

881217

6

**UNIVERSIDAD ANAHUAC**  
**ESCUELA DE INGENIERIA**  
CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA  
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**



**DISEÑO DE UN MOLDE**  
**PARA FABRICAR BOYAS DE PLASTICO**  
**PARA LAS REDES DE LA INDUSTRIA PESQUERA**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

PRESENTA EL ALUMNO

**FELIPE FUENTES URANGA**

**MEXICO, D. F.,**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**1989**



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## CONTENIDO

1. Introducción	1
1.1 Justificación y objetivos	2
1.2 Alcances	3
2. Diseño de la boya	5
2.1 Selección del material	5
2.1.1 Criterio empleado para efectuar la selección	6
2.1.2 Características y propiedades de los diferentes materiales termoplásticos considerados	15
2.1.3 Selección definitiva	35
2.2 Especificaciones y forma de la boya	47
2.2.1 Consideraciones del diseño del producto	47
2.2.2 Cálculos y dimensiones de la boya	51
3. Diseño del molde	55
3.1 Teoría del moldeo de materiales termoplásticos por inyección	55
3.1.1 Tipos de moldes de inyección para termoplásticos	56
3.1.2 Canales de distribución de la masa plastificada	59

3.1.3 Canales de refrigeración del molde	61
3.1.4 Otras consideraciones importantes	62
3.2 Diseño y operación del molde de las boyas	64
3.3 Instrucciones de ensamble	97
4. Análisis de los procesos de manufactura	102
4.1 Características de los materiales utilizados para la construcción del molde	102
4.1.1 Los aceros	102
4.1.2 La selección del material	106
4.2 Descripción de los diferentes procesos de manufactura	114
4.3 Cálculo del tiempo requerido para fabricar el molde	122
5. Costos	129
6. Recomendaciones y conclusiones	133
-Bibliografía	137
- Anexos	
Índice de tablas	140
Índice de figuras	141

## CAPITULO 1

### INTRODUCCION

En todos los países del mundo el problema de la alimentación es de suma importancia, y México no es la excepción. Una buena solución a este problema es el mar; ya que de él se pueden extraer infinidad de alimentos de diversos tipos. Afortunadamente México cuenta con muchos kilómetros de costas. Es por esto que se vuelve tan importante que México sepa explotar y aprovechar al máximo los recursos que le ofrece el mar.

Pero para poder lograr esto, la industria pesquera necesita contar con cierto equipo especializado. Las redes pesqueras forman una parte esencial de dicho equipo. A su vez, las redes necesitan tener un gran número de boyas para poder funcionar adecuadamente. Estas boyas proporcionan la fuerza de flotación necesaria para que se puedan subir las redes a los barcos una vez que éstas se encuentran llenas de pescado. De no llevar boyas, las redes se romperían debido al tremendo peso del pescado

atrapado en ellas.

La disponibilidad de las boyas antes mencionadas es limitada. Dichas boyas no se fabrican en México, por lo que la industria pesquera mexicana se ve obligada a importarlas. Obviamente esta importación representa una marcada dependencia del extranjero.

Las boyas que se fabrican en la actualidad están destinadas a diferentes aplicaciones. En la aplicación específica de las redes pesqueras se necesita de boyas muy resistentes y de alta calidad. Por lo tanto, es conveniente encontrar la boya que presente el mayor número de ventajas, para poder así, obtener resultados óptimos. En el mercado existen boyas de características muy variadas. Hay boyas de diversas formas y tamaños. Además, las boyas están hechas de diferentes materiales que incluyen al plástico, a la madera y al corcho, entre otros. Cabe mencionar que las boyas hechas de plástico duran mucho más que las boyas hechas de madera o de corcho, ya que no se pudren ni se rompen con tanta facilidad.

### 1.1 Justificación y objetivos

Actualmente la industria pesquera tiene una cierta dependencia del extranjero ya que no existe una producción nacional de boyas. Esto implica una serie de factores nocivos entre los cuales destacan los siguientes tres: La necesidad de importar boyas a precios elevados, el costo adicional del flete

de las boyas y los posibles retrasos en el surtido de las mismas. Con esto en mente es fácil ver lo conveniente e importante que sería poder contar con una producción nacional de boyas. México cuenta con los recursos necesarios para producir boyas de muy buena calidad a bajos costos.

Por consiguiente, el objetivo primordial de esta tesis será el de ofrecer una solución que permita producir boyas nacionales. Además, otro objetivo que tiene la realización de este trabajo es el de mostrar detalladamente cuales son los pasos a seguir para diseñar un molde de inyección para materiales termoplásticos. Este proyecto es justificable por todas las razones antes mencionadas.

## 1.2 Alcances

Este trabajo está dividido en seis capítulos y comprende desde el criterio empleado para efectuar el diseño de la boya en sí, hasta los cálculos y operaciones necesarios para iniciarse la construcción del molde mencionado. Abarca tanto la manera en que se selecciona el material de la boya, como la forma en que se determinan las dimensiones y la forma de la misma. Luego se hace un análisis del diseño del molde. En éste se menciona el tipo de molde adecuado para fabricar las boyas. Se discute tanto la manera en que se escoge el material del molde como las operaciones de maquinado necesarias para la construcción del

mismo. También se habla de los costos involucrados en este proyecto. Por último se enlistan algunas recomendaciones y conclusiones pertinentes.

La tesis está organizada de la siguiente manera:

El capítulo primero consta de una breve introducción así como de la justificación, los objetivos y alcances del proyecto.

En el capítulo segundo se expone la manera en que se diseña el producto que se desea moldear. Abarca la forma en que se determinan las dimensiones de la pieza y también la manera en que se selecciona el material.

El capítulo tercero habla del diseño del molde. Primeramente se establece la teoría en la que se basan los diseños y luego se explica a fondo el funcionamiento del molde diseñado.

En el capítulo cuarto se efectúa un análisis de los procesos de maquinado que requiere el molde en cuestión. En él, se incluye una discusión del procedimiento correcto que se debe utilizar para determinar cuales son los metales adecuados que se deben emplear en la construcción del molde.

El capítulo quinto trata de los costos involucrados en este proyecto.

El último capítulo establece los procedimientos y cuidados que se deben tener con el molde. También se presentan las conclusiones a las que se llegaron al final de este trabajo.



## CAPITULO 2

### DISEÑO DE LA BOYA

#### 2.1 Selección del material

La primera responsabilidad del diseñador de moldes es la de revisar minuciosamente el diseño del producto que se va a moldear. Al efectuar dicha revisión, el diseñador debe tomar en cuenta el equipo disponible para que se asegure que el producto se podrá moldear con los métodos de producción existentes. El diseñador debe estar consciente de que existen ciertas bases y fundamentos que se deben observar para lograr un buen diseño del producto y obtener así, un menor costo, una producción continua y buena calidad en las piezas moldeadas. El diseñador de moldes se encarga de descubrir las fallas en el diseño del producto y de corregirlas antes de que se diseñe el molde. El diseñador debe corregir, de ser necesario, los cálculos, los planos, las dimensiones y tolerancias, y cualquier otro error que pudiera ocasionar problemas posteriores.

Después de que se ha diseñado un producto, es necesario verificar que éste cumpla perfectamente con las especificaciones de la aplicación para la cual fue diseñado. Además, uno debe cerciorarse de que el diseño propuesto se pueda moldear con el equipo disponible. El diseño del producto también abarca la selección del material. Es decir, también es necesario decidir cual es el material más adecuado para alguna aplicación específica. La selección del material se discute ampliamente en este capítulo. En concreto, hay que recordar que el diseñador de moldes debe cerciorarse absolutamente de que el diseño del producto esté correcto antes de diseñar el molde.

#### 2.1.1 Criterio empleado para efectuar la selección

Se le debe dedicar un estudio especial considerable al problema de la selección del material. Es de suma importancia que el diseñador conozca por completo las propiedades de los diferentes materiales termoplásticos disponibles para poder evaluarlos y escoger de entre ellos al material más adecuado para el producto en cuestión. Existen casos en los que habrá más de un material adecuado para algún producto determinado. El diseñador debe considerar todos los materiales termoplásticos que tengan propiedades y características deseables y que, por lo tanto, pudieran llegar a servir.

Como regla general, se debe recordar que la selección del

material adecuado requiere la consideración de los puntos buenos y los puntos malos de cada uno de los materiales considerados para el trabajo. Ningún material tendrá todas las cualidades deseadas y ninguna característica indeseable. También es importante considerar el efecto que tendría sobre el producto una posible sustitución de material después de que el molde se haya diseñado. En caso de que llegara a ser necesario sustituir el material seleccionado, es importante asegurarse de que el nuevo material no afectaría negativa o indeseablemente a los requerimientos preestablecidos del producto, y de que el molde trabajaría tan eficientemente con el nuevo material como con el original. Antes de hacer una sustitución de material es necesario verificar que el nuevo material cumpla con todas las especificaciones bajo las cuales se diseñó el producto.

Debido a que normalmente el número de materiales termoplásticos que entran en consideración es alto, es necesario utilizar algún proceso de eliminación que reduzca las opciones hasta obtener un número limitado de alternativas. Cuando ya solamente quedan unos cuantos materiales en la lista de alternativas, la selección final se convierte en una prueba práctica bajo condiciones reales que demuestre la durabilidad y estabilidad del producto bajo condiciones ambientales específicas. Esta prueba se efectúa con una muestra física de cada uno de los materiales considerados para el trabajo.

Los requerimientos específicos de cada producto ayudan a

dictaminar cual será el material seleccionado. Los materiales termoplásticos tienen muchas propiedades importantes que afectan directamente al comportamiento del producto. Así mismo, los materiales también tienen propiedades que no influyen o que son intrascendentes. Cada producto tendrá requisitos específicos, y solamente algunos materiales tendrán las propiedades necesarias para que el producto funcione adecuadamente. Cuando se lleva a cabo la selección del material, se toman en cuenta las propiedades de los materiales que afectan directamente al producto. Los materiales se van eliminando conforme se establece que no cumplen con los requisitos necesarios, de manera que los mismos requerimientos del producto irán eliminando a los materiales inadecuados.

Las boyas para las redes de la industria pesquera tienen que cumplir con ciertas especificaciones para funcionar adecuadamente. Solamente se podrá cumplir con estas especificaciones si el material termoplástico seleccionado tiene ciertas propiedades fundamentales. Estas propiedades, junto con los factores que las afectan, se discuten a continuación:

1. La Temperatura. Uno de los parámetros que elimina más rápidamente a la mayoría de los materiales termoplásticos es la temperatura. Esto se debe a que los materiales termoplásticos pierden su rigidez y su estabilidad dimensional cuando se les somete a temperaturas elevadas. Afortunadamente, este no es el caso en la aplicación de las boyas. Casi todos los materiales

termoplásticos conservan sus propiedades inalteradas dentro del rango de temperaturas al cual estarán expuestas las boyas. Dicho rango varía aproximadamente desde no menos de 0° C hasta no más de 40° C. Esto se debe a que, por un lado, en ninguna costa de México se llega a congelar el agua del mar, aún en épocas de invierno; así mismo, por más calor que llegara a hacer en el día más cálido del verano, la temperatura más alta a la que estarían expuestas las boyas no ascendería a más de los 40° C aún cuando las boyas se encontraran en la cubierta del barco directamente bajo los rayos del sol. Además, este rango aproximado toma en cuenta las temperaturas máximas y mínimas a las que estarían expuestas las boyas en casos extremos. Normalmente el rango de temperaturas dentro del cual tendrán que operar las boyas será mucho más moderado. Por lo tanto, para el caso específico de las boyas, la temperatura es un factor de poca importancia que tendrá poco que ver en la cuestión de la selección del material. No obstante, en tanto esto no se determine, la temperatura debe de ser una de las consideraciones primordiales del diseñador encargado de escoger el material.

2. La Resistencia al Impacto. La resistencia al impacto es una de las propiedades más importantes con las que debe contar el material termoplástico seleccionado para la fabricación de las boyas. Es lógico pensar que las boyas se van a golpear constantemente cuando las redes pesqueras se estén utilizando. Las boyas deben ser capaces de resistir todos los golpes a los

cuales sean sometidas. A la hora de efectuar la selección del material, el diseñador debe tomar en cuenta este factor, ya que solamente los materiales que tengan buena resistencia al impacto podrán ser considerados como posibles candidatos.

3. La Absorción de Humedad. Otro de los factores que influye en la selección del material es la absorción de humedad. Algunos de los materiales termoplásticos son higroscópicos; es decir, son materiales que tienden a absorber la humedad que se encuentra presente en el aire. A estos materiales hay que presecarlos antes de procesarlos, ya que la humedad contenida en ellos afecta la calidad de las piezas moldeadas y ocasiona varios problemas durante el proceso de inyección.

4. La Resistencia Química. La mayoría de las aplicaciones actuales, incluyendo a la aplicación de las boyas, requieren que los materiales termoplásticos tengan buena resistencia química. La resistencia química es una de las propiedades que más influye en el proceso de la selección del material. Las boyas no solo deben poder resistir al agua salada, sino que también deben resistir cualquier sustancia química con la que pudieran ponerse en contacto tanto en el mar como en las cubiertas de los barcos. Estas sustancias incluyen al petróleo, a la gasolina, al aceite y a los detergentes.

Por fortuna, la mayoría de los fabricantes de plásticos cuentan con mucha información referente a la resistencia química de los diferentes materiales termoplásticos que fabrican. Basta

consultar las tablas existentes para conocer cuales son los agentes y reactivos quimicos que atacan a los diferentes plásticos. Las tablas son una gufa inicial excelente, y permiten reducir el número de alternativas conforme se va determinando cuales son los diferentes productos quimicos de uso común que atacan a los plásticos considerados para el trabajo.

5. La Estabilidad Dimensional. Se le debe dedicar una atención considerable a la propiedad de la estabilidad dimensional. Hay productos en los que la estabilidad dimensional es un imperativo para el buen funcionamiento de los mismos. La estabilidad dimensional de los plásticos se pierde principalmente cuando los productos se someten a esfuerzos y/o a temperaturas elevadas. Las boyas deberán resistir la presión que el agua del mar les aplique cuando éstas estén sumergidas. Debido al tamaño de las redes, las boyas nunca estarán sumergidas a más de 100 metros de profundidad. Esta distancia representa una presión de 145 psi. Las boyas deben tener suficiente estabilidad dimensional para evitar que se deformen demasiado cuando estén sumergidas, ya que esta deformación podría ocasionar que se metiera agua dentro de las boyas. La forma de la boya y el espesor de sus paredes también tendrán mucho que ver con la estabilidad dimensional.

Entre los materiales termoplásticos que tienen buena estabilidad dimensional se encuentran los estirenos y el PVC rígido. La mayoría de los proveedores han ido recolectando datos e información referentes a la estabilidad dimensional de los

diferentes materiales plásticos a través de los años. Esta información, se puede utilizar como una guía, siempre y cuando la selección final del material esté sujeta a una prueba práctica.

3. La Resistencia a la Intemperie. Algunos plásticos tienen vidas más cortas y duran menos cuando se les somete a condiciones ambientales severas. Esto se debe a que algunos de los componentes de la intemperie atacan y alteran sus resistencias y propiedades. En el caso específico de las boyas, es necesario tomar en cuenta que éstas constantemente estarán expuestas a los rayos del sol, al agua salada, al viento, a la lluvia, al polvo, a los cambios bruscos de temperatura, etc.

Hay varios materiales termoplásticos que funcionan adecuadamente en aplicaciones exteriores. Entre ellos se encuentran los acrílicos, los polietilenos, y algunos estirenos. Los pigmentos negros son los más adecuados para los productos que se usan en el exterior.

Aunque son muchos los factores que componen la intemperie, a fin de cuentas el único factor que puede traer consecuencias graves para esta aplicación es el factor de los rayos ultravioleta del sol. Muchos de los materiales termoplásticos tienen mala resistencia a la luz ultravioleta. Esta luz ocasiona cambios significativos tanto en el aspecto como en las propiedades de los productos fabricados con estos materiales. Por consiguiente, estos materiales se deben proteger con aditivos especiales. Existen estabilizadores ultravioleta que retardan los



efectos degradantes de la luz solar. En los casos en que se requiera, será necesario escoger el estabilizador ultravioleta más adecuado y agregárselo al plástico con que se va a fabricar el producto. Una vez que los materiales plásticos cuentan con dicho estabilizador, se pueden utilizar con confianza en aplicaciones exteriores en las que el producto estará expuesto a los rayos solares durante periodos prolongados. Una manera adicional de proteger a los productos de los rayos ultravioleta es agregándoles una capa de pintura. El método de protección que se elija dependerá de las características específicas de cada aplicación. De no ser por los rayos ultravioleta, se estima que en general en el medio ambiente en el cual estarán las boyas no habrá agentes o reactivos peligrosos que acorten la vida útil de las boyas.

7. La Facilidad de Efectuar el Proceso de Inyección. Otra de las propiedades importantes que influyen en la selección del material es la facilidad con la que se procesa el material. Hay materiales que se procesan muy fácilmente. Entre éstos se encuentran algunos poliestirenos y las poliolefinas. Estos materiales fluyen dentro de los moldes con facilidad.

Pero también existen materiales que requieren de tratamientos previos antes de poderse moldear. Los materiales higroscópicos necesitan presecarse forzosamente ya que de lo contrario la humedad y el agua contenida en ellos provocarían burbujas en las piezas a la hora de moldearlas. Este tratamiento

representa un gasto adicional y la necesidad de invertir en un equipo de secadores o deshumidificadores.

Además, también hay plásticos que usualmente son difíciles de procesar por el método de inyección. El PVC (cloruro de polivinilo) es uno de estos materiales. El PVC tiende a degradarse químicamente cuando se le somete a las elevadas temperaturas del moldeo, por lo que el control de la temperatura de moldeo es muy crítico. Se debe tomar en cuenta la facilidad con la que se procesan los diferentes materiales considerados ya que aquellos que den demasiados problemas durante el proceso de moldeo se pueden considerar como materiales indeseables.

B. El Costo y la Disponibilidad de los Materiales. El ingeniero encargado de diseñar el producto debe efectuar una evaluación para determinar cual es el material que cumplirá con las especificaciones establecidas al menor costo. En todos los casos el material más costoso será siempre el equivocado. En ocasiones habrá materiales termoplásticos que cuesten más que otros pero que se inyectan a velocidades muy altas y sin problemas, lo cual ocasiona que a la larga resulten más económicos.

También es importante considerar que hay materiales que escasean o que no se consiguen fácilmente. Hay otros que no se fabrican en México, por lo que se vuelve necesario importarlos. Es obvio que los materiales importados resultan más caros que los nacionales. El precio de los materiales termoplásticos varía

conforme cambia la oferta y la demanda. Un material que sea más caro que otro actualmente puede volverse más barato en el futuro. Por consiguiente, el ingeniero encargado de escoger el material debe estar al día tanto de los precios vigentes como de la disponibilidad de los diferentes materiales termoplásticos. Es conveniente que el material seleccionado se pueda conseguir con facilidad y a buen precio.

En resumen, los parámetros que más críticamente afectan al funcionamiento de las boyas son: La resistencia al impacto, la resistencia química, la estabilidad dimensional, y la resistencia a la intemperie (en especial la resistencia a los rayos ultravioleta del sol). El material seleccionado debe tener estas propiedades para que las boyas funcionen aceptablemente.

Después de discutir estos puntos se debe recordar que la selección definitiva se hará basada en el balance más favorable de propiedades. El ingeniero del producto deberá decidir cual es el material más adecuado para fabricar las boyas tomando en cuenta todos los puntos antes mencionados.

#### 2.1.2 Características y propiedades de los diferentes materiales termoplásticos considerados

Después de discutir el criterio que se debe emplear durante la selección del material, y de ver los requerimientos específicos con los que deben cumplir las boyas, el ingeniero del

producto debe proceder a estudiar los diferentes materiales termoplásticos disponibles. Al considerar los materiales, hay que tomar en cuenta las cualidades específicas que deberá tener el material con el que se fabriquen las boyas.

El número de materiales termoplásticos que existen en la actualidad es muy grande. Sin embargo, solamente algunos tienen las propiedades necesarias para que las boyas funcionen adecuadamente. El ingeniero encargado de seleccionar el material reduce el número de alternativas conforme elimina a todos los materiales que no presentan las características necesarias. Recordando cuales son las propiedades importantes con las que debe contar el material seleccionado y llevando a cabo el proceso de eliminación antes mencionado, se llega a obtener una lista de posibles candidatos. Entonces, el ingeniero encargado procede a estudiarlos, evaluarlos y compararlos para después poder escoger de entre ellos al más conveniente. La lista de posibles candidatos se muestra a continuación:

1. El Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno de alto impacto conocido por su nombre común de ABS.
2. El Polimetil-Metacrilato o PMMA que es conocido comúnmente por el nombre de Acrílico.
3. El Poliestireno de alto impacto.
4. El Polietileno de alta densidad.
5. El Polipropileno.
6. El Cloruro de Polivinilo rígido conocido comúnmente como PVC.

Para fines prácticos se utilizarán los nombres comunes de los seis materiales antes mencionados a lo largo de la redacción de este documento con el propósito de ahorrar espacio. De manera que la lista de candidatos queda de la siguiente forma:

1. ABS.
2. Acrílico.
3. Poliestireno.
4. Polietileno.
5. Polipropileno.
6. PVC.

Antes de continuar con la selección del material conviene describir detalladamente a los seis candidatos con el propósito de llegar a conocer sus cualidades y características. Esto se hace a continuación:

#### 1. ABS.

ABS es el nombre que se le da a una familia específica de polímeros. El nombre se deriva de los tres monómeros que se utilizan para formar el polímero. Estos son: el Acrilonitrilo, el Butadieno y el Estireno. La proporción de cada uno de los tres componentes varía según la aplicación a la cual esté destinado el material. El acrilonitrilo le da resistencia química y resistencia a la intemperie. El butadieno le imparte resistencia al impacto y el estireno le añade rigidez y facilidad de procesar.

El ABS tiene una amplia gama de aplicaciones que van desde

artículos de oficina y calculadoras hasta los interiores de algunos refrigeradores.

Dentro de las características que más atraen a los diseñadores encargados de seleccionar el material están: la resistencia a las temperaturas elevadas, la transparencia y el brillo.

El ABS es un material termoplástico, viscoelástico, cuyas propiedades se pueden alterar cambiando las proporciones de cada uno de los monómeros que lo componen. La tabla 2.1 muestra los rangos existentes de las propiedades de los diferentes tipos y aleaciones de ABS. Es obvio que los valores máximos de las diferentes propiedades enlistadas no se pueden obtener simultáneamente. Conforme se aumenta el contenido de uno de los tres monómeros para mejorar y acrecentar las propiedades asociadas con ese monómero, las propiedades asociadas con los otros monómeros decrecen en valor.

PROPIEDAD	MÁXIMO	MÍNIMO
Módulo Flexural a 73° F, en 10 <sup>3</sup> psi.	400	130
Dureza Rockwell R	117	-
Dureza Shore D	-	65
Gravedad Especffica	1.22	.97
Temperatura de Deflexión a 264 psi, en °F	230	145

Tabla 2.1 Rango de las propiedades de los diferentes tipos de ABS disponibles.

