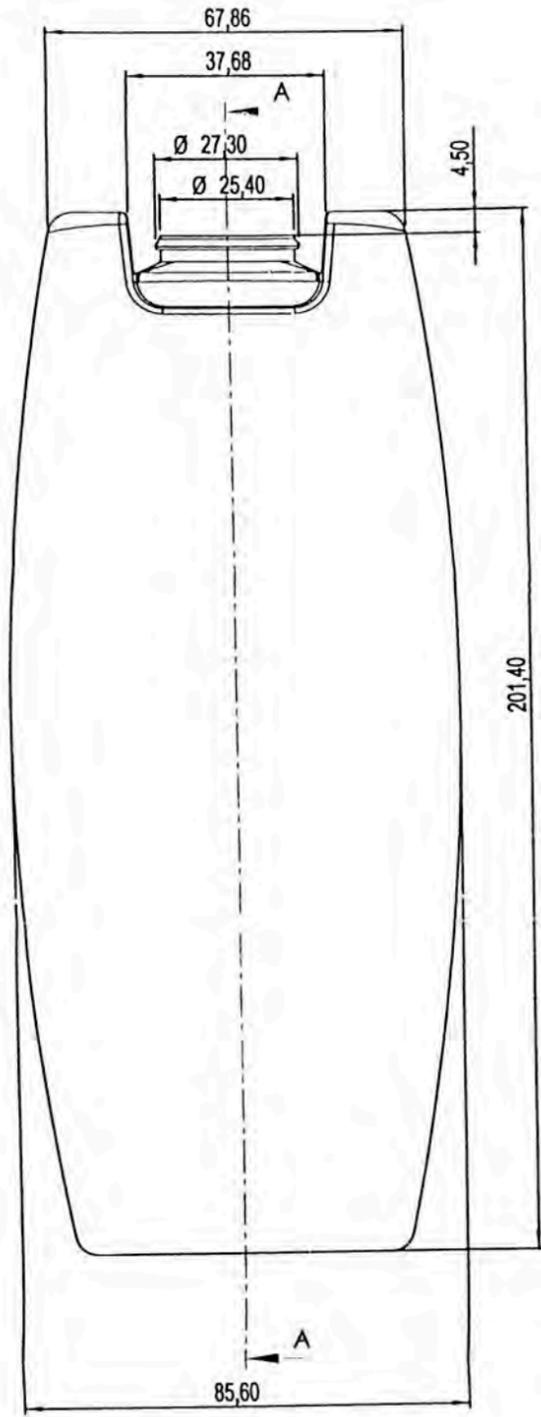
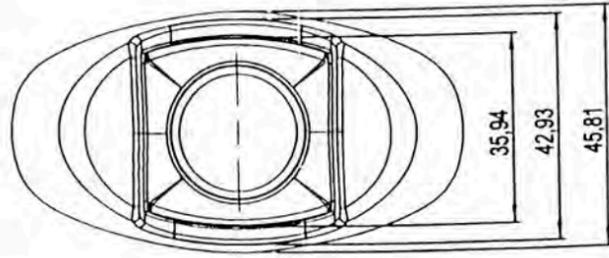
F (4:1)



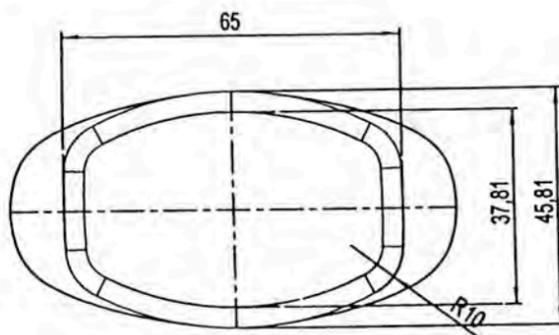
C (4:1)



TAPA: FLIP TOP		Esc. 1:1	
Material	Polipropileno		A3
Peso	6g ±0.5 g		
Fabricación	Inyección	Unid. MM	Fecha/Date 27.04.10



SECCIÓN A-A



FRASCO: 400 ml		Esc. 1:1	
Materia	POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD		A2
Peso	38 g ±1g		
Fabricación	EXTRUSION SOPLADO	Un. MM	Fecha/Date 27.04.10