En general, la resistencia química de los productos hechos con ABS es bastante buena. El ABS es muy resistente tanto a las

bases como a los ácidos débiles. Sin embargo este material, como muchos otros termoplásticos, tiene poca resistencia a la luz ultravioleta. Si los productos se exponen directamente a la luz del sol, sufrirán cambios significantes tanto en apariencia como en sus propiedades. El ABS se debe proteger con aditivos resistentes a la luz ultravioleta para poder retardar los cambios antes mencionados.

La figura 2.1 muestra la curva esfuerzo/deformación del ABS. El material se caracteriza porque tiene la capacidad de deformarse de una manera dúctil a bajas temperaturas.

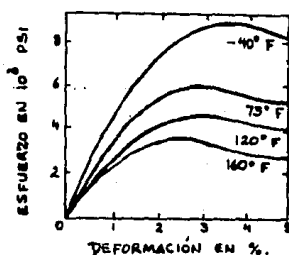


Fig. 2.1 Curva esfuerzo/deformación del ABS de alto impacto.

El ABS se puede procesar mediante cualquiera de las técnicas empleadas para el moldeo de termoplásticos. Es ligeramente higroscópico y debe presecarse de 2 a 4 horas antes de procesarse a temperaturas que varían entre los  $180$  y los  $200^{\circ}$  F. El ABS se puede procesar en todos los tipos de equipo de moldeo por inyección tales como preplastificadores de émbolo o de tornillo y

máquinas de inyección de tornillo alterno. Los resultados óptimos se obtienen mediante el uso de las máquinas de tornillo alterno. Las temperaturas típicas dentro de la cámara de calefacción varían entre los 425 y los 525° F. La relación de compresión del tornillo debe andar entre los valores de 2:1 y 3:1 con una relación de carrera a diámetro (L/D) igual a 20:1. La presión de inyección varía entre los 10,000 y los 20,000 psi. Para el ABS se recomienda utilizar una presión de cierre de 2 a 3 toneladas por pulgada cuadrada de área proyectada. Los moldes que se utilizan para fabricar artículos de ABS se deben construir con un acero al alto cromo para obtener resistencias óptimas y buena calidad en el pulido de los mismos. Los moldes también se deben ventilar adecuadamente para evitar que las piezas salgan incompletas o quemadas. Usualmente el ABS no se queda pegado en los moldes, por lo que un ángulo de salida de 0.5° normalmente es suficiente.

El material virgen se puede mezclar con material de segunda en una proporción del 80/20 si se tiene el cuidado de conservarlo muy limpio.

El ABS también se puede maquinar. Las técnicas permitidas incluyen cortar, taladrar, remachar, troquelar, etc. Las piezas de ABS también se pueden pegar utilizando el método de fricción, de calor, o mediante ultrasonido. Para maquinar al ABS se utilizan herramientas similares a las que se utilizan para trabajar maderas y metales. Cabe mencionar que existen herramientas especialmente diseñadas para maquinar plásticos.



El mercado más grande de ABS está en aplicaciones de tubería para drenaje y/o ventilación. También se utiliza en tuberías para la industria minera. El ABS se consume en el mercado de la electrónica y artículos para oficina como calculadoras, sumadoras y máquinas de escribir. La industria automotriz junto con los artículos para el hogar consumen aproximadamente 30% del ABS fabricado. Las hieleras y otros artículos similares son un mercado casi exclusivo para el ABS. Otras aplicaciones incluyen fabricación de equipaje, artículos deportivos, equipo de seguridad, lanchas, herramientas, tinas y boyas.

## 2. Acrílico.

Los acrílicos son una familia de plásticos notables por su claridad y transparencia. Además son plásticos ligeros, rígidos y muy adecuados para utilizarse en aplicaciones exteriores. Incluidos en esta familia están los homopolímeros, los copolímeros y los monómeros. Los monómeros más importantes son los de metil metacrilato (MMA) de donde se fabrican los polímeros de polimetil metacrilato (PMMA). El PMMA es el acrílico que más se utiliza hoy en día. El acrílico se procesa primordialmente mediante el método de extrusión; formando láminas que se utilizan en la industria aeronáutica, en la industria médica, y en la industria turística entre otras. El acrílico se utiliza para fabricar partes que requieren de mucha transparencia.

El procedimiento básico para fabricar acrílicos consiste en

polimerizar el monómero MMA. El proceso consta de dos partes. En la primera parte se efectúa una reacción con acetona y ácido cianhídrico para formar cianohidrina de acetona. En la segunda parte del proceso el cianohidrina de acetona se calienta con metanol para formarse así el MMA.

Los acrílicos tienen una amplia gama de propiedades físicas. Estas se describen a continuación:

A) Propiedades ópticas. Los acrílicos transparentes tienen una transmisión de la luz igual a la del vidrio. La transmisión de la luz blanca es del 92%.

B) Resistencia a la intemperie. Los acrílicos se conocen por su elevada resistencia a la intemperie durante largos periodos de tiempo sin que se vuelvan amarillentos o se deterioren.

C) Resistencia química. Los acrílicos no son afectados por la mayoría de los detergentes, los ácidos inorgánicos, y algunos hidrocarburos.

D) Características térmicas. Las temperaturas de deflexión varían entre los 165 y los 212° F. Sin embargo, los acrílicos no deben utilizarse en aplicaciones donde las temperaturas rebasen los 180° F. Su coeficiente de expansión térmica es similar al de la mayoría de los demás termoplásticos.

E) Absorción de humedad. Aun después de exponer al acrílico a la humedad, e inclusive de sumergirlo en agua durante periodos prolongados, la absorción de humedad de éste es únicamente del 2%.

F) Inflamabilidad. Los acrílicos son materiales combustibles. Por lo tanto se deben tomar precauciones cuando se utilicen estos plásticos.

Los métodos por los que se procesan los productos de acrílico son comparables a los métodos por los que se procesan otros termoplásticos. El acrílico se puede procesar por los métodos de inyección y de compresión. Es recomendable presecar el material antes de moldearlo. Las máquinas de inyección de tornillo alterno son las que más se usan para moldear acrílico. No se deben usar velocidades de avance elevadas en las máquinas para evitar que el material se degene. Las temperaturas del molde generalmente fluctúan entre los 140 y los 160° F dependiendo del diseño del molde.

Además el acrílico se procesa por el método de extrusión. Mediante este método se forman láminas de diferentes formas y tamaños que tienen infinidad de aplicaciones.

Los acrílicos se pueden maquinar de una manera similar a como se maquinan el cobre y el latón. El acrílico se puede tornearse, fresar y taladrar. Es recomendable enfriarlo con agua o aceite durante el maquinado. El acrílico también se puede termoformar después de ser extruido. Otro método permitido es el de extrusión-soplo. Las piezas de acrílico se pueden pegar utilizando el método de fricción, de calor, o mediante ultrasonido. La mayoría de los cementos y pegamentos se pueden utilizar para unir piezas de acrílico.

Desde 1932 el acrílico ha encontrado una gran aplicación en la construcción de las ventanas para aviones. Cada día hay más aplicaciones en las que el acrílico resulta el mejor material. Con los acrílicos principalmente se fabrican señales, muebles y tragaluces. Las señales de acrílico son un producto atractivo y llamativo debido a la multitud de colores que existen y a la durabilidad del acrílico. Se puede esperar que una señal de acrílico dure mucho más de diez años sin sufrir cambios indeseables. El acrílico se utiliza en la construcción de invernaderos. Las piezas de acrílico moldeadas por el método de inyección encuentran aplicaciones en la industria automotriz para la fabricación de calaveras, direccionales y señales reflejantes. También hay infinidad de aplicaciones en los laboratorios, en las industrias médicas, y en donde se necesite de un material transparente. Otras aplicaciones modernas incluyen dispositivos ortopédicos, lentes ópticos y discos.

### 3. Poliestireno.

El poliestireno es una resina termoplástica versátil que tiene una amplia gama de propiedades físicas y se procesa con relativa facilidad. Estas cualidades hacen que el poliestireno sea un material extremadamente atractivo y que sea capaz de competir favorablemente contra resinas más caras en varias aplicaciones.

El poliestireno cristal es un polímero claro y amorfo que

exhibe alta rigidez y buena estabilidad dimensional. Su gravedad específica anda por el orden de 1.05. El poliestireno es susceptible a degradarse debido a la radiación de los rayos ultravioleta de la luz solar. Sin embargo existen aditivos que mejoran la estabilidad ultravioleta del poliestireno. El poliestireno es atacado por algunos hidrocarburos y algunos alimentos con alto contenido de grasas.

Hay diferentes tipos de poliestireno disponibles entre los cuales se encuentran el poliestireno de mediano impacto y el de alto impacto. Las propiedades mecánicas del poliestireno varían significativamente dependiendo de la cantidad de hule que contenga el material. Con un alto contenido de hule el poliestireno mejora su elongación al punto de ruptura hasta en un 60%.

El poliestireno de alto impacto varía desde opaco hasta transparente en su estado natural.

Para efectuar el proceso de polimerización continua del poliestireno de alto impacto, los monómeros de estireno que contienen hule disuelto se polimerizan en una serie de reactores especialmente diseñados. El producto final viene en forma de pellets o bolitas que no requieren de aditamentos adicionales para poder ser procesados.

El poliestireno generalmente se clasifica en tipos específicos para ser procesados ya sea por el método de extrusión o por el método de inyección. En algunos casos un mismo tipo se puede emplear para los dos métodos.

La mayor parte del poliestireno se procesa por el método de inyección. La absorción de humedad del poliestireno es tan pequeña que puede tomarse como despreciable. Por consiguiente no es necesario presecar el material antes de procesarlo, aunque en algunos casos particulares se llega a utilizar un deshumidificador.

Las temperaturas de moldeo típicas para el método de inyección cuando se desea procesar poliestireno de alto impacto varían desde los 350 hasta los 525° F dependiendo del tipo específico del material y del tamaño de la pieza que se va a moldear.

Bajo condiciones normales de moldeo el poliestireno virgen se puede mezclar con material de segunda en una proporción del 90/10 o hasta del 80/20; sin embargo cabe mencionar que tanto el peso molecular como algunas propiedades mecánicas cambian con cada calentamiento.

El poliestireno también se puede extruir en forma de lámina, tubo, etc., en cualquier equipo de extrusión convencional. Usando poliestireno de baja densidad con el método de extrusión se obtienen imitaciones de tablas de maderas finas.

El poliestireno de alto impacto también se puede termoformar, y también se puede procesar por los métodos de extrusión-soplo y de inyección-soplo.

Las aplicaciones del poliestireno son tan extensas que van desde sencillos artículos para el hogar hasta algunas

aplicaciones sofisticadas en la industria de la electrónica. El mercado más grande de artículos inyectados se encuentra en los productos de consumo tales como cubiertos y utensilios desechables.

Las aplicaciones eléctricas y electrónicas representan un mercado en crecimiento. Con el poliestireno se fabrican video cassettes, carretes, y equipo audiovisual. Otras aplicaciones se encuentran en la fabricación de televisores, en la construcción de edificios y en la fabricación de máquinas de oficina. Esto se debe a que el poliestireno posee la cualidad de poderse pintar. Otra aplicación se encuentra en la fabricación de muebles, principalmente en la construcción de los cojines de hulespuma que llevan algunas salas.

Además, con el poliestireno inyectado se fabrican productos para el cuidado personal, juguetes, rejillas, componentes para el refrigerador y hasta jeringas.

Combinando el proceso de extrusión con el de termoformado se fabrican recipientes, cubetas, charolas, y algunos productos para empaquetar, tales como cartones para huevos, charolas para carnes y recipientes para hamburguesas como los que se utilizan en algunos restaurantes. También se fabrican vasos para café y todo tipo de artículos para la industria alimenticia.

#### 4. Poliétileno.

El polietileno es un material termoplástico que se forma a través de la polimerización del gas etileno. Hay muchos tipos

diferentes de polietileno. Existen desde los polietilenos muy blandos hasta los polietilenos muy duros. Hay polietilenos rígidos, flexibles, resistentes, débiles, claros, opacos, y de distintos pesos moleculares.

Básicamente el polietileno se fabrica mediante la polimerización del gas etileno ( $C_2H_4$ ) con un catalizador dentro de un reactor, bajo una presión y una temperatura controladas. De esta manera, las moléculas de etileno se unen para formar largas cadenas de polímeros.

En 1950, se desarrolló un proceso de baja presión para efectuar la producción del polietileno de alta densidad. Los polietilenos de baja, mediana y alta densidad generalmente son términos que se refieren a las designaciones dictaminadas por la ASTM que se han convertido en el estándar en la industria. La ASTM define los distintos tipos y densidades como se ilustra en la tabla 2.2:

TIPO	DENSIDAD NOMINAL
I	De 0.910 a 0.925
II	De 0.926 a 0.940
III	De 0.941 a 0.959
IV	De 0.960 en adelante

Tabla 2.2 Clasificación por densidades de los diferentes polietilenos existentes.

Algunas resinas de mediana densidad se obtienen mediante la mezcla de resinas de alta densidad con resinas de baja densidad.

La mayor parte del polietileno se produce con aditivos.



Entre los aditivos más comunes se encuentran los estabilizadores de la luz ultravioleta, los estabilizadores de la inflamabilidad, los agentes antiestáticos y los pigmentos. Los estabilizadores mantienen las propiedades químicas y físicas de la resina muy cerca de sus valores originales durante todo el tiempo que el material se almacene, durante su procesado y durante toda la vida útil del producto terminado.

Para proteger al material contra la oxidación térmica, que puede volverse un grave problema durante el procesado, usualmente es necesario añadirle antioxidantes. Algunos de los estabilizadores de la luz ultravioleta son de color negro, lo cual convierte al polietileno en un material negro a pesar de que solamente se mezclan en una proporción menor al 3%.

El polietileno se tinte fácilmente con pigmentos secos, con concentrados o con colorantes líquidos. Los pigmentos secos son los más baratos, aunque por venir en polvo ensucian todo con facilidad.

El polietileno es un material inerte en su estado natural. Esto lo convierte en un producto adecuado para empaquetar alimentos y sustancias químicas. Sin embargo al mismo tiempo, se vuelve necesario tratar la superficie de los productos si se desea pintarlos, pegarlos, etc.

Otra ventaja es que aunque el polietileno sea un material combustible, los gases que expide al quemarse son relativamente inofensivos.

El polietileno se procesa por la mayoría de las técnicas comunes empleadas para procesar termoplásticos. La extrusión es la técnica principal, y es por este método que se producen las películas o láminas empleadas en la fabricación de bolsas. Otra aplicación del polietileno extruido se encuentra en las cubiertas de cables eléctricos. El polietileno también se procesa por los métodos de soplado y de inyección.

La mayoría de los polietilenos de alta densidad se clasifican ya sea como homopolímeros o como copolímeros. Los homopolímeros son más rígidos y se utilizan para fabricar recipientes tales como las botellas para cloro, etc. El polietileno de alta densidad se procesa primordialmente por los métodos de inyección y de soplado. Aproximadamente el 40% del polietileno de alta densidad que se utiliza en Estados Unidos es para producir recipientes, juguetes y otros objetos huecos mediante el método de soplado. Otro 23% se inyecta.

Los mercados más grandes para el polietileno de alta densidad inyectado están en cubetas, tinas, palanganas y otros recipientes. Otras aplicaciones incluyen la producción de tuberías y las cubiertas de algunos cables de la industria eléctrica. Con el polietileno de alta densidad se fabrican bolsas para basura, bolsas de supermercado y hasta tanques de gasolina para automóviles.

### 5. Polipropileno.

El polipropileno es uno de los termoplásticos que más se usan hoy en día. Su exclusivo balance de propiedades lo ha convertido en un producto versátil. Sus propiedades incluyen una elevada temperatura de deflexión, buena resistencia química, buenas propiedades eléctricas, una gravedad específica baja, y buena rigidez. Estas propiedades dan lugar a que el polipropileno tenga una amplia gama de aplicaciones. Se utiliza para empacar alimentos y para fabricar juguetes, artículos del hogar y partes automotrices. El polipropileno es una poliolefina que se procesa con mucha facilidad.

El polipropileno es un polímero cristalino cuyo punto de fundición anda por el orden de los 330° F. Es uno de los termoplásticos más ligeros. Su gravedad específica varía entre 0.90 y 0.91. Su módulo flexural varía entre 190,000 y 220,000 psi dependiendo de su peso molecular. Tiene la propiedad de ser bastante rígido a pesar de ser ligero. La temperatura de deflexión del polipropileno varía entre los 195 y los 240° F. Estas temperaturas son más altas que las de la mayoría de los demás termoplásticos comunes. En general, el polipropileno tiene buena resistencia química aunque es atacado por algunos solventes, algunos derivados del petróleo y algunos agentes oxidantes. La resistencia al impacto del polipropileno disminuye considerablemente cuando la temperatura baja de los 40° F.

El polipropileno natural es de color blanco y permite que

cierta cantidad de luz se transmita. Sin embargo, en la mayoría de los casos el polipropileno es opaco, por lo que no se puede utilizar en aplicaciones que requieran de claridad y transparencia.

El polipropileno se procesa fácilmente mediante cualquier método convencional para procesar termoplásticos. El polipropileno se puede extruir y también se puede termoformar. Pero principalmente el polipropileno se moldea por el método de inyección. En este método, las temperaturas del proceso varían entre 400 y 450° F. Las presiones de inyección varían entre 5,000 y 20,000 psi. Las temperaturas de los moldes empleados varían entre 50 y 105° F. El polipropileno también se puede procesar mediante los métodos de extrusión-soplo e inyección-soplo.

El polipropileno se utiliza extensivamente en aplicaciones textiles. Se utiliza para formar la parte inferior de algunas alfombras y tapetes. También se fabrican fibras de polipropileno que resultan bastante resistentes. Otras aplicaciones se encuentran en la industria automotriz. La aplicación del polipropileno que más rápidamente está creciendo se encuentra en empaquetar. Se fabrican envolturas, cajas, recipientes y botellas de polipropileno que se usan en la industria alimenticia entre otras. Las botellas hechas de polipropileno resisten las temperaturas de las bebidas calientes. Se pueden fabricar botellas con buena transparencia. También se hacen cestos para ropa, partes para lavadoras, juguetes y jeringas.

## 6. PVC.

El cloruro de polivinilo es el plástico de la familia de los vinilos de mayor producción en el mundo. Su popularidad se debe a las siguientes características:

- a) Sus propiedades básicas incluyen: buena resistencia química, buena resistencia a la intemperie, buena resistencia a la corrosión, buena resistencia al impacto, buena resistencia al envejecimiento, y la ventaja de no ser un material higroscópico.
- b) Tiene gran versatilidad de procesado y sus diferentes tipos van desde flexibles hasta rígidos.
- c) Es un material económico y es un material resistente pero ligero que requiere de poco mantenimiento en la mayoría de sus aplicaciones.

La razón primordial por la que se producen varios tipos de PVC es para permitir que la resina se pueda procesar mediante muchos métodos, y así poderle sacar provecho a todas las propiedades con las que cuenta el material. Hay tipos de PVC con diferentes pesos moleculares. Mientras mayor sea el peso molecular del PVC, mayor será la resistencia del material. Sin embargo, mientras mayor sea el peso molecular del material también será más difícil procesarlo.

La mayor parte del PVC requiere de ingredientes adicionales para poder ser procesado. Entre los ingredientes más comunes se encuentran los estabilizadores térmicos. También se usan lubricantes y pigmentos que le dan propiedades adicionales al

producto terminado. Los lubricantes simplifican el moldeo del PVC porque aumentan el flujo del material y evitan que éste se quede pegado en el molde. Los pigmentos que se utilizan son tanto orgánicos como inorgánicos y le imparten color al producto terminado. Los pigmentos ayudan a aumentar la resistencia a la intemperie del producto.

El PVC se procesa por el método de extrusión para la fabricación de tubería y lámina. Pero el PVC también se puede procesar mediante el método de inyección. Sin embargo, aunque sea relativamente fácil procesar los materiales flexibles, es necesario hacerle modificaciones especiales a las máquinas de inyección para poder inyectar adecuadamente los diferentes tipos de PVC rígido que existen. Usualmente es muy difícil procesar el PVC rígido por el método de inyección porque tiende a degenerarse químicamente cuando se le somete a las elevadas temperaturas del moldeo. Esto ocasiona que el control de la temperatura de moldeo sea muy crítico. Además, se le deben hacer tratamientos especiales a los moldes y al tornillo de la máquina para evitar que se presente la corrosión.

El PVC también se procesa por el método de compresión. Mediante esta técnica se fabrican la mayoría de los discos y fonogramas. Con el método de extrusión-soplo se obtienen todo tipo de botellas. También se permite el método de inyección-soplo.

Los mercados más grandes del PVC se encuentran en la

industria de la construcción. Aproximadamente 55% de estos productos son rígidos mientras que 45% son flexibles. El mercado número uno del PVC se encuentra en la producción de sistemas de tubería para diferentes aplicaciones. Entre éstas se encuentran tuberías para agua potable, para drenaje, para irrigación, para conductos para instalaciones eléctricas, y para conductos telefónicos. El PVC resiste temperaturas elevadas por lo que es posible transportar agua caliente a través de tuberías hechas con este material.

El PVC también se utiliza mucho para fabricar las cubiertas de los cables eléctricos. Otro mercado extenso del PVC se encuentra en el papel tapiz de las casas y oficinas y en las vestiduras de los asientos de algunos automóviles. Con el PVC también se fabrican cortinas para regaderas, piezas para refrigeradores, sellos y empaques, y tapetes. El PVC también se utiliza en la industria alimenticia para empaquetar carnes y para almacenar todo tipo de líquidos. También se fabrican zapatos, discos, artículos deportivos, y juguetes.

### 2.1.3 Selección definitiva

Después de estudiar a los seis candidatos se procede a efectuar la selección final. Para determinar cual es el material más adecuado que se debe utilizar para fabricar las boyas, primero se deben enlistar los valores de las características y

propiedades importantes de cada material para después poder llevar a cabo un análisis evaluativo que ayude a hacer la selección adecuada. Los valores de estas propiedades se enlistan en la tabla 2.3 y nos permiten evaluar y comparar a los candidatos considerados de una manera directa y eficiente. Esta tabla incluye las propiedades del proceso, las propiedades mecánicas, las propiedades térmicas y las propiedades físicas de los materiales que son de interés para el ingeniero encargado de seleccionar el material.

Una vez que la tabla haya sido estudiada por el encargado de efectuar la selección del material, se lleva a cabo el análisis que permita hacer la selección definitiva.

Desde el punto de vista de la resistencia química se sabe que en general los seis materiales tienen buena resistencia química.

El ABS es atacado por algunos productos como los líquidos para frenos, el benceno, y el etano, pero en general a este material se le considera como uno de los materiales termoplásticos con mejor resistencia química que existen.

Así mismo, al PVC se le conoce como otro material con excelentes niveles de resistencia química. Solamente sufre cambios con algunas sustancias contadas como el ácido sulfúrico.

El polietileno es otro material con excelente resistencia química. Sufre algunos cambios cuando se le expone a sustancias como el ácido nítrico y el cloroformo, pero resiste infinidad de



PROPIEDADES		ABS	ACRÍLICO	POLIESTIRENO	FOLIETILENO	POLIPROPILENO	PVC	
MÉCANICAS	1. TEMPERATURA DE FUNDICIÓN EN °C.	100 - 110	90 - 105	100 - 106	130 - 137	168	75 - 105	
	2. RANGO DE LAS TEMPERATURAS DE MOLDEO EN °F.	380 - 525	325 - 500	350 - 525	350 - 500	400 - 550	300 - 415	
	3. RANGO DE LAS PRESIONES DE MOLDEO EN 10 <sup>3</sup> psi.	8 - 25	10 - 20	10 - 20	12 - 15	10 - 20	10 - 40	
	4. RELACION DE COMPRESIÓN.	1.1 - 2.0	1.6 - 2.0	4	2	2.0 - 2.4	2.0 - 2.3	
	5. CONTRACCIÓN LINEAL EN EL MOLDEO EN pulg./pulg.	0.004-0.009	0.002-0.008	0.004-0.007	0.015-0.040	0.010-0.025	0.001-0.005	
MÉCANICAS	6. ESFUERZO DE TENSIÓN A LA RUPTURA EN psi.	4800-6300	7000-11000	2700-6200	3200-4500	4500-6000	6000-7500	
	7. ELONGACIÓN AL PUNTO DE RUPTURA EN %.	5 - 70	2 - 10	20 - 65	10 - 1200	100 - 600	40 - 80	
	8. ESFUERZO DE COMPRESIÓN (RUPTURA O FLUENCIA) EN psi.	4500-8000	12000-18000	12000-13000	2700-3600	5500-8000	8000-13000	
	9. ESFUERZO FLEXURAL (RUPTURA O FLUENCIA) EN psi.	8000-11000	13000-19000	4500-8300	-	6000-8000	10000-16000	
	10. MÓDULO DE TENSIÓN EN 10 <sup>3</sup> psi.	230 - 330	380 - 450	240 - 370	193 - 158	165 - 225	350 - 600	
	11. MÓDULO FLEXURAL A 73° F EN 10 <sup>3</sup> psi.	250 - 350	420 - 640	260 - 360	145 - 225	170 - 250	300 - 500	
	12. RESISTENCIA AL IMPACTO (MÉTODO IZOD) EN ft.-lb./pulg.	6.5 - 7.5	0.3 - 0.5	0.9 - 3.5	0.4 - 4.0	0.4 - 1.0	0.4 - 20	
	13. DUREZA.	Rockwell R 85-105	Rockwell R 85-105	Rockwell L 50-82	Shore D 66-73	Rockwell R 80-102	Shore D 65-85	
	MÉCANICAS	14. COEFICIENTE DE EXPANSIÓN TÉRMICA LINEAL EN 10 <sup>-6</sup> pulg./pulg./°C.	95 - 110	50 - 90	50 - 85	59 - 110	81 - 100	50 - 100
		15. TEMPERATURA DE DEFLEXIÓN BAJO CARGA FLEXURAL EN ° F.	210 - 225	175 - 225	170 - 205	175 - 196	225 - 250	140 - 180
		16. DENSIDAD ESPECÍFICA.	1.01-1.04	1.17-1.20	1.03-1.06	0.932-0.965	0.90-0.91	1.30-1.58
	FÍSICAS	17. ABSORCIÓN DE AGUA EN %.	0.20-0.45	0.1 - 0.4	0.05-0.07	< 0.01	0.01-0.03	0.04-0.40

TABLA 2.3 Propiedades de los materiales considerados.

otras sustancias de uso común.

El polipropileno, aunque no llega a tener los niveles de resistencia química que los tres materiales antes mencionados, es un termoplástico que cuenta con una resistencia química aceptable y que resiste muchos agentes y sustancias. Sin embargo, el polipropileno es un material que se decolora fácilmente cuando se pone en contacto con varias sustancias que incluyen al ácido clorhídrico y a algunos aceites vegetales.

De los seis materiales considerados, el acrílico y el poliestireno son los dos materiales que tienen menor nivel de resistencia química. Sin embargo, no por esto dejan de ser materiales termoplásticos con resistencias químicas aceptables. El acrílico es atacado por sustancias como la acetona, el ácido nítrico, el ácido sulfúrico, el ácido clorhídrico, el metano y la trementina. El poliestireno por su parte, se disuelve con sustancias como el benceno, la gasolina y los líquidos para frenos. Pero de todas formas ambos materiales resisten muchos productos de uso común.

Cabe mencionar que ninguno de los seis materiales es atacado por el agua de mar, las sales y las sustancias químicas que pudieran encontrarse en las aguas de los mares o en las cubiertas de los barcos pesqueros. Es decir, realmente ninguno de los candidatos tiene problemas desde el punto de vista de la resistencia química.

Después de evaluar a los materiales desde el punto de vista

de la resistencia química, conviene analizar la facilidad con la que se procesa cada uno de los candidatos. Como ya se vió anteriormente, existen varios procesos por los que se moldean los diferentes y variados artículos de plástico que existen. Sin embargo, al diseñador de moldes solamente le interesa la facilidad con la que los materiales se moldean mediante el método de inyección, ya que las boyas se van a fabricar mediante este proceso.

El poliestireno de alto impacto, el polietileno de alta densidad y el polipropileno son materiales que se procesan muy fácilmente. Ninguno requiere de tratamientos previos al moldeo y todos fluyen con facilidad y a velocidades elevadas dentro de los moldes. Los tres son materiales plásticos que se inyectan sin problemas.

El ABS y el acrílico requieren usualmente de presecado antes de moldearse. Son materiales higroscópicos que tienden a absorber agua de la humedad que se encuentra presente en el aire. De no presecarse estos materiales, la humedad que contienen provocaría burbujas y rífaqas en las piezas a la hora de moldearlas. Sin embargo, aunque son muchos los materiales termoplásticos higroscópicos que existen, con un equipo de secadores adecuado, el tratamiento del presecado no presenta mayor problema para los fabricantes de artículos de plástico. Es decir, que aunque estos termoplásticos requieren de un tratamiento extra que las poliolefinas y el poliestireno no requieren, son materiales

prácticos que se utilizan frecuentemente para infinidad de aplicaciones ya que han demostrado su utilidad dentro del mercado de artículos inyectados. Además, de no ser por el presecado, el ABS y el acrílico son materiales que se procesan con relativa facilidad.

El PVC por el contrario es un material que usualmente es muy difícil de procesar por el método de inyección porque tiende a degenerarse químicamente cuando se le somete a las elevadas temperaturas del moldeo. Debido a esto, el control de la temperatura del moldeo es muy crítico. Es imperativo que las temperaturas permanezcan dentro de un rango específico durante todo el proceso de inyección para que las propiedades del plástico queden inalteradas. Si al final de la selección quedaran el PVC y otro material como posibles candidatos, se escogería al otro material. En general, el PVC solamente se inyecta cuando no hay otro material que satisfaga las necesidades de algún producto determinado.

Otro factor importante que conviene estudiar es la estabilidad dimensional de cada uno de los seis materiales considerados. Aunque la estabilidad dimensional del producto terminado depende en gran parte de su forma y de sus dimensiones y espesores, es obvio que los valores de las resistencias de las boyas estarán íntimamente ligados al material con el que se fabriquen las mismas. En la tabla 2.3 se pueden comparar los valores de las propiedades de los seis materiales que nos ayudan

a determinar cual es el material con mayor estabilidad dimensional.

La estabilidad dimensional de un producto de plástico se pierde principalmente cuando el producto se le somete a esfuerzos y/o a temperaturas elevadas.

En la tabla 2.3 podemos ver que en general el acrílico es el material con mayor resistencia a esfuerzos (propiedades # 6, 8 y 9). El ABS, el poliestireno y el PVC rígido son tres materiales con propiedades de estabilidad dimensional aceptables; mientras que el polietileno y el polipropileno no tienen la estabilidad dimensional requerida para la aplicación de las boyas. Esto se debe a que ambos son materiales poco rígidos, sobre todo el polietileno. Los valores de las resistencias de estos dos materiales están por debajo de los valores de las resistencias de los otros materiales. Es decir, el polietileno y el polipropileno tienen una estabilidad dimensional limitada.

En las propiedades # 10 y 11 es el PVC el material que tiene los valores más altos. El acrílico, el poliestireno y el ABS también tienen módulos con valores aceptables; y nuevamente el polietileno y el polipropileno son los materiales con módulos menores.

Otra propiedad que nos indica la estabilidad dimensional de los seis candidatos es la dureza (propiedad # 13). La tabla nos muestra que el acrílico es el material más duro ya que tiene una dureza Rockwell que puede alcanzar valores hasta del orden de M

105. Después viene el poliestireno seguido por el ABS. Nuevamente vemos que el polietileno es el material menos duro con una dureza Shore máxima del orden de D 73.

Así mismo, la tabla nos permite ver que el material que más resiste a las temperaturas elevadas (propiedad # 15) es el polipropileno, seguido de cerca por el ABS y el acrílico.

En conclusión, el ABS, el acrílico, el poliestireno y el PVC rígido son materiales que cuentan con una estabilidad dimensional adecuada para la fabricación de las boyas, mientras que el polipropileno y sobre todo el polietileno son materiales poco rígidos que tienen una estabilidad dimensional dudosa.

Después de comparar a los materiales desde el punto de vista de la estabilidad dimensional podemos proceder a compararlos desde el punto de vista de la resistencia al impacto. La resistencia al impacto de los materiales se mide a través de una prueba conocida por el nombre de método izod. En la tabla 2.3 podemos ver los valores de la resistencia al impacto de los seis candidatos considerados (propiedad # 12). Tanto el PVC como el ABS tienen excelentes resistencias al impacto. Por otra parte, el acrílico es el material considerado que tiene la menor resistencia al impacto. Es importante recordar que las boyas deben resistir todos los golpes a los cuales sean sometidas. Por consiguiente conviene que las boyas se fabriquen de PVC o de ABS desde este punto de vista.

Al evaluar a los materiales considerados desde el punto de

vista de la resistencia a la intemperie, el ingeniero encargado de seleccionar el material debe recordar que realmente el único factor de la intemperie que influye adversamente es el de la luz ultravioleta de los rayos solares. El acrílico es un material termoplástico conocido por su excelente nivel de resistencia a la luz ultravioleta. Los demás candidatos sufren cambios indeseables cuando se les expone directamente a la luz solar. Por consiguiente, se vuelve necesario agregarles un aditivo estabilizador que retarde los efectos degradantes de la luz del sol. Una vez que los materiales cuentan con dicho estabilizador, se pueden utilizar con confianza para fabricar productos destinados a aplicaciones exteriores. Los materiales protegidos con estabilizadores ultravioleta funcionan casi tan adecuadamente como el acrílico, por lo que todos los candidatos se pueden usar para fabricar las boyas desde el punto de vista de la resistencia a la intemperie.

Después de efectuar la comparación y la evaluación de los candidatos considerados, solamente falta hacer la selección definitiva. Todos los materiales cuentan con aspectos positivos y con cualidades atractivas. Así mismo, todos muestran desventajas de diversos tipos. Hay que recordar que la selección definitiva se hará basada en el balance más favorable de propiedades.

Tanto el PVC rígido como el ABS parecen contar con el mayor número de ventajas. Ambos cuentan con las cualidades necesarias para que las boyas funcionen adecuadamente.

El acrílico también cuenta con muchas cualidades atractivas. Sin embargo, el acrílico tiene desventajas tan grandes y numerosas que automáticamente fuerzan al ingeniero encargado de efectuar la selección a descartarlo. Estas desventajas incluyen una marcada limitación en su capacidad de resistir golpes o impactos. Además, en México no hay acrílico del tipo que se utiliza para inyección. El acrílico que se produce en México es del tipo para fraguado. Esto ocasiona que los fabricantes tengan que importar el material, y esta importación representa gastos adicionales y problemas innecesarios. Por si esto fuera poco, el acrílico es un material muy caro. Su precio limita las aplicaciones del acrílico a situaciones en las que se requiera de mucha transparencia y este no es el caso en la aplicación de las boyas.

Las poliolefinas, es decir el polietileno y el polipropileno, son materiales que tienen mayor número de aplicaciones en otros campos. Estos materiales tienen mala estabilidad dimensional, lo cual causaría problemas en la aplicación específica de las boyas. El polietileno es un material poco rígido que se usa extensivamente para fabricar bolsas de plástico y productos similares. Ambos materiales resultan inferiores a los otros candidatos cuando se comparan entre sí.

El poliestireno cuenta con muchas ventajas y características deseables. Es un material más o menos adecuado para la aplicación de las boyas. Sin embargo, cuando se le compara con el ABS y el



PVC, se vuelve obvio que no es la mejor opción. Es decir que aunque las boyas podrían llegar a fabricarse de poliestireno, haciéndolas de ABS o de PVC darían mejores resultados. Una de las razones es que la resistencia al impacto del poliestireno es inferior a la resistencia al impacto de los otros dos materiales. Además, en términos generales, la resistencia química del ABS es mejor que la del poliestireno. Como ejemplo de esto se puede mencionar que el poliestireno se disuelve con gasolina mientras que el ABS no.

El PVC rígido cuenta con muchas características atractivas que lo convierten en una de las mejores opciones para la aplicación específica de las boyas. Estas características incluyen una excelente resistencia química. Además, el PVC es un material que se consigue fácilmente y a buen precio. Entre otras ventajas el PVC cuenta con una gran resistencia al impacto y una estabilidad dimensional aceptable. Pero el PVC también tiene desventajas y limitaciones. En primer lugar, el PVC es el material que menos resiste las temperaturas elevadas (ver propiedad # 15 de la tabla 2.3). Además, aunque el PVC se puede utilizar en aplicaciones exteriores, resiste menos que el ABS y envejece más prontamente. Pero el verdadero problema que presenta el PVC es la dificultad con la que se inyecta. Como ya se discutió anteriormente, el control de la temperatura de la máquina de inyección es muy crítico. La temperatura de la máquina debe permanecer entre ciertos rangos durante todo el ciclo de

moldeo. En términos generales, los fabricantes de artículos de plástico optan por descartar al PVC cuando existe otro material disponible. El PVC se puede procesar de muchas formas y ofrece infinidad de características atractivas y ventajas. Pero dentro del método de inyección el PVC ocasiona verdaderos contratiempos.

El ABS es un candidato excelente para fabricar las boyas. Resiste temperaturas muy elevadas sin sufrir cambios en sus propiedades. Tiene una magnífica resistencia al impacto. Cuenta con altos niveles de resistencia química y tiene muy buena estabilidad dimensional. Combinando al ABS con estabilizadores ultravioleta, este material se puede utilizar en aplicaciones exteriores con excelentes resultados. El ABS es un material abundante en el mercado y su precio es bastante accesible. Además, el ABS se procesa con relativa facilidad. El ABS cuenta con una buena resistencia a la abrasión. Tiene mejor resistencia a la intemperie que el PVC y es un material más duro que el PVC.

Después de este análisis evaluativo se selecciona al ABS como el material más indicado para fabricar las boyas. Además de todas las razones antes mencionadas, se sabe que las boyas de importación que se utilizan actualmente en México están hechas de ABS. Estas boyas han dado excelentes resultados por lo que podemos concluir que el ABS es el material más indicado.

Pero el diseño del producto no solamente abarca la selección del material. También se le debe dedicar una atención considerable al criterio empleado para calcular la forma y las

dimensiones de la boya. Este tema se trata a continuación.

## 2.2 Especificaciones y forma de la boya

### 2.2.1 Consideraciones del diseño del producto

El diseño de un producto no solamente debe hacerse tomando en cuenta el uso final al cual está destinado, sino que debe considerarse la facilidad con la que se pueda moldear el producto para poder así llevar a cabo una producción continua y eficiente. Es decir, hay diseños que son muy difíciles de moldear. Estos diseños se deben evitar cuando exista otra alternativa que se pueda moldear más fácilmente. Los principios básicos de un buen diseño, junto con algunas sugerencias, se discuten en esta sección.

Es obvio que una vez moldeada, la pieza debe salir del molde después de haber endurecido. Para poder llevar a cabo una producción económica y continua, el producto se debe diseñar sin muescas y proyecciones negativas que le impidan salir del molde con facilidad. Es importante cerciorarse de que todas las secciones del diseño puedan ser expulsadas sin problemas. La pieza debe tener un ángulo de salida adecuado para que salga del molde sin contratiempos.

La localización del punto de inyección en la pieza debe hacerse tomando en cuenta la facilidad con la que la pieza se

desprendiéndose de la colada después de moldearse. Cuando la pieza se separa de la colada, queda una marca en la pieza que puede requerir de alguna operación adicional para que obtenga un aspecto aceptable. De ser posible, el punto de inyección se debe encontrar en alguna superficie oculta pero accesible. Existen moldes diseñados de manera que los puntos de inyección de todas las cavidades se desprendan simultáneamente de las piezas en una sola operación automática. Los moldes de inyección de tres placas rompen al plástico endurecido en el punto de inyección en el momento en el que el molde se abre. Cuando esto sucede, las piezas ya salen del molde separadas de la colada por lo que ya no es necesario efectuar un proceso adicional (normalmente manual) para obtener las piezas individuales acabadas. Cuando el diseño del producto lo permite, se debe utilizar este tipo de molde.

Los costos de acabado y de limpieza son una parte extremadamente importante del costo total de un producto. Es por esto que el diseñador de moldes siempre debe hacer lo posible por diseñar el molde de tal manera que los requerimientos de limpieza y acabado de las piezas moldeadas sean mínimos. Los mejores diseños utilizan secciones uniformes para que disminuyan las probabilidades de que se formen rebabas en las piezas inyectadas. Un buen diseño del producto es necesario, ya que un diseño problemático incrementaría el costo de producción considerablemente.

Cuando la pieza ha sido inyectada y suficiente tiempo ha

transcurrido para que ésta se endurezca, el molde se abra. La pieza puede quedar adherida a cualquiera de las dos mitades del molde. Usualmente es conveniente que la pieza quede sujeta en la mitad móvil del molde. Esto facilita la extracción de la pieza. El diseño del producto debe incluir unas cejas o bordes pequeños que obliguen a la pieza a quedar adherida a la mitad deseada del molde. Usualmente, estas cejas miden entre 0.005 y 0.010 pulgadas de altura. Es necesario verificar que estas cejas no afecten adversamente al funcionamiento del producto.

Todos los artículos de plástico que existen sufren un cambio dimensional llamado contracción cuando son expulsados del molde. Este encogimiento ocurre cuando la pieza se enfría y varía en magnitud dependiendo del material que se utilice. Los valores de la contracción lineal del ABS de alto impacto fluctúan entre 0.004 y 0.009 pulgadas por pulgada. Esta contracción debe considerarse dentro del diseño del molde para que el producto terminado cuente con las dimensiones requeridas.

Los artículos de plástico inyectados deben diseñarse con un ángulo de salida adecuado para facilitar su extracción del molde. De no contar con dicho ángulo de salida, las piezas moldeadas pueden ocasionar graves problemas durante el ciclo de moldeo. Los ángulos de salida de un grado son los que más se utilizan, pero los valores dependen del tipo de material de que se trate y de la forma del producto en cuestión.

Tres puntos que debe recordar el ingeniero encargado de

diseñar el producto se enlistan a continuación: a) Ante todo, debe existir un conocimiento absoluto del uso al cual se va a someter al producto. b) También se debe tomar en cuenta que el diseño de productos funcionales no necesita de una planeación tan cuidadosa como la planeación requerida para diseñar productos decorativos, en lo que se refiere al aspecto visual. c) Un buen diseño del producto ayudará a disminuir tanto el costo de producción como el costo del molde en sí.

En pocas palabras, mientras mejor sea el diseño del producto, menos serán los problemas que se presenten durante el ciclo de moldeo de las piezas. Es imperativo que el producto se pueda moldear con un alto grado de eficiencia para poder así mantener los costos de producción al mínimo.

### 2.2.2 Cálculos y dimensiones de la boya

Tomando en cuenta las consideraciones antes mencionadas, el dicho propuesto de la boya se ilustra en la figura 2.2.

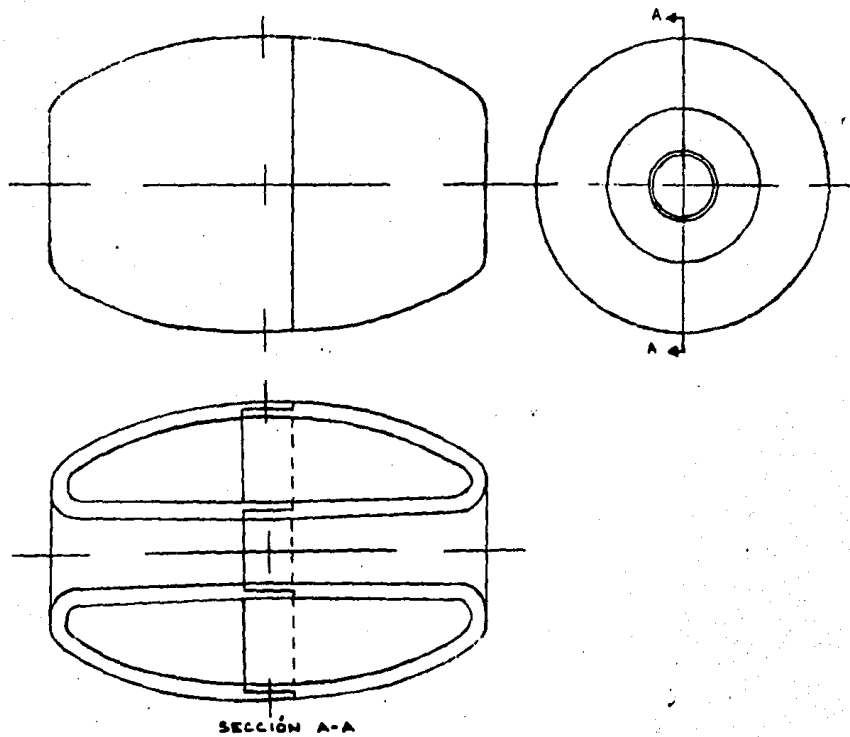


Fig. 2.2 Diseño de la boya.

Las dimensiones de la boya son las siguientes:

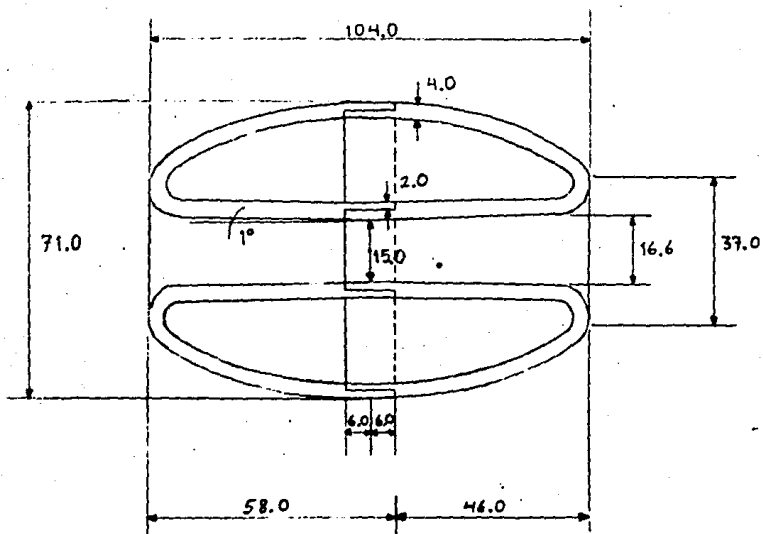


Fig. 2.3 Dimensiones de la boya. (Acotaciones en mm.)

La boya consta de dos partes que ensamblan como se muestra en la figura 2.2. Cada parte pesa 60 gramos por lo que la boya completa pesa 120 gramos.

Hay que calcular el volumen de plástico que se utiliza para fabricar la boya. De la tabla 2.3 se obtiene que la gravedad específica del ABS es de 1.02. Por lo tanto,  $\rho_{ABS} = 1.02 \text{ g/cm}^3$ .



Entonces, para obtener el volumen deseado basta dividir el peso de la boya entre el peso específico del ABS:

$$\frac{120 \text{ gramos}}{1.02 \frac{\text{gramos}}{\text{cm}^3}} = 117.6 \text{ cm}^3$$

El volumen de plástico que se utiliza para fabricar cada boya es de 117.6 cm<sup>3</sup>.

También es necesario calcular el volumen de aire que se encuentra encerrado dentro de la boya. Este volumen se mide físicamente en un laboratorio llenando la boya de agua y midiendo la cantidad de agua en un cilindro graduado. El resultado de la medición indica que el volumen total de aire en la boya es de 177 ml o sea 177 cm<sup>3</sup>.

Por consiguiente, el volumen total desplazado por la boya es de 117.6 cm<sup>3</sup> + 177 cm<sup>3</sup> = 294.6 cm<sup>3</sup>.

El cálculo que nos interesa obtener es el empuje que cada una de las boyas ejercerá sobre la red. Este empuje es igual a la fuerza de flotación que actúa sobre la boya menos el peso de la boya misma. La fuerza de flotación es igual al peso del líquido desplazado por la boya.

Sabemos que el volumen desplazado por la boya es de 294.6 cm<sup>3</sup>. También sabemos que la gravedad específica relativa del agua salada del mar es 1.02. Por lo tanto, este volumen de agua de mar pesa:

$$294.6 \text{ g} \times 1.02 = 300.5 \text{ gramos.}$$

Entonces, el empuje que cada una de las boyas ejerce sobre la red es de:

$$300.5 - 120 = 180.5 \text{ gramos.}$$

Una vez que está terminado y aprobado el diseño definitivo de la boya y que no queda la menor duda acerca de las especificaciones de la misma, se procede a diseñar el molde.

## CAPITULO 3

### DISEÑO DEL MOLDE

#### 3.1 Teoría del moldeo de materiales termoplásticos por inyección

La rama del moldeo por inyección es la que está creciendo más rápidamente en la industria del moldeo. Esto se debe a que continuamente se están desarrollando nuevos materiales termoplásticos. La maquinaria, la ingeniería de moldeo, el diseño del producto y la automatización también se han venido desarrollando substancialmente. El diseñador de moldes debe estar al tanto de todas estas innovaciones de manera que pueda adquirir una mayor comprensión y experiencia.

El diseño de un molde debe ser compatible con los requerimientos específicos de la máquina de inyección en la que se va a montar el molde. Los moldes se deben diseñar para dar la máxima vida útil al menor costo de operación y mantenimiento. Los moldes de inyección se utilizan para moldear tanto a los materiales termoplásticos como a los materiales termofijos. Sin

embargo, como las boyas se van a fabricar con ABS, el cual es un material termoplástico, aquí solamente se tratará el tema referente a la inyección de materiales termoplásticos.

Todos los moldes de inyección deben cumplir con cinco funciones primordiales. Estas funciones consisten en:

- 1) Recibir la masa plastificada del cañón de inyección de la máquina.
- 2) Distribuir la a lo largo de los canales de alimentación.
- 3) Darle la forma deseada.
- 4) Enfriarla para que ésta se solidifique.
- 5) Expulsar la pieza fabricada.

### 3.1.1 Tipos de moldes de inyección para termoplásticos

Existen varios tipos de moldes de inyección que se utilizan para fabricar toda clase de productos plásticos. Estos incluyen a los productos funcionales y a los productos decorativos. Los tipos de moldes que se utilizan más comúnmente se indican a continuación:

1. Moldes de dos placas. Este tipo de molde es el diseño fundamental en el que se basan todos los demás diseños. En este tipo, las cavidades del molde se ensamblan en una placa y los machos en la otra. La boquilla del molde se ensambla del lado estacionario del molde, mientras que el sistema de expulsión de las piezas se encuentra en la mitad móvil del

molde. Los moldes de dos placas pueden ser de una cavidad o de cavidades múltiples. La mitad móvil del molde contiene, además, a los canales de distribución del material a los que se les da el nombre de la colada. La figura 3.1 muestra un molde de inyección de este tipo.

- |                          |                              |
|--------------------------|------------------------------|
| 1. BOQUILLA              | 8. PLACA PORTA-BOTADORES     |
| 2. ARRILLO CENTRADOR     | 9. BARRA BOTADORA            |
| 3. PLACA # 1             | 10. BOTADORES                |
| 4. PLACA PORTA-CAVIDADES | 11. MACHO                    |
| 5. PLACA PORTA-MACHOS    | 12. CAVIDAD                  |
| 6. PLACA DE SOPORTE      | 13. ANCLA PARA LA COLADA     |
| 7. PARALELAS             | 14. CANALES DE REFRIGERACION |

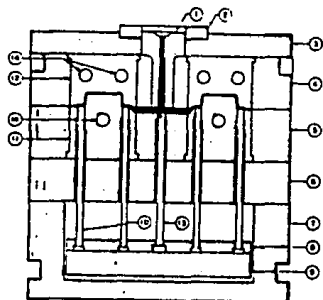


Fig. 3.1 Elementos de un molde de inyección.

2. Moldes de tres placas. Cuando sea posible, se debe diseñar un molde del tipo de tres placas para que las piezas fabricadas ya salgan del molde desprendidas de la colada. En los moldes de este tipo, las piezas fabricadas y los canales de distribución del material no se sitúan en un mismo plano de partición, sino que se utilizan dos planos. Durante el proceso de apertura del molde, la colada se separa de las piezas moldeadas y se extrae por separado, consiguiendo así una producción totalmente automática. Para ello, el molde

necesita varios planos de partición. El movimiento de expulsión puede escalonarse de diversos modos, mediante el uso de tirantes que pueden ser pernos limitadores, etc. La apertura del molde ocurre de la siguiente manera: Primeramente, el molde se abre por el plano de partición de las piezas moldeadas, debiendo éstas quedar unidas a sus respectivos machos y rompiéndose, con ello, los puntos de inyección. Tras una cierta carrera de apertura, se arrastra la placa intermedia mediante tirantes, permitiendo de esta manera que el molde se abra por el plano de partición de la colada. La colada queda retenida aún mediante el uso de anclas y, posteriormente, es expulsada mediante el uso de botadores. Hay que recordar que los moldes se deben diseñar de tal manera que los costos de limpieza y acabado se reduzcan al mínimo. Este objetivo se consigue mediante el uso de moldes de tres placas.

3. Moldes de colada caliente. Este tipo de moldes extiende al material en su estado plastificado hasta el punto de inyección de la pieza. Con moldes de este tipo se elimina el problema del desperdicio que se presenta con los moldes que producen coladas en cada ciclo. Sin embargo, estos moldes son más caros que los moldes de colada fría y, además, son más difíciles de trabajar.

4. Moldes con placa flotante. Este tipo de moldes se utiliza frecuentemente para fabricar piezas con paredes delgadas o

en los casos en que el producto no pueda extraerse mediante el uso de botadores convencionales. En estos casos, los botadores pueden llegar a perforar las piezas que tengan paredes muy delgadas si éstas se atorán o se pegan por cualquier razón. Estos problemas se presentan ocasionalmente en el moldeo de piezas hechas con materiales termoplásticos que salen aún muy blandas del molde y por consiguiente, se distorsionan con facilidad. Con moldes de placa flotante se consigue una expulsión uniforme de las piezas fabricadas.

Existen muchos otros tipos de moldes de inyección que se utilizan para fabricar piezas roscadas, piezas con barrenos laterales, piezas con insertos, etc. Sin embargo, como las boyas no necesitan de estos tipos de moldes, éstos no se discutirán en esta tesis. De cualquier forma, siempre conviene utilizar tornillos y componentes estandarizados en la fabricación de todos los moldes de inyección.

### 3.1.2 Canales de distribución de la masa plastificada

Los canales de distribución de la masa plastificada reciben el nombre común de "la colada". El sistema de distribución de la masa incluye también a los canales de estrangulamiento. A estos últimos se les conoce como "puntos de inyección". Los canales de distribución se deben diseñar de manera en que las cavidades del molde se llenen rápida y uniformemente. Además, los puntos de

inyección deben poder desprenderse fácilmente de las piezas moldeadas.

La colada tiene la misión de conseguir que la masa plástica entre en todas las cavidades simultáneamente y a igual presión y temperatura. Por esta razón, se necesita de una sección transversal adecuada. La figura 3.2 muestra cuatro secciones transversales diferentes. Nótese que aunque la sección circular sea la mejor de todas en cuanto a eficiencia, normalmente el diseñador de moldes opta por la sección trapezoidal, ya que la circular es mucho más cara debido a que se necesitan maquinar dos placas en lugar de una y, además, su elaboración es de difícil realización.

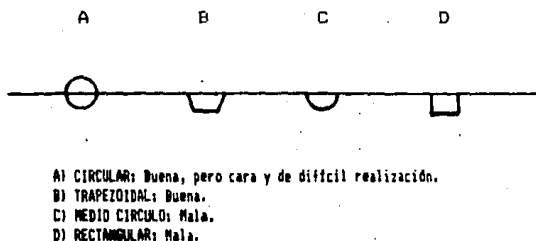


Fig. 3.2 Secciones transversales típicas de la colada.

Si el diseño del producto lo permite, los puntos de inyección se deben localizar en lugares de donde se puedan desprender con facilidad y economía. El sistema más económico es el que permite que las piezas se separen automáticamente de la colada durante el periodo de expulsión. Para conseguir esto, se



necesita determinar la localización y el tamaño correcto de los puntos de inyección. Es posible efectuar un diseño que no requiera de procesos de acabado adicionales, consiguiendo así, que los costos de producción se reduzcan considerablemente.

### 3.1.3 Canales de refrigeración del molde

Es importante reducir la temperatura de la masa plastificada después de que ésta se encuentra dentro de las cavidades para permitir que se solidifique el material en el menor tiempo posible. El propósito fundamental de los canales de refrigeración es el de enfriar las piezas uniformemente. Usualmente, cuando los canales de refrigeración son largos, es decir, cuando atraviesan toda la placa, se acostumbra utilizar canales de 1/2" de diámetro. Cuando los canales sean más cortos se pueden usar brocas más delgadas. Los sistemas de enfriamiento que se utilicen dependen de la geometría del producto moldeado y del tamaño del molde de inyección.

Para obtener una distribución uniforme de la temperatura en las paredes del molde, y comprobar que el sistema de enfriamiento sea el adecuado, se necesita que la diferencia entre las temperaturas de entrada y de salida del agua sea menor de 6° C. Si esta condición no se cumple, es posible corregirla aumentando la velocidad de flujo del líquido refrigerante. Se necesita hacer uso de juntas o empaques para evitar fugas en el sistema. A estas

juntas se les da el nombre de "O" rings.

### 3.1.4 Otras consideraciones importantes

1. Salidas de aire en los moldes. Cuando se comienza a llenar el molde, la masa tiene que desplazar al aire que se encuentra en el mismo. Si este aire no tiene posibilidades de escape, queda comprimido dentro de las cavidades produciendo quemaduras en las piezas moldeadas. Por consiguiente, es importante que el molde se llene de modo que la masa entrante desplace al aire hacia una junta de partición. Para asegurarse de que el molde de las boyas tenga salidas de aire adecuadas, las piezas se deben inyectar por el fondo. Si las boyas se inyectaran lateralmente, el aire se encontraría en una posición desfavorable. Es absolutamente esencial que los moldes de inyección cuenten con salidas de aire adecuadas. De lo contrario las piezas moldeadas saldrían incompletas o quemadas.

2. Contracción del material. Todos los artículos de plástico que existen sufren un cambio dimensional cuando son expulsados del molde. A este cambio se le conoce como contracción del material. Este encogimiento ocurre cuando la pieza se enfría, y varía en magnitud dependiendo del material que se utilice. Los valores de la contracción lineal del ABS fluctúan entre 0.004 y 0.009 pulgadas por pulgada. Esta contracción debe considerarse dentro del diseño del molde para que las boyas cuenten con las dimensiones requeridas.

3. Planos y dibujos. Los diseñadores de moldes siguen un gran número de reglas generales que a la larga han demostrado ser tanto prácticas como deseables. Al seguir estas reglas, los diseñadores se evitan muchos de los problemas que se presentan cuando no se toman en cuenta los fundamentos básicos del buen diseño. Solo si se siguen estas reglas se podrán obtener los mejores resultados. Los planos son el récord permanente de un diseño. Está establecido que como requisito fundamental, un plano debe proporcionar toda la información necesaria de una manera precisa, nítida y legible. Los planos originales deben manejarse con cuidado y deben guardarse en un lugar seguro. Nunca se deben usar los planos originales dentro del taller de moldes. Es imprescindible sacar cuantas copias se necesiten para conservar los originales en buen estado. Solamente se deben utilizar líneas punteadas en los dibujos cuando éstas ayuden a clarificar algún concepto del plano, y no se debe hacer uso de ellas cuando pudieran ocasionar alguna confusión.

Es importante que todos los planos estén debidamente acotados. Todas las cotas deben de indicarse de una manera clara. Además, normalmente es conveniente terminar el dibujo completamente antes de acotarlo. En los planos se debe hacer uso de notas y ampliaciones de los detalles importantes para que el encargado de fabricar el molde se percate de todos los requerimientos específicos con facilidad.

### 3.2 Diseño y operación del molde de las boyas

Una vez que se conocen los fundamentos teóricos en los que se basan los diseños, se presenta el diseño del molde de las boyas. Al hacer esta presentación se debe tener en mente toda la teoría que se ha venido discutiendo a lo largo de la primera parte de este capítulo.

El molde de las boyas debe cumplir con ciertos requisitos. El primer requisito es que el diseño propuesto debe ser de un molde totalmente automático de cuatro cavidades. Es decir, cada ciclo de moldeo deberá producir dos boyas completas (cuatro mitades). El segundo requisito es que el molde sea lo más económico posible. Esta condición limita el diseño a un molde de colada fría.

Por lo tanto, el diseño propuesto consta de un molde de inyección automático de cuatro cavidades, de colada fría y con placa flotante. El diseño toma en consideración la facilidad con la que se puede fabricar el molde. Un buen diseño es necesario, ya que un diseño problemático incrementaría el costo de fabricación considerablemente.

La selección de los materiales para la construcción del molde y todo lo referente a los aceros para moldes de inyección se discuten en el capítulo cuatro. Los costos de fabricación del molde de las boyas se tratan en el capítulo cinco.

El diseño del molde se presenta en la figura 3.3 denominada "ENSAMBLE DEL MOLDE". Obsérvese que en la parte superior de la

Figura, el molde se dibujó totalmente cerrado, mientras que en la parte inferior, el molde se encuentra totalmente abierto. Este dibujo le permite al encargado de fabricar el molde darse cuenta de cual es el funcionamiento del mismo, así como de la manera en que se ensamblan sus diferentes componentes.

De la figura 3.4 a la figura 3.31 se presentan los 23 componentes del molde de manera individual. (Vease el recuadro de la figura 3.3) En estos dibujos se exhiben todas las especificaciones necesarias para fabricar las piezas. Cabe mencionar que la profundidad de las cajas para las juntas del sistema de enfriamiento de las cavidades (partes # 7A y 7B) es de 2.00 mm.

En todos los dibujos se indican las tolerancias admisibles necesarias para que las piezas fabricadas ensamblen adecuadamente. Las dimensiones de las piezas deben estar dentro de los límites especificados, ya que de lo contrario, pueden presentarse ciertos problemas durante el ciclo de moldeo.

La tolerancia se define como la cantidad de variación admisible, más y menos, a partir de una dimensión nominal o una dimensión promedio. Existen dos tipos de tolerancias que son las "tolerancias estandard" y las "tolerancias criticas". Como su nombre lo indica, las tolerancias criticas se utilizan cuando las medidas de las piezas sean criticas para el buen funcionamiento del molde. En los casos en los que no se requiera de dimensiones muy precisas, las tolerancias estandard son suficientes.

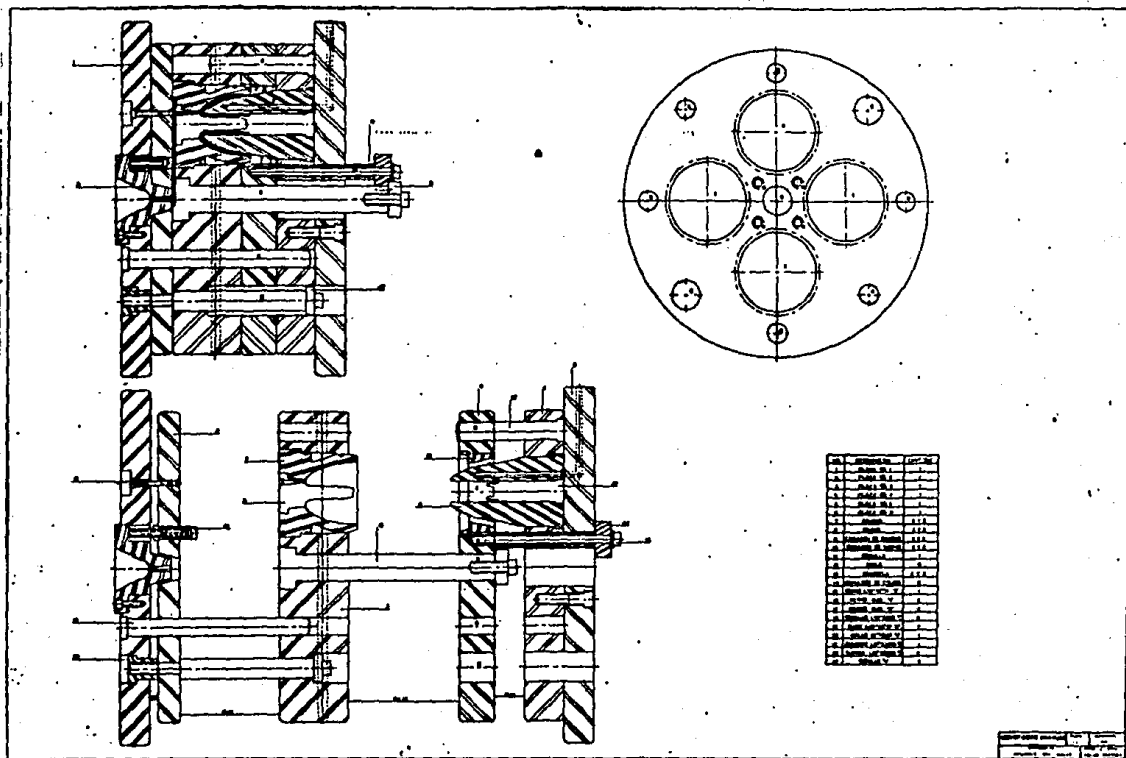


Fig. 3.3

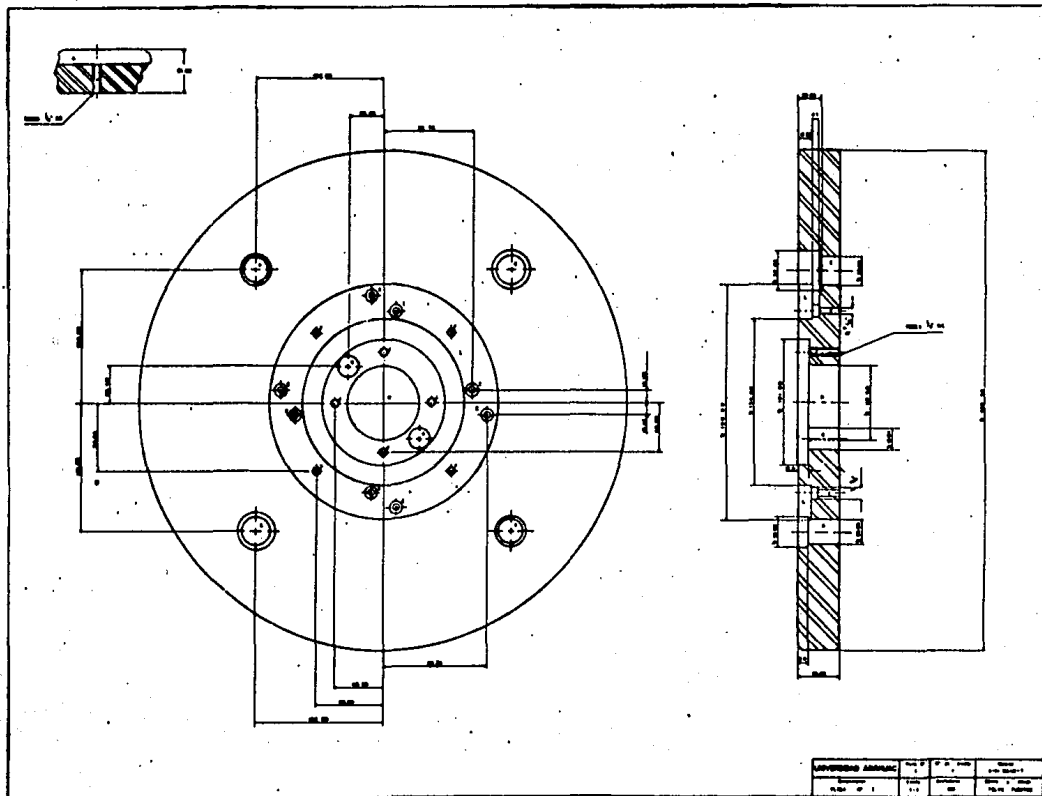


Fig. 3.4

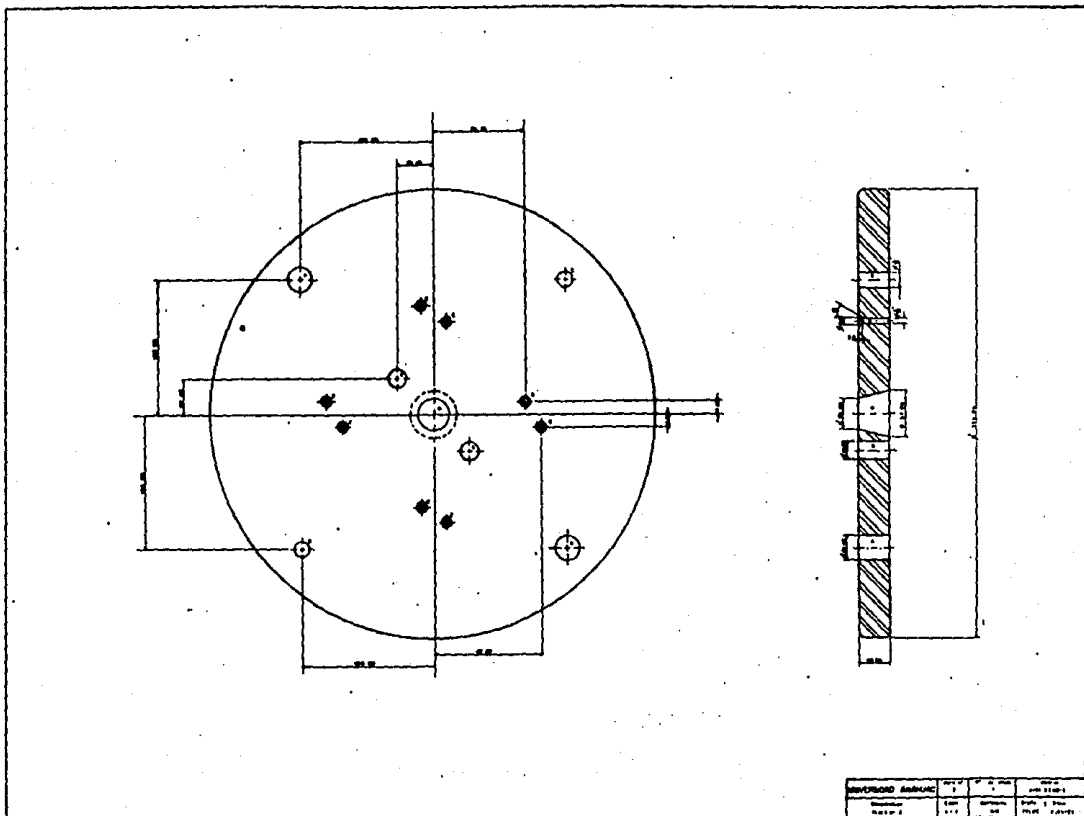
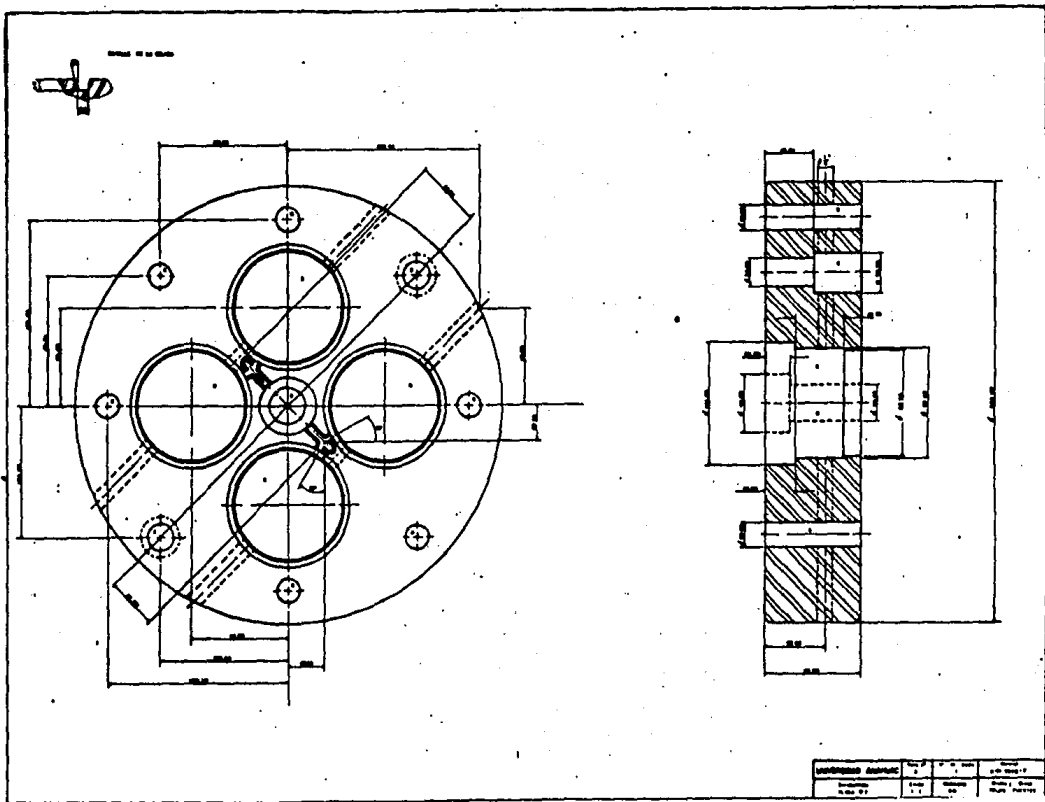


Fig. 3.5



69



UNFINISHED DIMENSIONS	Part	Part	Part	Part
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Fig. 3.6

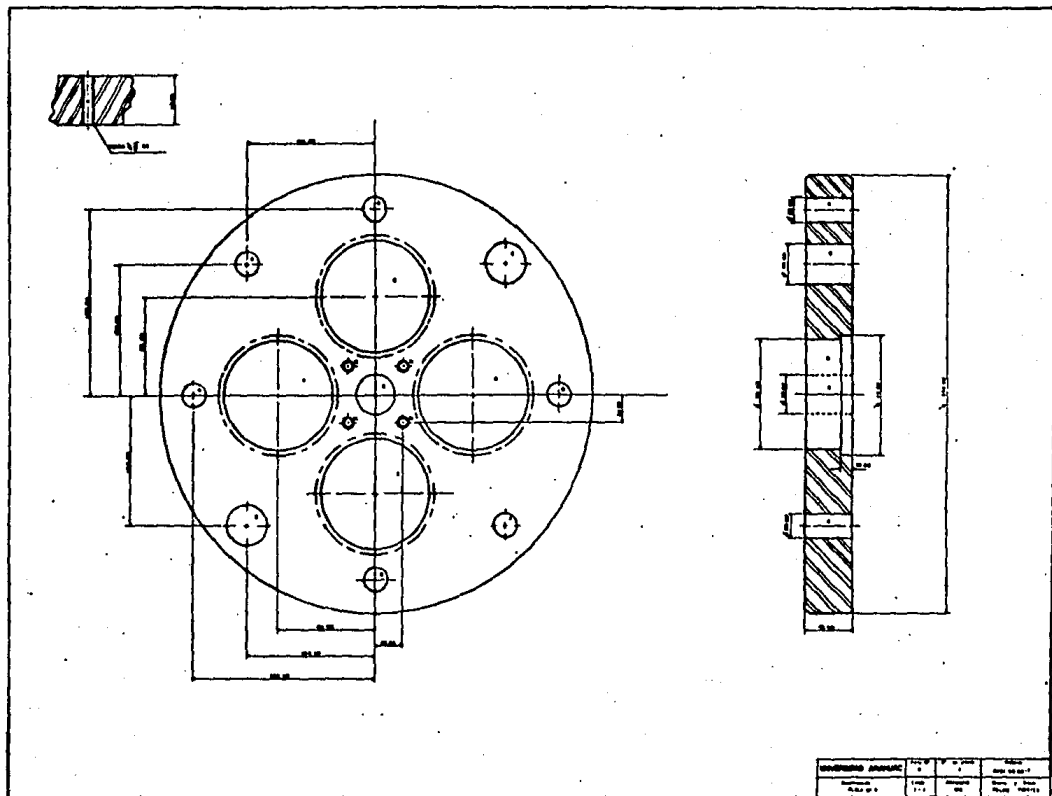
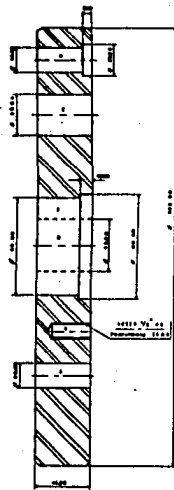
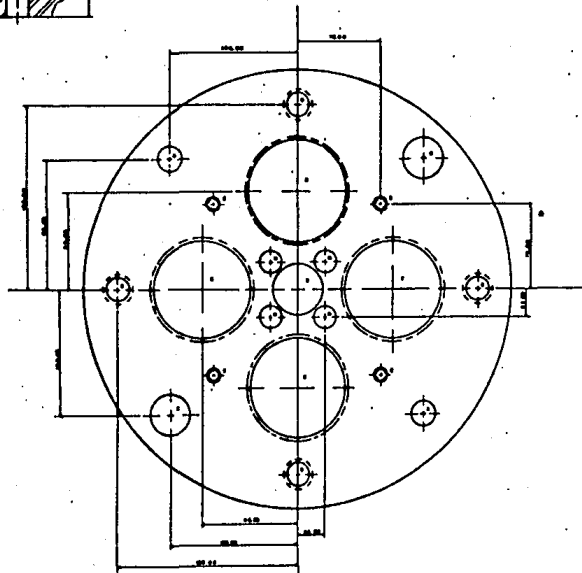
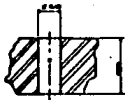


Fig. 3.7



UNIVERSITY OF MARYLAND	REV. OF	DATE	BY
1	1	10/10/11	MDR
2	1	10/10/11	MDR
3	1	10/10/11	MDR

Fig. 3.8

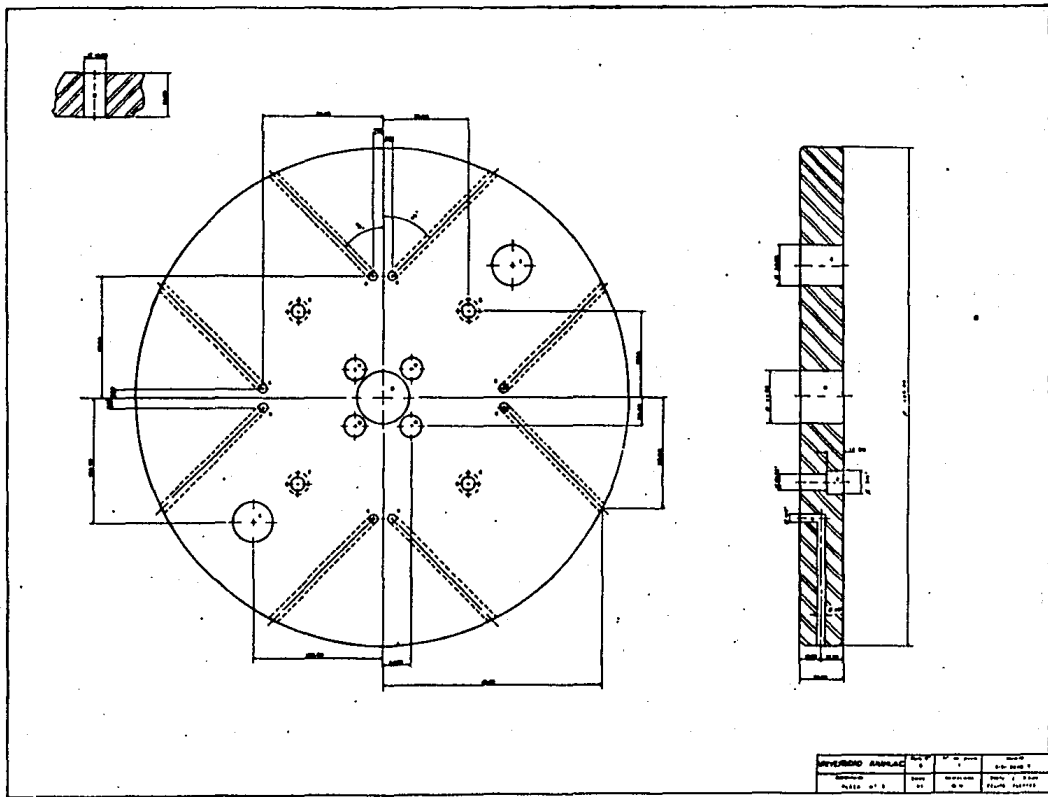
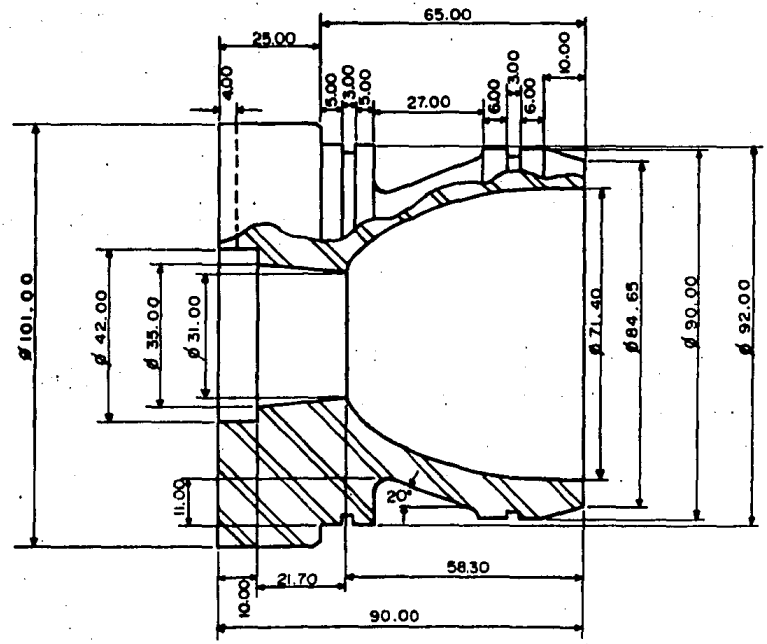


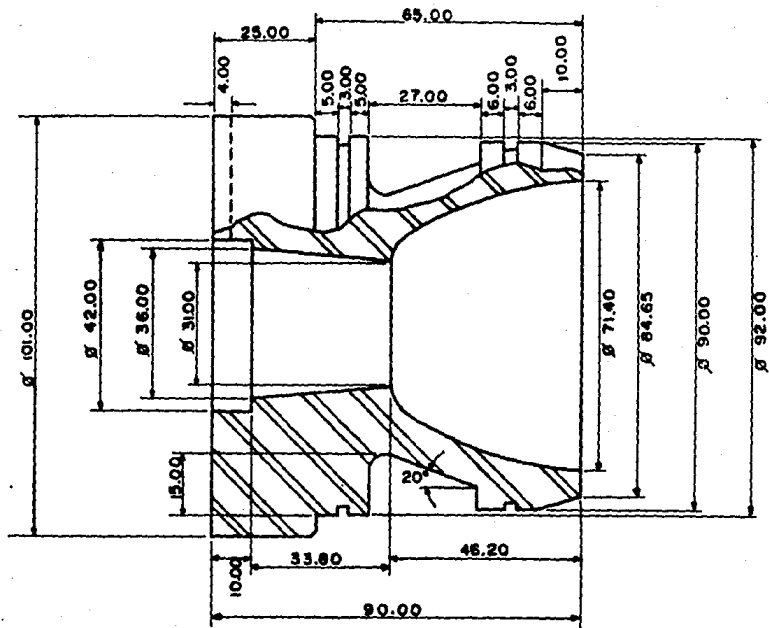
Fig. 3.9



TOLERANCIAS NO  
ESPECIFICADAS:  
+ 0.02 mm  
- 0.01 mm

<b>UNIVERSIDAD ANAHUAC</b>	Parte N°	N° de piezas	Materia
	7 A	2	AISI L-6
Denominación	Escala	Anotaciones	Diseño y Dibujo
CAVIDAD LARGA	1:1	M M	FELIPE FUENTES

Fig. 3.10



TOLERANCIAS NO  
ESPECIFICADAS: + 0.02 mm  
- 0.01 mm

<b>UNIVERSIDAD ANAHUAC</b>	Parte N°	N° de piezas	Material
	7 B	2	AISI L-6
Denominación	Escala	Aceleraciones	Diseño y Dibujo
CAVIDAD CORTA	1:1	M M	FELIPE FUENTES

Fig. 3.11

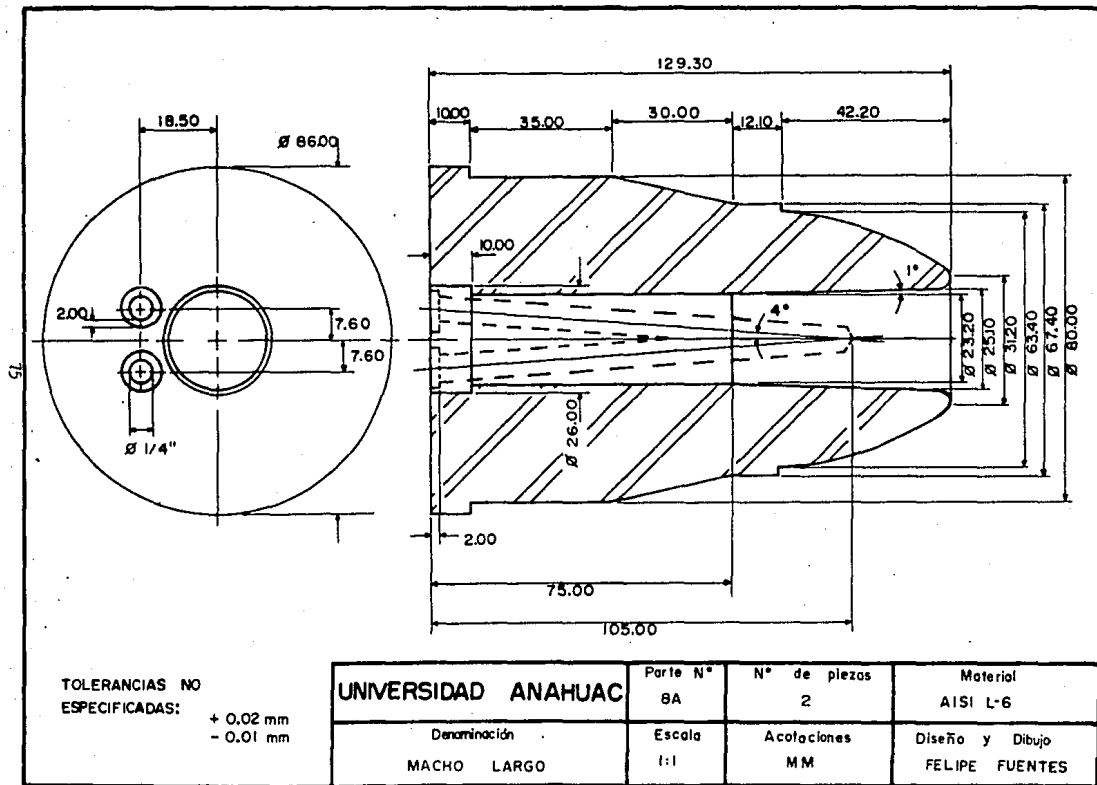
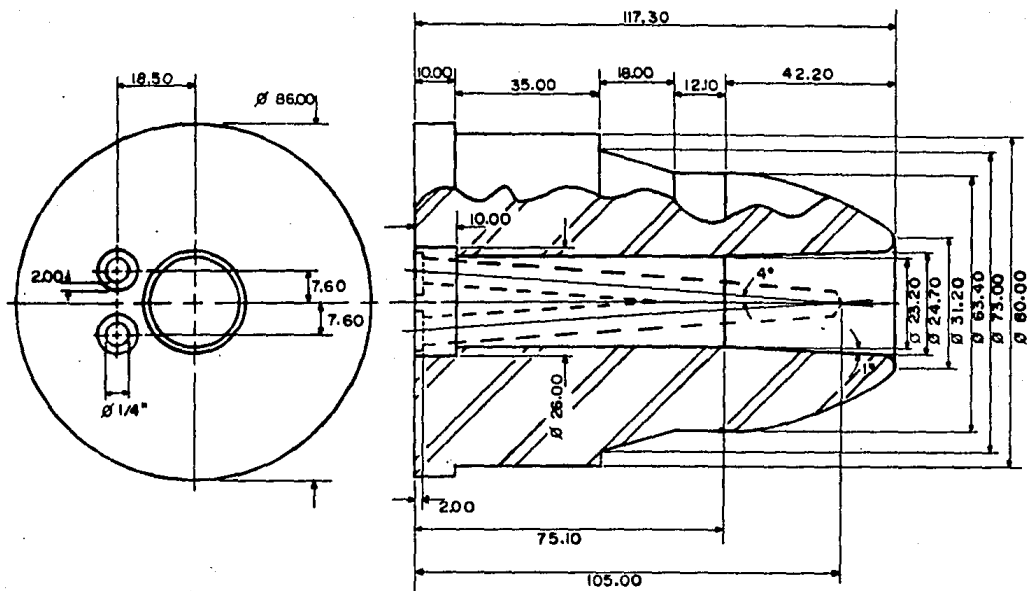


Fig. 3.12



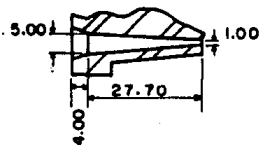
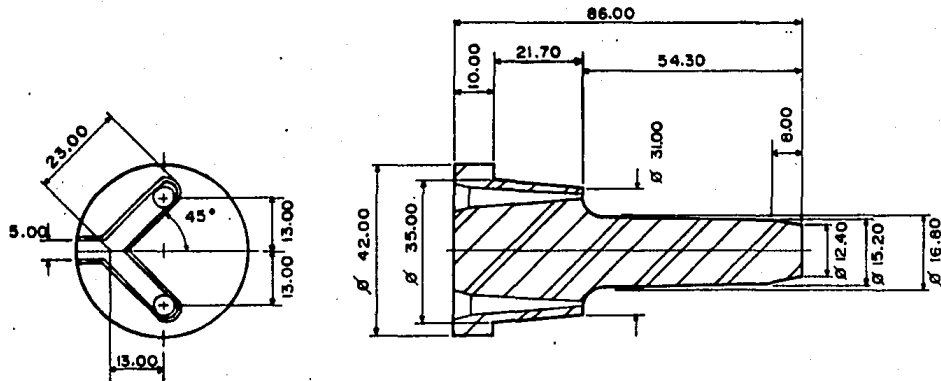
TOLERANCIAS NO  
ESPECIFICADAS:

+ 0.02 mm  
- 0.01 mm

UNIVERSIDAD ANAHUAC		Parte N°	N° de piezas	Material
		88	2	AISI L-6
Denominación		Escala	Acolaciones	Diseño y Dibujo
MACHO CORTO		1:1	MM	FELIPE FUENTES

Fig. 3.13

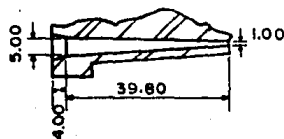
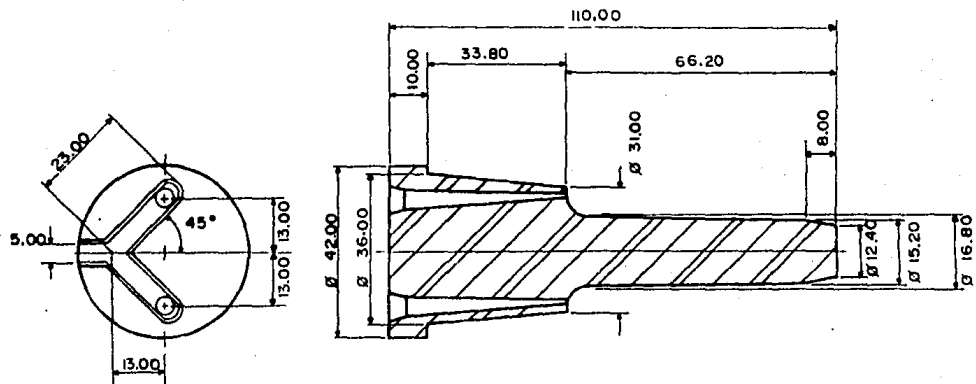




TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS:  $+0.02$  mm  
 $-0.01$  mm

<b>UNIVERSIDAD ANAHUAC</b>	Parte N°	N° de piezas	Material
	9 A	2	AISI L-6
Denominación	Escala	Acotaciones	Diseño y Dibujo
CORAZON DE CAVIDAD LARGA	1:1	M M	FELIPE FUENTES

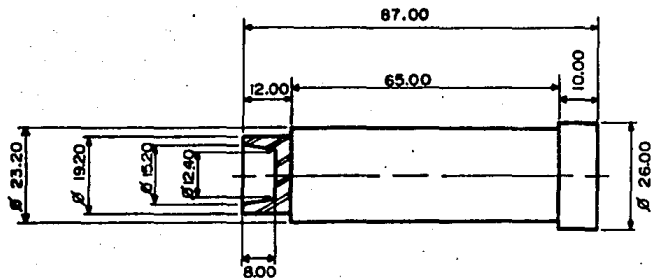
Fig. 3.14



TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS: + 0.02 mm  
- 0.01 mm

<b>UNIVERSIDAD ANAHUAC</b>	Parte N°	N° de piezas	Material
	9B	2	AISI L-6
Denominación	Escala	Acolaciones	Diseño y Dibujo
CORAZON DE CAVIDAD CORTA	1:1	MM	FELIPE FUENTES

Fig. 3.15



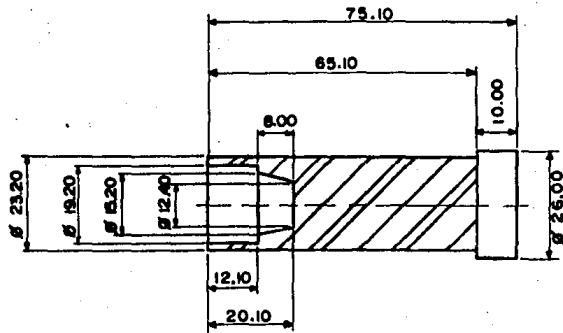
TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS: + 0.02 mm  
- 0.01 mm

<b>UNIVERSIDAD ANAHUAC</b>	Parte N° 10A	N° de piezas 2	Materia AISI L-6
Denominación CORAZON DE MACHO LARGO	Escala 1:1	Acotaciones MM	Diseño y Dibujo FELIPE FUENTES

Fig. 3. 16

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

UR



TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS: + 0.02 mm  
- 0.01 mm

<b>UNIVERSIDAD ANAHUAC</b>	Parte N° 10B	N° de piezas 2	Material AISI L-6
Denominación CORAZON DE MACHO CORTO	Escala 1:1	Acataciones MM	Diseño y Dibujo FELIPE FUENTES

Fig. 3.17

18

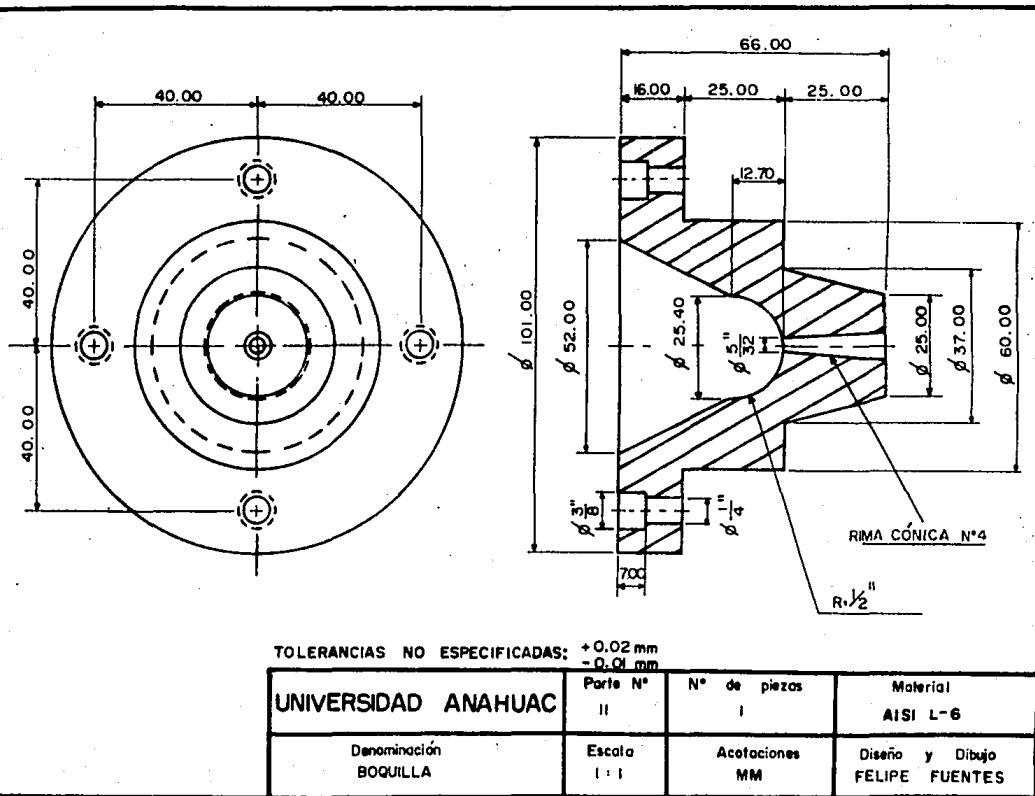
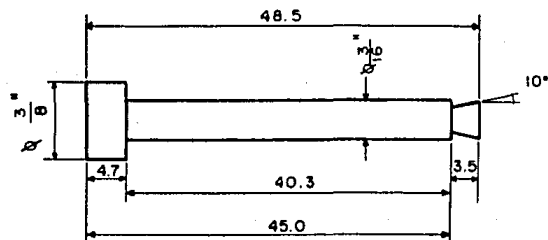


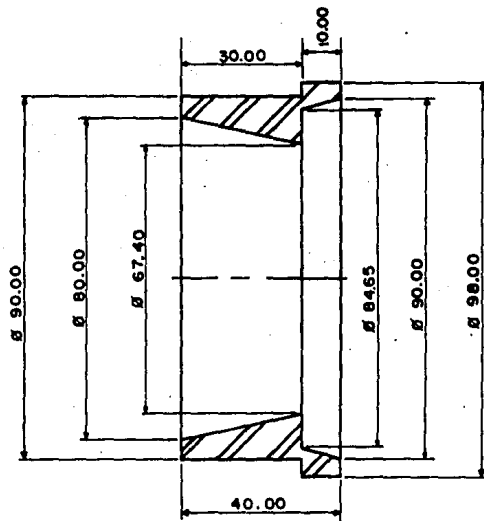
Fig. 3, 18



TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS:  $+0.02 \text{ mm}$   
 $-0.01 \text{ mm}$

<b>UNIVERSIDAD ANAHUAC</b>	Parte N° 12	N° de piezas 8	Material D. M. E.
Denominación ANCLA	Escala 2 : 1	Acotaciones M M	Diseño y Dibujo FELIPE FUENTES

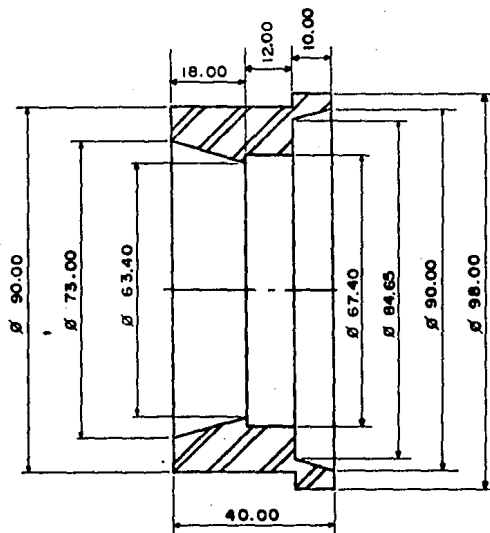
Fig. 3, 19



TOLERANCIAS NO  
ESPECIFICADAS: + 0.02 mm  
- 0.01 mm

<b>UNIVERSIDAD ANAHUAC</b>	Parte N° 13 A	N° de piezas 2	Material AISI L-6
Denominación ARANDELA LARGA	Escala 1:1	Acotaciones MM	Diseño y Dibujo FELIPE FUENTES

Fig. 3.20



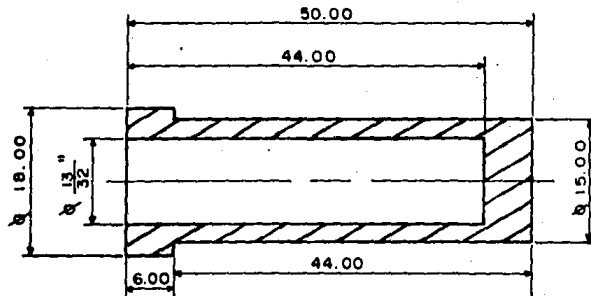
TOLERANCIAS NO  
ESPECIFICADAS:

+0.02 mm  
-0.01 mm

<b>UNIVERSIDAD ANAHUAC</b>	Parte N°	N° de piezas	Material
	13 B	2	AISI L-6
Denominación	Escala	Acotaciones	Diseño y Dibujo
ARANDELA CORTA	1:1	MM	FELIPE FUENTES

Fig. 3,21

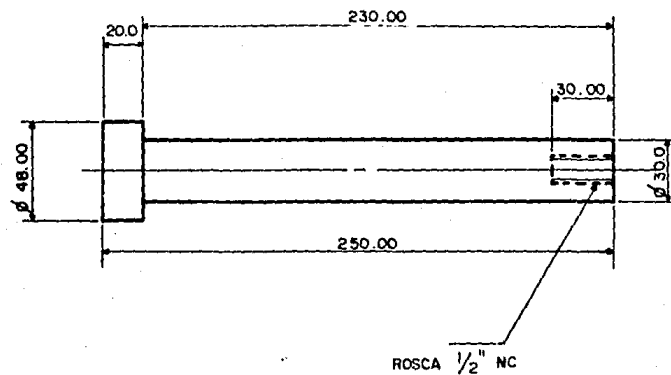




TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS:  
 +0.02 mm  
 -0.01 mm

<b>UNIVERSIDAD ANAHUAC</b>	Parte N°	N° de piezas	Material
	14	2	<b>AISI L-6</b>
Denominación	Escala	Acotaciones	Diseño y Dibujo
EXPULSOR DE COLADA	2 : 1	MM	FELIPE FUENTES

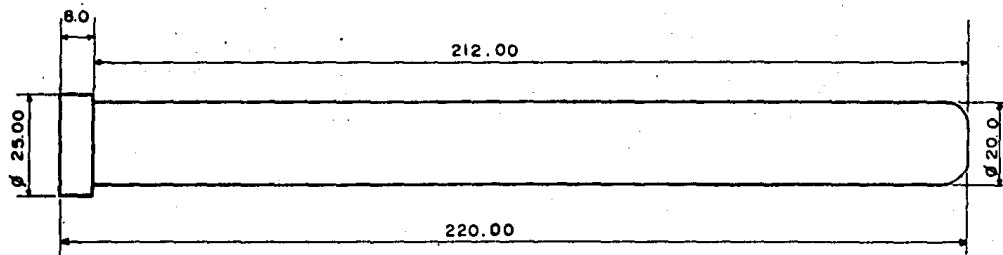
Fig. 3.22



TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS: + 0.02 mm  
- 0.01 mm

<b>UNIVERSIDAD ANAHUAC</b>	Parte N°	N° de piezas	Material
	15	1	AISI 4320
Denominación	Escala	Acotaciones	Diseño y Dibujo
PERNO LIMITADOR "B"	1 : 2	MM	FELIPE FUENTES

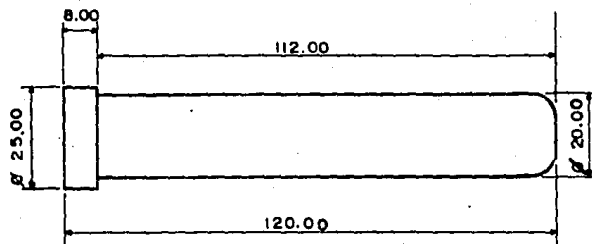
Fig. 3.23



TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS:  $+0.02 \text{ mm}$   
 $-0.01 \text{ mm}$

<b>UNIVERSIDAD ANAHUAC</b>	Parte N°	N° de piezas	Material
	16	2	<b>AI SI 4320</b>
Denominación	Escala	Acofaciones	Diseño y Dibujo
PERNO GUIA "A"	1:1	MM	FELIPE FUENTES

Fig. 3.24



TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS: +0.02 mm  
-0.01 mm

<b>UNIVERSIDAD ANAHUAC</b>	Parte N°	N° de piezas	Materia
	17	4	AISI 4320
Denominación	Escala	Aceleraciones	Diseño y Dibujo
PERNO GUÍA "O"	1:1	MM	FELIPE FUENTES

Fig. 3.25

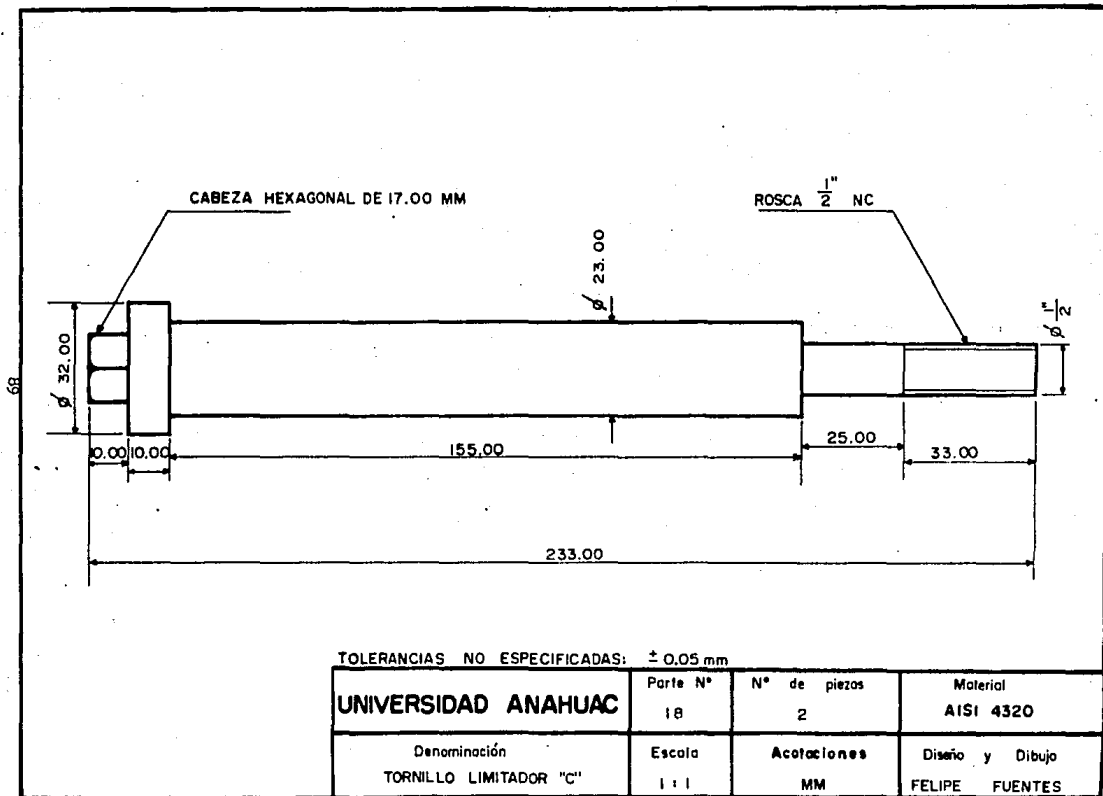
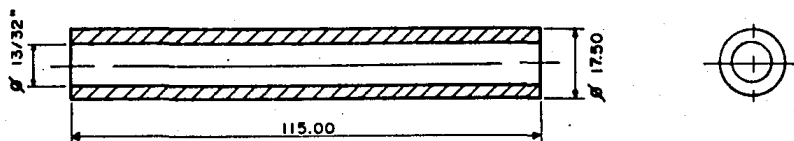


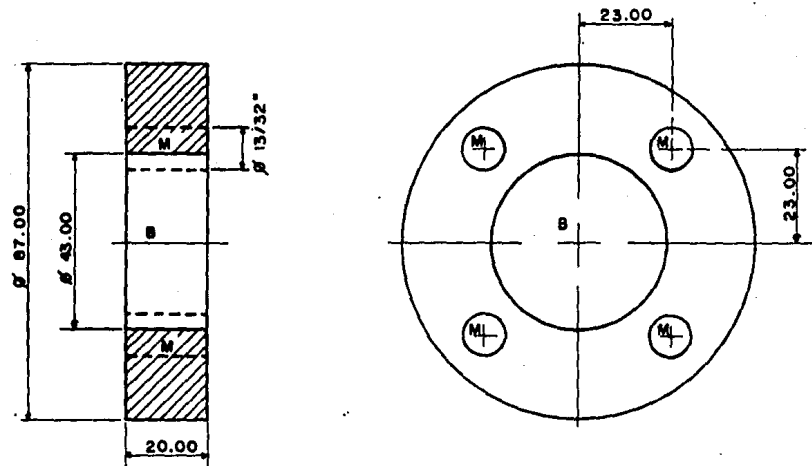
Fig. 3.26



TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS:  $\pm 0,05$  mm

<b>UNIVERSIDAD ANAHUAC</b>	Parte N°	N° de piezas	Material
	19	4	AISI 9840-T
Denominación	Escala	Acolaciones	Diseño y Dibujo
TUBO LIMITADOR "M"	1:1	MM	FELIPE FUENTES

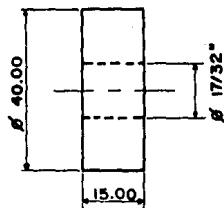
Fig. 3.27



TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS:  $\pm 0.05$  mm

<b>UNIVERSIDAD ANAHUAC</b>	Parte N°	N° de piezas	Materia
	20	1	AISI 9840-T
Denominación	Escala	Acotaciones	Diseño y Dibujo
ARILLO BOTADOR "M"	1:1	MM	FELIPE FUENTES

Fig. 3.26

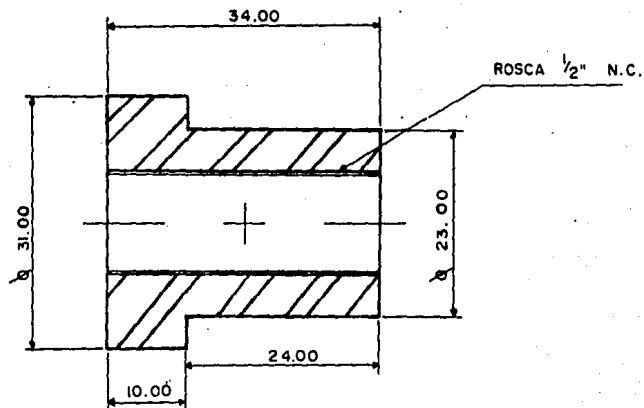


TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS:  $\pm 0.05 \text{ mm}$

<b>UNIVERSIDAD ANAHUAC</b>	Parte N°	N° de piezas	Material
	21	1	AlSi 9840-T
Denominación	Escala	Acotaciones	Diseño y Dibujo
RONDANA LIMITADORA $\varnothing$	1:1	MM	FELIPE FUENTES

Fig. 3.29

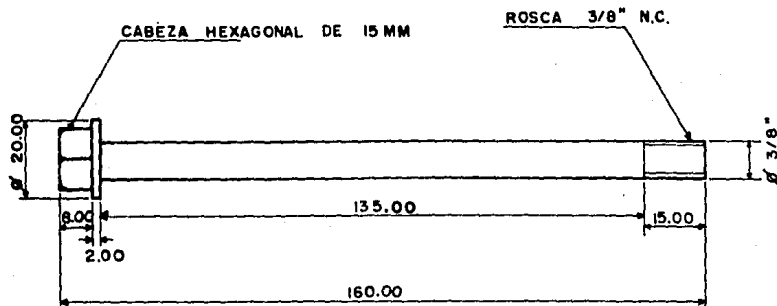




TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS:  $+0.02$  mm  
 $-0.01$  mm

<b>UNIVERSIDAD ANAHUAC</b>	Parte N° 22	N° de piezas 2	Material AISI 9840-T
Denominación TUERCA LIMITADORA "C"	Escala 2 : 1	Acatones MM	Diseño y Dibujo FELIPE FUENTES

Fig. 3.30



TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS: +0.02mm  
-0.01mm

<b>UNIVERSIDAD ANAHUAC</b>	Parte N°	N° de piezas	Material
	23	4	AISI L-6
Denominación	Escala	Acotaciones	Diseño y Dibujo
TORNILLO "M"	1:1	MM	FELIPE FUENTE

Fig. 3.31

En algunos casos, las tolerancias especificadas permiten que haya cierta interferencia. Esto se hace con el objeto de obtener un ensamble a presión que impida que las partes se muevan de su posición original.

La tolerancia en los diámetros de las seis placas es de  $\pm 0.2$  mm.

A continuación se describe detalladamente el funcionamiento del molde. Se parte de la suposición de que el molde ya se encuentra instalado en la máquina de inyección, y de que todos los requisitos necesarios para llevar a cabo un ciclo de moldeo adecuado se han cumplido.

El ciclo de moldeo comienza cuando el molde se encuentra completamente cerrado. (Ver figura 3.3) La masa plastificada se inyecta dentro del molde a través de la boquilla. De ahí, se transporta a lo largo de los canales de distribución y se introduce dentro de las cuatro cavidades. El llenado de las cavidades se consigue utilizando presiones sumamente elevadas. Cuando las cavidades se encuentran totalmente llenas de material, la operación se mantiene estática durante un lapso de tiempo preestablecido para permitir que las piezas moldeadas se solidifiquen. Esta solidificación ocurre gracias al sistema de enfriamiento que contiene el molde. Una vez que el periodo de solidificación ha transcurrido, el molde comienza a abrirse. La apertura ocurre en el plano de partición de las piezas. Es decir,

el molde se abre entre la placa # 3 y la placa # 4. Cuando esto sucede, las cuatro piezas se desprenden de la colada. Estas permanecen adheridas a sus respectivos machos. Cuando la placa # 4 llega al final de su carrera (limitada por la rondana "B"), expulsa a las piezas moldeadas que no pueden permanecer pegadas a sus respectivos machos debido a que éstos continúan avanzando. Una vez que la placa # 6 se topa con el arillo botador "M", el molde comienza a abrirse por el plano de partición de la colada. Esta última permanece adherida a la placa # 2 gracias a las ocho anclas que la sujetan. Cuando la placa # 3 llega al final de su carrera, arrastra a la placa # 2 que a su vez se separa de la placa # 1. Esta separación hace que la colada se desprenda de las anclas y, ayudada por los expulsores, se cae en la charola receptora que se encuentra debajo del molde en el piso de la máquina. Después de que esto sucede, el molde alcanza su apertura máxima, por lo que la platina móvil de la máquina cambia el sentido de su movimiento de manera que el molde comience a cerrarse. Una vez que el molde se vuelve a cerrar completamente, el cañón de inyección de la máquina descarga otro chorro de plástico a través de la boquilla, comenzando así, un nuevo ciclo de moldeo. El molde está diseñado para trabajar continuamente durante periodos prolongados.

Cada ciclo de moldeo dura aproximadamente 35 segundos. Para obtener este valor, es necesario que la temperatura del agua que circula a través de los canales del sistema de enfriamiento se

mantenga entre los 8 y los 10 °C. Por lo contrario, el tiempo de cada ciclo aumentaría considerablemente. Es importante mantener el tiempo de cada ciclo al mínimo para reducir así, los costos de fabricación. Los tiempos óptimos solamente se consiguen cuando se cuenta con una torre de enfriamiento adecuada.

### 3.3 Instrucciones de ensamble

En esta sección se detalla el procedimiento que se debe emplear para ensamblar el molde. Este procedimiento es lógico y relativamente sencillo de seguir, y parte de la suposición de que el molde se encuentra totalmente desarmado. El molde completo está compuesto de 23 partes distintas como se ilustra en la figura 3.3 denominada "ENSAMBLE DEL MOLDE". En esta figura se puede observar que el molde consta de 58 piezas (la suma de todas las cantidades anotadas en el recuadro de la figura).

Es importante recalcar que la boya que se desea moldear está compuesta de dos partes distintas a las que se les ha dado los nombres arbitrarios de "parte larga" y "parte corta". Como el molde contiene 4 cavidades, cada ciclo entregará cuatro piezas, dos "largas" y dos "cortas". Es decir, en cada ciclo el molde fabricará dos boyas completas. Es por esto que el molde cuenta con dos cavidades largas y dos cavidades cortas, con dos machos largos y dos machos cortos, con dos corazones de cavidad largos y dos cortos, con dos corazones de macho largos y dos cortos, y con dos arandelas largas y dos arandelas cortas. (Ver partes # 7, 8,

9, 10 y 13 en el recuadro de la figura 3.5) A la hora de ensamblar el molde se debe tener cuidado de no mezclar los componentes largos con los cortos, porque de lo contrario se puede llegar a dañar el molde. En otras palabras, al finalizar el ensamble, dos de los cuatro juegos deben estar compuestos en su totalidad por componentes largos mientras que los dos juegos restantes deben estar compuestos en su totalidad por componentes cortos.

Una vez hecha esta aclaración pertinente se procede a describir cual es la manera correcta de ensamblar el molde.

Primeramente es necesario engrasar los corazones de las cavidades para facilitar el ensamble de los mismos. Una vez que éstos estén debidamente lubricados se introducen dentro de sus respectivas cavidades asegurándose de que las coladas maquinadas en los corazones coincidan con las coladas de las cavidades, ya que de lo contrario el plástico no podría fluir dentro de las cavidades.

Después de que los cuatro corazones han sido ensamblados dentro de sus respectivas cavidades se procede a colocarle dos "O" rings de tamaño adecuado a cada cavidad. Estos "O" rings son ligas de goma que sirven de empaque para evitar que el agua de la refrigeración se escurra fuera de las cavidades. Luego se engrasan las cuatro cavidades y se instalan dentro de los orificios "X" de la placa # 3. (Ver figura 3.6) Nuevamente es importante cerciorarse de que las coladas de las cavidades estén

alineadas con la colada maquinada en la placa # 3. Además, las dos cavidades largas deben quedar opuestas a sí mismas. Del mismo modo, las dos cavidades cortas también deben quedar opuestas a sí mismas.

Una vez que las cavidades se encuentren colocadas en la placa, se introduce el perno limitador "B" (parte # 15), previamente lubricado, en el barreno central de la placa # 3. Es necesario ver que la colada del perno coincida con la colada de la placa.

Ahora se repite el proceso con los machos. Primero se engrasan los corazones de los machos para facilitar su ensamble. Luego se introducen dentro de sus respectivos machos.

Después de que los cuatro corazones han sido ensamblados dentro de sus respectivos machos se procede a engrasar a los cuatro machos. Ya engrasados se instalan dentro de los orificios "X" de la placa # 5. (Ver figura 3.8) Al hacer esto, debe tenerse en cuenta que cuando se atornille la placa # 5 con la placa # 6, los canales de refrigeración de los cuatro machos deben coincidir con los canales de refrigeración de la placa # 6. (Ver figura 3.9) Nótese que los dos machos largos deben quedar opuestos a sí mismos. Del mismo modo, los dos machos cortos también deben quedar opuestos a sí mismos.

Una vez que los machos se encuentren colocados en la placa se les instalan ocho "O" rings de tamaño adecuado (dos "O" rings por macho). Después, se engrasan los cuatro pernos guía "O"

(parte # 17), y se instalan dentro de los barrenos "O" de la placa # 5. De este modo, la placa # 5 se encuentra lista para atornillarse con la placa # 6.

Para atornillar la placa # 5 con la placa # 6 se necesitan cuatro tornillos de 1/2 " de diámetro. Estos tornillos se colocan en los barrenos "Z" de las placas. Al atornillar las placas, es necesario verificar que los barrenos "C" de la placa # 5 coincidan con los barrenos "C" de la placa # 6.

A continuación se lubrican las cuatro arandelas y se instalan dentro de los orificios "X" de la placa # 4. (Ver figura 3.7) Nótese que las dos arandelas largas deben quedar opuestas a sí mismas. Del mismo modo, las dos arandelas cortas también deben quedar opuestas a sí mismas.

Después se procede a ensamblar la placa # 1. (Ver figura 3.4) Con la placa parada para facilitar la operación, se instala la boquilla (parte # 11) dentro del orificio "H" y se atornilla mediante cuatro tornillos de 1/4 " de diámetro. Estos tornillos se colocan en los barrenos "J" de la placa. Luego se instalan las ocho anclas (parte # 12) dentro de los barrenos "E" y se cubren con el arillo "L". Este arillo se sujeta con cuatro tornillos de 1/4 " de diámetro. Los tornillos se colocan en los barrenos "F" de la placa. A continuación se lubrican los dos pernos guía "A" (parte # 16) y se instalan dentro de los barrenos "A" de la placa.

Una vez que los pernos guía "A" se encuentran colocados en



su posición, se acuesta la placa # 1. Luego se engrasan los dos expulsores de colada (parte # 14), y se instalan en los barrenos "G" de la placa # 1. Para instalar los expulsores se necesitan unos resortes engrasados. (Ver figura 3.3)

Después de instalar los expulsores se monta la placa # 2. (Ver figura 3.5) Esto se hace con cuidado para evitar que alguna de las anclas pudiera llegar a dañarse. Luego se levantan las placas y se ensamblan con la placa # 3. A continuación se colocan las dos tuercas limitadoras "C" (parte # 22), previamente engrasadas, dentro de los barrenos "C" de la placa # 1. Estas tuercas se sujetan con los dos tornillos limitadores "C" (parte # 18) que también deben ir engrasados.

Después se ensambla la placa # 4. Cuando ésta haya asentado, se prosigue con las placas # 5 y # 6. Ya que todas las seis placas estén ensambladas, se atornilla la rondana limitadora "B" (parte # 21) con el perno limitador "B". Para hacer esto, se utiliza un tornillo de 1/2 " de diámetro.

A continuación se pasan los cuatro tornillos "M" (parte # 23) a través del arillo botador "M" (parte # 20). Luego cada tornillo se mete a través de su respectivo tubo limitador "M" (parte # 19). Luego se atornillan en los barrenos "M" de la placa # 4. Los cuatro tubos limitadores deben ir engrasados por fuera. De esta manera el molde queda totalmente ensamblado y listo para instalarse en la máquina de inyección.

## CAPITULO 4

### ANALISIS DE LOS PROCESOS DE MANUFACTURA

#### 4.1 Características de los materiales utilizados para la construcción del molde

Todos los diseñadores de moldes deben tener conocimientos básicos de los diferentes tipos de materiales utilizados para la fabricación de moldes. Es importante que los diseñadores sepan cuales son los fundamentos de la fabricación de los aceros. También deben saber para que sirven los diferentes tratamientos térmicos disponibles y deben estar familiarizados con la terminología pertinente. Los diseñadores deben saber cuales son los factores más importantes que afectan a la selección de los materiales para moldes.

##### 4.1.1 Los aceros

El diseñador de moldes tiene que considerar muchos factores.

Por una parte, el molde diseñado debe poder resistir el uso severo al que se le va a someter. Además, se le debe dedicar un estudio especial considerable a la selección de los materiales para el molde.

Los aceros que se utilizan para fabricar moldes cuentan con ciertas propiedades deseables que los hacen sumamente adecuados para este tipo de trabajo. Los fabricantes de moldes utilizan cuatro tipos generales de aceros. Estos son:

1. Aceros con bajo contenido de carbono. En esta categoría se encuentran todos los aceros que tienen menos del 0.2% de carbono. Estos aceros no contienen suficiente carbono para poder endurecerse significativamente después de ser tratados térmicamente.
2. Aceros con mediano contenido de carbono. En esta categoría se encuentran los aceros que tienen del 0.2 al 0.6% de carbono.
3. Aceros con alto contenido de carbono. En esta categoría se encuentran los aceros que tienen del 0.7 al 1.78% de carbono.
4. Aceros aleados. Los aceros de esta categoría contienen varios elementos que le dan ciertas propiedades al material.

El acero proviene del hierro. Es un metal hecho a base de hierro combinado con un poco de carbono que adquiere, debido al temple, gran dureza y elasticidad. Al acero se le pueden agregar elementos tales como el cromo, el níquel, el manganeso, el

tungsteno, el vanadio, el molibdeno y el cobalto. Estos elementos le imparten cualidades deseables al metal.

El acero se puede maquinar en un estado relativamente suave y luego se puede endurecer mediante tratamientos térmicos.

Con estos tratamientos el acero obtiene gran resistencia al desgaste, dureza, tenacidad, rigidez, fuerza, y estabilidad dimensional.

El acero que se utiliza en la construcción de moldes se fabrica en hornos de inducción de alta frecuencia. Al preparar la carga para el horno se mezcla una cantidad estipulada de hierro puro junto con algunos de los elementos antes mencionados. Estos elementos se agregan en distintos porcentajes dependiendo de las características que se desean obtener. Cuando el acero ha sido fundido y refinado se vierte en moldes de hierro para formar lingotes. Estos lingotes pueden tener hasta 40 pulgadas de diámetro.

Algunos aceros se deben recocer para deshacerse de los esfuerzos internos causados por el proceso de manufactura. Ya recocidos, los aceros recuperan su ductilidad y su facilidad de maquinado. El recocido es un tratamiento térmico en el que el acero se calienta a una temperatura específica y luego se enfría muy lentamente. En algunos casos este enfriamiento dura hasta 24 horas. La mayoría de los aceros se recocen para que aumente su maquinabilidad o facilidad de maquinado.

Los moldes que se fabrican con aceros de bajo contenido de

carbono necesitan cementación. De esta manera, se incrementa el contenido de carbono de la capa superficial del molde, lo que permite que ésta alcance niveles de dureza adecuados. Los moldes que se fabrican con los otros aceros contienen suficiente carbono para poder ser endurecidos a los niveles requeridos aun sin necesidad de cementarlos. Las temperaturas del proceso de endurecimiento varían dependiendo del tipo de acero utilizado. Las superficies de los moldes se deben proteger contra la oxidación porque de lo contrario las superficies perderían una parte del carbono que contienen. Los aceros endurecidos se enfrían ya sea en aceite o al aire libre, dependiendo del acero de que se trate.

El temple. Para templar una pieza, el acero se calienta a una temperatura que varía entre los 350 y los 1150 ° F. El temple aumenta la dureza de las piezas y releva los esfuerzos internos contenidos en las mismas. La dureza de los aceros herramienta oscila entre 30 y 65 Rockwell C. Es importante mencionar que aunque el proceso de templado releva los esfuerzos mayores causados por el enfriamiento, también induce esfuerzos menores inherentes al proceso que resulta de los cambios en la estructura cristalina. Cuando se templen componentes delicados fabricados con aceros herramienta, los mejores resultados se obtienen mediante un segundo proceso de templado a la misma temperatura.

La profundidad del endurecimiento. Cuando los aceros herramienta se enfrían, la capa exterior, que se encuentra en

contacto con el medio refrigerante, se enfría muy rápidamente. La parte interior se enfría relativamente despacio. Los aceros que se necesiten enfriar rápidamente tendrán una capa exterior muy dura y una parte interior relativamente suave. El silicio, el molibdeno, el cromo y el manganeso ayudan a incrementar la profundidad del endurecimiento. Un acero con endurecimiento profundo se consigue mediante un enfriamiento lento. Un acero con endurecimiento superficial requiere de un enfriamiento veloz.

Requerimientos de los aceros para moldes. Los moldes para plásticos requieren de aceros herramienta de muy buena calidad. Los aceros herramienta necesitan contar con ciertas características. Entre las más importantes está la homogeneidad. Los aceros deben tener una estructura uniforme; deben tener una densidad uniforme y un mismo análisis químico. Los aceros también deben ser muy resistentes. Deben tener un alto grado de resistencia al desgaste y deben ser dimensionalmente estables. Además, los aceros deben estar libres de cualquier impureza.

#### 4.1.2 La selección del material

Los aceros que normalmente se usan para las placas de los moldes son aceros con bajo contenido de carbono. Estos aceros son relativamente baratos y se pueden cementar y endurecer. Estos aceros no se deben emplear en la fabricación de machos y cavidades porque no cuentan con la fuerza, firmeza y resistencia

necesarias para ello. Entre uno de los mejores aceros de este tipo está el acero SAE 1020. Los aceros SAE 1020 son aceros de grado maquinaria. Estos aceros también son aceros al carbono no resulturados. Contienen cerca de 0.2% de carbono.

Los aceros herramienta son los materiales que más se utilizan para fabricar moldes de inyección. Pero cuando los aceros no cuentan con alguno o algunos de los elementos mencionados en la sección 4.1.1, presentan ciertas desventajas. En primer lugar, los aceros no aleados tienen una marcada profundidad de endurecimiento. Por lo tanto, los moldes fabricados con estos aceros tenderán a romperse en vez de deformarse cuando se les someta a presiones excesivamente elevadas. Cuando se requiera de piezas con extremada dureza se recomienda utilizar aceros nitrurados.

Los aceros aleados cuentan con varias cualidades que les dan los diferentes elementos de que están compuestos. Cada elemento proporciona una cualidad diferente. A algunos aceros aleados se les debe aumentar el contenido de carbono mediante un proceso de cementación. La cementación debe hacerse antes de efectuar el endurecimiento. La tabla 4.1 enlista algunos de los elementos de que están compuestos los aceros aleados junto con las propiedades peculiares de cada uno.

ELEMENTOS	PROPIEDADES
Silicio	Aumenta la resistencia a la oxidación. Aumenta la resistencia a la fatiga. Aumenta la tenacidad. Aumenta la templabilidad.
Manganeso	Excelente desoxidante. Aumenta la resistencia al desgaste.
Níquel	Vuelve austeníticos a los aceros. Les imparte dureza y resistencia.
Cromo	Aumenta la templabilidad. Aumenta la resistencia a las temperaturas elevadas. Aumenta la resistencia a la corrosión y a la oxidación. Se utiliza en la formación de aceros inoxidable.
Vanadio	Es un purificador. Aumenta la resistencia a la fatiga. Aumenta la resistencia al desgaste.
Molibdeno	Aumenta la resistencia al desgaste. Aumenta la templabilidad.
Tungsteno	Aumenta la resistencia a la abrasión y al desgaste. Aumenta la templabilidad. Aumenta la resistencia a las temperaturas elevadas.
Cobalto	Disminuye la templabilidad. Resiste el ablandamiento al elevarse la temperatura.

Tabla 4.1 Propiedades de los elementos para aceros aleados.



Existen muchos tipos de aceros inoxidables. Sin embargo, solamente los aceros inoxidables de la serie AISI 400 son adecuados para fabricar moldes de inyección. Esto se debe a que estos aceros tienen la cualidad de poderse endurecer. El acero inoxidable 420 es el más utilizado. Tiene aproximadamente 14% de cromo y puede obtener valores de dureza que oscilan entre 45 y 50 Rockwell C.

Los aceros comerciales con bajo contenido de carbono son fáciles de maquinar. Si el molde ha de fabricarse básicamente mediante procesos de maquinado este tipo de aceros se vuelve ideal.

Los aceros que se utilizan para fabricar machos y cavidades son usualmente los aceros para moldes AISI serie P. Entre los más utilizados están los aceros P1, P4 y P20. Estos aceros contienen diferentes porcentajes de carbono así como silicio, manganeso, molibdeno, cromo y vanadio. La calidad de los aceros P1 para cementación es ideal en todos los casos en que se requiera alta dureza superficial, alta tenacidad y, sobre todo, alta resistencia al desgaste. Los aceros AISI serie P se usan mucho en la fabricación de moldes para la industria de los plásticos. Otros aceros utilizados para fabricar machos y cavidades son los SAE 3312. Estos aceros son de baja aleación grado maquinaria y contienen 3.5% de níquel y 1.55% de cromo. Además de estos dos tipos, existen otros aceros empleados en la fabricación de machos y cavidades. Entre estos destacan los aceros herramienta AISI L6.

De cualquier forma, la consideración más importante al escoger un material es la seguridad de que éste resistirá las presiones del moldeo.

Existen moldes de inyección que se fabrican con materiales no ferrosos. Sin embargo, ninguno de estos materiales da tan buenos resultados como los aceros. Estos moldes se usan en aplicaciones de baja producción.

Después de este estudio de los materiales se tiene que llevar a cabo la selección definitiva de los materiales que se van a utilizar para fabricar el molde de las boyas. El ingeniero encargado de hacer esto debe tener en mente cuales son los requisitos específicos de cada uno de los 23 componentes. Al efectuar la selección, el ingeniero también debe considerar la disponibilidad de los aceros y el costo de los mismos.

En muchas ocasiones los talleres que fabrican moldes cuentan con un inventario de materiales, y aprovechan, hasta donde sea posible, el material disponible para fabricar sus moldes.

Los materiales seleccionados se indican a continuación:

Todas las placas del molde (componentes # 1-6) se deben fabricar con acero tratado TX-10-T. Este acero ya viene previamente endurecido. Por consiguiente, las placas no necesitan templarse después de ser maquinadas. Aunque el acero tratado tenga mayor dureza que los aceros no tratados, es posible maquinar piezas de este material con herramientas de corte comerciales. La ventaja de usar este material consiste en que se

logran evitar las deformaciones que ocurren en las piezas después de ser tratadas térmicamente. Es importante recordar que todas las placas deben tener caras perfectamente planas y paralelas a sí mismas para que asienten bien cuando esté cerrado el molde. Como no se necesitan tratamientos térmicos para este tipo de material, no se presentarán los problemas de deformación causados por dichos tratamientos. De esta forma, las placas quedarán totalmente terminadas una vez que se hayan rectificado. El acero tratado TX-10-T es el nombre comercial que se le da a un acero de grado maquinaria para usos especiales clasificado por el Instituto Americano del Hierro y el Acero como acero AISI 9840-T. Este acero ya viene previamente tratado y cuenta con valores de dureza que oscilan entre los 24 y 32 Rockwell C. Su composición química es la siguiente:

Carbono:	0.4%
Manganeso:	0.8%
Silicio:	0.28%
Cromo:	0.8%
Níquel:	1.0%
Molibdeno:	0.25%

Este acero es de excelente rendimiento y cuenta con la característica de tener gran resistencia a la fatiga. Las placas de los moldes que se fabrican con este material dan excelentes resultados. Este acero cuenta con la dureza necesaria que se requiere para las placas del molde.

Las cavidades, los machos, y sus respectivos corazones (componentes # 7-10), así como las arandelas (componente # 13), se fabrican con un acero especial llamado GNME. Este es el material que se recomienda para la elaboración de los componentes mencionados. Este material cuenta con las cualidades necesarias para que el molde funcione óptimamente. Es un material sumamente resistente. Es necesario endurecer las piezas fabricadas a valores que oscilan entre 50 y 55 Rockwell. Después de endurecer las piezas, es necesario rectificarlas. El acero GNME es un acero herramienta de baja aleación clasificado por el Instituto Americano del Hierro y el Acero como acero AISI L-6. Este acero es para usos miscelaneos. Su composición química es la siguiente:

Carbono:	0.55%
Manganeso:	0.6%
Silicio:	0.35%
Cromo:	1.1%
Níquel:	1.65%
Vanadio:	0.06%
Molibdeno:	0.6%

Este acero tiene aplicaciones en la industria del moldeo a presión y se utiliza frecuentemente para fabricar componentes de los moldes de inyección. Este acero alcanza niveles de dureza hasta de 62 Rockwell C. Entre muchas otras características, este acero cuenta con una elevada resistencia al impacto. Este acero obtiene buena dureza, lo que hace que sea adecuado en

aplicaciones de impacto. Este acero se temple en aceite a bajas temperaturas, lo que lo hace particularmente adecuado para temple en hornos sin atmósfera controlada. Las temperaturas del temple oscilan entre los 840 y los 880 ° C. Las temperaturas del revenido varían entre los 175 y los 500 ° C. Los niveles típicos de dureza de este material van desde 45 hasta 57 Rockwell C. Este material también se usa comúnmente para fabricar boquillas. Además este acero es de excelente rendimiento a los cambios de temperatura ya que su coeficiente de dilatación térmica es muy bajo. Este acero cuenta con alta tenacidad y alta resistencia a los cambios de temperatura. Este acero cuenta, además, con resistencia a altas presiones y al desgaste.

Las ocho anclas (componente # 12) que se necesitan se adquieren prefabricadas en una casa especializada. Por consiguiente, no es necesario escoger el material con que están hechas. Este material es similar al GNME y para propósitos prácticos, se puede decir que básicamente son lo mismo.

La boquilla, los expulsores y los tornillos "M" (componentes # 11, 14 y 23) también se fabrican con el acero GNME.

Los limitadores y los pernos gafa (componentes # 15-18) se fabrican con acero EX-17. Este acero es un acero de grado maquinaria para usos especiales clasificado por el Instituto Americano del Hierro y el Acero como acero AISI 4320. Su composición química es la siguiente:

Carbono:	0.17%
Manganeso:	0.5%
Silicio:	0.25%
Cromo:	1.6%
Níquel:	1.5%
Molibdeno:	0.3%

Este acero se usa especialmente para fabricar todo tipo de pernos. Este material se temple en aceite a temperaturas que van desde los 840 hasta los 870 ° C y tiene una dureza aproximada de 98 Rockwell B. La experiencia ha comprobado que los pernos fabricados con este material dan buenos resultados.

Los cuatro componentes restantes (# 19-22) se fabrican con el mismo acero tratado que se utiliza para las placas. Por encontrarse el material ya endurecido, estas piezas no se necesitan temprar.

De esta manera queda concluida la selección de los materiales que se necesitan para construir el molde de las boyas. En la siguiente sección se describen los diferentes procesos que se emplean para fabricar el molde.

#### 4.2 Descripción de los diferentes procesos de manufactura

La industria manufacturera de moldes se compone en gran parte de talleres que ofrecen servicios especializados. Estos talleres especializados se dedican a proveerle a sus clientes todos los servicios disponibles dentro de alguna rama específica

de la manufactura. La industria manufacturera de moldes cuenta con una amplia gama de máquinas herramienta. Cada año se desarrolla más y mejor equipo. Además, constantemente se están diseñando nuevos procesos de manufactura. Es por esto que son pocas las fábricas de moldes que se pueden dar el lujo de invertir en cada uno de los tipos de equipo necesarios para construir un molde.

Es importante mencionar que existen compañías que venden diversos componentes para moldes. Estos componentes ya vienen fabricados, y el diseñador puede escoger los más convenientes por medio de los catálogos de estas compañías. Por lo general, los catálogos contienen una selección muy amplia de componentes estandarizados que se producen en masa.

El proceso que más se utiliza para fabricar moldes de inyección es el proceso de desbastar. Actualmente existen muchos métodos distintos que se utilizan para desbastar. A estos métodos se les da el nombre de "operaciones de corte" o también se les conoce como "operaciones de maquinado".

Además de las operaciones de maquinado existen otros procesos que son sumamente útiles en la fabricación de moldes de inyección. Estos procesos se utilizan para fabricar piezas y componentes que no se pueden maquinar de una manera eficiente y económica. También se utilizan para obtener acabados y características específicas en los componentes fabricados. Es

decir, aunque la manera más común de fabricar moldes de inyección sea maquinándolos, los fabricantes de moldes también utilizan otros procesos de manufactura para la elaboración de sus productos.

Todos los procesos de manufactura influyen de alguna manera en el costo de fabricación del molde, y limitan los diseños ya que no sirve de nada diseñar piezas que no se puedan fabricar. Es por esto que el diseñador de moldes debe conocer los diferentes procesos de manufactura disponibles y considerarlos a la hora de elaborar algún diseño.

Los métodos principales mediante los que el metal se puede procesar para formar componentes de un molde se pueden dividir en cuatro categorías. Estas son:

- 1) Procesos de Corte. Conocidos también como procesos de maquinado, estos procesos desbastan la pieza mediante la utilización de una herramienta de corte. El taladro, la fresadora, el torno y la rectificadora, son algunas de las máquinas-herramienta que emplean esta técnica de manufactura. En todos los casos habrá una rebaba que puede ser de diversas formas.
- 2) Procesos de Deformación Plástica. Conocidos también como procesos de rechazado, estos procesos desplazan el material para darle la forma deseada. Dentro de esta categoría se encuentran, entre otros, los procesos de forjado y los de electro-erosión por penetración. En esta



categoría se incluyen los procesos que emplean fuerzas mecánicas, eléctricas o químicas, pero en los que no hay una herramienta de corte involucrada.

- 3) Procesos de Deposición. En estos procesos se deposita material sobre un modelo para darle la forma deseada. Estos procesos incluyen a la fundición, la soldadura, la electroformación y el cromado de piezas entre otros.
- 4) Otros Procesos. En esta categoría se encuentran los procesos de limpieza y acabado tales como el pulido.

Todos los procesos de manufactura se pueden clasificar en alguna de estas cuatro categorías. A continuación se describen algunos de los procesos más importantes que se utilizan para fabricar moldes de inyección.

En todos los procesos de maquinado se utiliza una herramienta de corte que puede ser de diversas formas. Las máquinas herramienta desbastan las piezas que se desean fabricar a una velocidad controlada y con una fuerza constante. Las piezas se van trabajando hasta que se obtienen las dimensiones requeridas. Este tipo de equipo se considera esencial para la construcción de todos los moldes. A continuación se dan ejemplos de algunas de las máquinas que forman parte de este equipo.

La sierra para cortar metal. Esta máquina se usa comúnmente para cortar pedazos burdos de material. Estos cortes son unos de los primeros pasos que se realizan durante el proceso de

manufactura.

El cepillo. Esta poderosa máquina se utiliza para cuadrar bloques de acero al tamaño deseado.

El torno. El torno es la máquina herramienta más común y más utilizada en la fabricación de moldes. Hay tornos de varios tamaños. Se utilizan para cortar, barrenar, hacer cuerdas internas y externas, rectificar, pulir, etc.

El taladro. Al taladro se le considera como la máquina más veloz y más económica que hay. El taladro se emplea comúnmente para barrenar los sistemas de enfriamiento de las placas de los moldes. Es una máquina muy útil que tiene muchas aplicaciones.

La rectificadora. Invariablemente las placas de acero se distorsionan cuando se endurecen. Esto hace necesario que las placas nuevamente se tengan que maquinar a sus dimensiones críticas. Las rectificadoras son las máquinas más adecuadas para maquinar aceros endurecidos. Hay rectificadoras cilíndricas y rectificadoras para superficies planas. Las rectificadoras vienen provistas de instrumentación que permite graduar la profundidad de corte. Esta profundidad puede ser de 1/200 de milímetro o en algunos casos hasta de 1/400 de mm.

La fresadora. La fresadora es sin duda la máquina más versátil de todas las máquinas herramienta. Hay fresadoras verticales, horizontales, universales y con cabeza móvil. Estas máquinas permiten la construcción de componentes sumamente complicados.

De entre los procesos de la segunda categoría destaca el proceso de la electro-erosión por penetración. En este proceso de desplazamiento se requiere de un modelo que sea eléctricamente conductivo al que se le da el nombre de electrodo. Como dicho electrodo no necesita ser fabricado con un metal muy duro, generalmente se fabrica de cobre. El principio del proceso de la electro-erosión aplicado a la manufactura de moldes es el siguiente: El claro que queda entre el electrodo y la pieza que se desea erosionar es bastante pequeño y uniforme. Conforme el electrodo avanza y penetra, las chispas que se generan actúan sobre la superficie expuesta al electrodo. Estas chispas son pequeñas pero sumamente intensas. La erosión ocurre tanto en la pieza que se quiere trabajar como en el electrodo; pero, debido a que el electrodo tiene polaridad negativa mientras que la pieza tiene polaridad positiva, el electrodo se erosiona de una cuarta parte a una décima parte de la velocidad con la que se erosiona la pieza. Por lo tanto, es usual que se fabriquen dos o más electrodos iguales para que la cavidad se conforme a las dimensiones precisas. Además, este proceso tiene la ventaja de permitir que se efectúe cualquier tratamiento térmico sobre la pieza antes de erosionarla. Esto elimina la distorsión que se presenta en las piezas después de ser tratadas térmicamente. El fluido dieléctrico debe circular en todo momento para quitar las partículas diminutas que se forman entre el electrodo y la pieza. Este proceso es lento si se le compara con los procesos de

maquinado. Sin embargo, en algunos casos, tales como huecos y ranuras angostas y profundas, este proceso tiene grandes ventajas. Cuando sea conveniente utilizar este proceso, primero se debe eliminar cuanto material sea posible mediante el uso de máquinas herramienta, para que luego solamente se tenga que erosionar lo que sea absolutamente necesario. Esto se debe a que el proceso, además de lento, es relativamente caro.

Otro proceso importante es el de la soldadura. Este proceso se utiliza extensivamente en la industria manufacturera de moldes. La aplicación principal de este proceso se encuentra en la reparación de componentes rotos o desgastados.

La secuencia de operaciones que se debe utilizar para fabricar un molde es la siguiente:

Primero se deben fabricar todas las placas que componen al molde. Luego se deben fabricar las cavidades y los machos. A continuación se deben fabricar los demás componentes. Estos incluyen a los botadores, a los pernos guía, etc. Todos los componentes se deben ir revisando conforme se van fabricando para verificar que sus dimensiones estén correctas. Después de fabricar todas las piezas, se determina cuáles de ellas requieren tratamientos térmicos. Una vez tratadas, las piezas se someten a los procesos necesarios de limpieza y acabado. Casi todos estos procesos son manuales. De entre los procesos de acabado más importantes destaca el pulido. El pulido es un proceso esencial que requiere de un alto grado de cuidado si se desea hacer un

trabajo óptimo. Esto se debe a que en muchos casos se requiere de un acabado "a espejo", lo cual hace que el proceso se vuelva sumamente tardado y tedioso.

Ya que se han efectuado todas estas operaciones se procede a ensamblar el molde. Una vez ensamblado, el molde se revisa minuciosamente. En esta revisión se debe comprobar que todo funcione adecuadamente. Es importante mencionar que el molde se debe poder abrir y cerrar sin dificultades.

Para fabricar las seis placas del molde de las boyas solamente se requiere de máquinas herramienta. Como el material ya viene endurecido, no se necesitan tratamientos térmicos adicionales.

En cambio, a los otros componentes tales como cavidades, machos, corazones, arandelas, pernos guía, bujes, expulsores, y la boquilla, se les necesita endurecer mediante un tratamiento térmico llamado temple. El temple se efectúa después de que las piezas se han fabricado en las máquinas herramienta. Una vez tratadas, las piezas se tienen que rectificar debido a que la distorsión causada por el endurecimiento altera las dimensiones de las mismas.

Además, tanto los machos como las cavidades se tienen que pulir para que las boyas tengan un acabado de alta calidad. Se necesita de un pulido a espejo para que la presentación de las boyas sea impecable.

#### 4.3 Cálculo del tiempo requerido para fabricar el molde

El tiempo requerido para fabricar el molde es uno de los cálculos más importantes que el diseñador debe efectuar. Este cálculo afecta de una manera directa a los costos del proyecto, y puede ser un factor decisivo en la determinación de la rentabilidad del proyecto.

No existe una fórmula exacta para determinar cuantas horas se requieren para fabricar un molde de inyección. El tiempo depende de varios factores importantes. El tipo de maquinaria con que se cuenta es uno de estos factores. Una maquinaria moderna y automatizada producirá moldes más rápidamente que una maquinaria obsoleta y desgastada. La eficiencia del proceso de manufactura utilizado varía de taller a taller, y la experiencia de cada mecánico aparatista, así como su habilidad para trabajar en las máquinas herramienta, también influyen en la determinación del tiempo requerido para fabricar el molde. Es por esto que se vuelve tan importante realizar un estudio de tiempos y movimientos para mejorar, hasta donde sea posible, los tiempos de manufactura. Los trabajadores con experiencia e iniciativa reducen considerablemente el tiempo de maquinado, por lo que conviene asegurarse de que existan incentivos que promuevan a que la realización de algún trabajo se haga rápidamente. Hay que considerar que no siempre se puede contar con todos los medios que se necesitan para fabricar un molde eficientemente. Hay que tomar en cuenta que a veces se pueden presentar contratiempos

imprevistos. Por consiguiente, conviene asegurarse en todo momento de que el personal esté capacitado para poder así, obtener resultados óptimos.

Una vez hechas estas aclaraciones pertinentes, se debe agregar que solamente una persona que cuente con muchos años de experiencia podrá determinar de una manera realista y acertada cual es el número de horas que se requieren para llevar a cabo la fabricación del molde de las boyas. Conviene enfatizar que este cálculo es únicamente una aproximación, y que muchos factores pueden alterar el número de horas estimado.

Después de consultar a un experto en la materia, se determinó que el molde de las boyas requiere de aproximadamente mil doscientas horas de tiempo de fabricación. A continuación se presenta el desglose del tiempo estimado por componente.

En primer lugar el diseño del molde toma un tiempo aproximado de 250 horas. Este tiempo abarca desde el momento en que se estudia el diseño de la pieza que se desea moldear, hasta la terminación del último dibujo del molde.

Luego se efectúa el cálculo del tiempo requerido para fabricar cada uno de los componentes. Estos tiempos se dan a continuación.

La placa # 1 se lleva 40 horas. Este total se obtiene de la siguiente suma:

Torno: 8 hrs.

Fresadora: 28 hrs.

Rectificadora: 4 hrs.

La placa # 2 se lleva 30 horas. Este total se obtiene de la siguiente suma:

Torno: 8 hrs.

Fresadora: 18 hrs.

Rectificadora: 4 hrs.

La placa # 3 se lleva 56 horas. Este total se obtiene de la siguiente suma:

Torno: 12 hrs.

Fresadora: 40 hrs.

Rectificadora: 4 hrs.

La placa # 4 se lleva 48 horas. Este total se obtiene de la siguiente suma:

Torno: 8 hrs.

Fresadora: 36 hrs.

Rectificadora: 4 hrs.



La placa # 5 se lleva 54 horas. Este total se obtiene de la siguiente suma:

Torno: 10 hrs.

Fresadora: 40 hrs.

Rectificadora: 4 hrs.

La placa # 6 se lleva 40 horas. Este total se obtiene de la siguiente suma:

Torno: 8 hrs.

Fresadora: 28 hrs.

Rectificadora: 4 hrs.

Las cuatro cavidades se llevan 136 horas. Este total se obtiene de la siguiente manera:

Torno y Fresadora: 22 hrs. por cavidad

Rectificadora y pulido: 12 hrs. por cavidad

Los cuatro machos se llevan 80 horas. Este total se obtiene de la siguiente manera:

Torno y Fresadora: 16 hrs. por macho

Rectificadora y pulido: 4 hrs. por macho

Los cuatro corazones de las cavidades se llevan 48 horas. Este total se obtiene de la siguiente manera:

Torno y Fresadora: 9 hrs. por corazón

Rectificadora y pulido: 3 hrs. por corazón

Los cuatro corazones de los machos se llevan 32 horas. Este total se obtiene de la siguiente manera:

Torno: 5 hrs. por corazón

Rectificadora y pulido: 3 hrs. por corazón

La boquilla se lleva 12 horas. Este total se obtiene de la siguiente suma:

Torno y Fresadora: 8 hrs.

Rectificadora: 4 hrs.

Las ocho anclas se compran prefabricadas. Únicamente es necesario acabarlas y rectificarlas. Esto se lleva 8 horas. (Una hora por cada ancla.)

Las cuatro arandelas se llevan 44 horas. Este total se obtiene de la siguiente manera:

Torno: 8 hrs. por arandela

Rectificadora: 3 hrs. por arandela

Los dos expulsores de colada se llevan 8 horas. Este total se obtiene de la siguiente manera:

Torno: 3 hrs. por expulsor

Rectificadora: 1 hr. por expulsor

El perno limitador "B" se lleva 10 horas. Este total se obtiene de la siguiente suma:

Torno: 7 hrs.

Fresadora: 1 hr.

Rectificadora: 2 hrs.

Los seis pernos gufa se llevan 24 horas. Este total se obtiene de la siguiente manera:

Torno: 2 hrs. por perno

Rectificadora: 2 hrs. por perno

Los dos tornillos limitadores se llevan 16 horas. Este total se obtiene de la siguiente manera:

Torno, Fresadora y Rectificadora: 8 hrs. por tornillo

Los cuatro tubos limitadores se llevan 12 horas. Este total se obtiene de la siguiente manera:

Torno: 3 hrs. por tubo

El arillo botador se lleva 5 horas. Este total se obtiene de la siguiente suma:

Torno: 2 hrs.

Fresadora: 2 hrs.

Rectificadora: 1 hr.

Las dos tuercas limitadoras se llevan 6 horas. Este total se obtiene de la siguiente manera:

Torno: 3 hrs. por tuerca

La rondana limitadora se lleva 1 hora en el torno.

Los cuatro tornillos "M" se llevan 16 horas. Este total se obtiene de la siguiente manera:

Torno, Fresadora y Rectificadora: 4 hrs. por tornillo.

Los 23 componentes del molde se llevan 726 horas. (La suma de los tiempos anteriores.) A este tiempo se le deben agregar 40 horas que se emplean en el ajuste de todas las piezas. Hay que revisar todos los mecanismos y verificar que todas las piezas cumplan con las especificaciones. Además, se debe sumar una hora adicional que es la que se emplea en ensamblar el molde.

Por consiguiente, el cálculo del tiempo requerido para diseñar y fabricar el molde queda como se indica a continuación:

Diseño del molde:	250 hrs.
Fabricación de todos los componentes:	726 hrs.
Ajuste del molde:	40 hrs.
Ensamble del molde:	1 hr.
Subtotal:	<u>1017 hrs.</u>

A esta cantidad se le aumenta el 20%. Esto se hace con el objeto de contar con un margen de seguridad que permita completar la construcción del molde dentro del tiempo estipulado aún cuando se presente algún problema o imprevisto. Por lo tanto:

$$1017 \text{ horas} + 20\% = 1220 \text{ horas.}$$

## CAPITULO 5

### COSTOS

En este capítulo se pretende mencionar cuales son los costos involucrados en el proyecto de fabricar el molde de las boyas. Indudablemente se podría elaborar un estudio profundo sobre este tema. Sin embargo, hacer un análisis completo de los costos sería, en sí mismo, motivo de otra tesis completa. Por consiguiente, el cálculo del costo del molde se presenta en forma de una cotización. Esta cotización abarca los factores económicos más importantes que influyen en el precio.

La cotización se realizó en base a los siguientes factores:

- Costos por mano de obra directa.
- Costos por materiales.
- Costos indirectos; impuestos.

Cada taller tiene su método para determinar cual es el costo de la mano de obra utilizada en algún proyecto específico. Algunos le ponen precio a cada hora-hombre. Otros utilizan las

horas-máquina. Esta cotización emplea el término hora-taller. Después de hacer un estudio exhaustivo se determinó el monto conveniente que se debe cobrar por cada hora-taller. Este monto debe ser a la vez rentable y competitivo. La hora-taller incluye tanto al costo de la maquinaria como al de la mano de obra. A su vez, la hora taller también incluye a los costos indirectos tales como todos los gastos de operación. Cada hora-taller vale \$45,000.00. Como en este precio vienen incluidos todos los gastos menos el del material, resulta más sencillo elaborar la cotización.

Costos por materiales. La gran parte del costo de los materiales se utiliza en adquirir los aceros que se necesitan para fabricar los componentes. Sin embargo, se debe recordar que existen otros materiales necesarios para fabricar el molde. Estos materiales incluyen a la grasa que se necesita para lubricar el molde, a los empaques de goma necesarios para que no hayan fugas de agua, a las mangueras del sistema de refrigeración, a los niples, a todos los tornillos, a los resortes y a las anclas. Normalmente el costo de los materiales es un porcentaje preestablecido del costo total de las horas-taller empleadas (30%). En el capítulo cuatro se determinó que las horas-taller empleadas eran 1220. Además, debido a que en algunos talleres no se cuenta con los hornos y el equipo necesario para hacer los tratamientos térmicos, el precio de todos estos tratamientos se incluye en los costos por materiales.

Los costos indirectos ya vienen incluidos en el monto que se cobra por cada hora-taller. Estos costos incluyen servicios como luz, agua y teléfono, rentas, medios de transporte, materiales y herramientas, etc. Sin embargo, la cotización necesita incluir forzosamente el 15% del impuesto al valor agregado (I.V.A.).

Todos los precios se dan en pesos mexicanos M.N. y están vigentes desde enero de 1989 hasta el mes de julio en que se vence el pacto (PECE).

La cotización es la siguiente:

MOLDE AUTOMATICO DE CUATRO CAVIDADES  
CON PLACA FLOTANTE PARA FABRICAR BOYAS.

Horas empleadas:	1220
Hora-taller:	\$45,000.00
Total mano de obra:	\$54,900,000.00
Materiales:	\$16,470,000.00
Subtotal:	\$71,370,000.00
15% I.V.A.:	\$10,705,500.00
Costo Total:	\$82,075,500.00

Es importante notar que este último es el precio al cual se vende el molde. Las utilidades obtenidas andan por el orden del 25%. Por consiguiente, al Costo Total se le debe restar este porcentaje para poder obtener el Costo Real del molde. El Costo

Real es de:

$$\$82,075,500.00 - 25\% = \$61,556,625.00$$

Como se puede apreciar, los moldes de inyección son caros, por lo que se deben tratar con sumo cuidado y precaución.



## CAPITULO 6

### RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

En este capítulo se establecen algunos de los procedimientos y cuidados que se deben tener con el molde. También se presentan las conclusiones a las que se llegaron al final de este trabajo.

Los moldes de inyección son mucho más delicados de lo que parecen. Además son sumamente costosos. Es por esto que se deben manejar con cuidado. A continuación se enlistan algunas de las precauciones que se necesitan durante el manejo:

- Nunca se deben utilizar barras y herramientas de acero para trabajar en un molde de inyección. Para abrir y cerrar el molde únicamente se deben usar bronces o aluminios y mazos de hule.
- Es muy importante limpiar todo el molde perfectamente. Para hacer esto es necesario emplear trapos y no estopa. Además, nunca se debe guardar un molde sin antes haberlo lubricado con grasa. Los moldes siempre deben estar muy bien

lubricados, ya que de lo contrario se pueden oxidar y hasta romper.

- Cuando el molde se termine de utilizar, se debe guardar en un lugar seguro. El molde debe estar bien lubricado, cerrado y fuera de peligro. El molde se debe clasificar en el archivo de la bodega donde se almacene. Además, se deben tener a la mano todos los planos y dibujos del molde. Conviene tener, además, una muestra del producto que fabrica el molde.
- Por último se recomienda fabricar refacciones y componentes adicionales que pudieran llegar a usarse si el molde llegara a averiarse. Es importante contar con un inventario de las piezas que tienen mayor índice de probabilidad de romperse. Las anclas y algunos tornillos deben formar parte de dicho inventario.

El objetivo primordial de este trabajo fue el de ofrecer una solución que permitiera producir boyas nacionales. El molde de inyección diseñado es la solución que se buscaba. Este molde tiene la capacidad de producir un gran número de boyas de calidad equiparable a la de las boyas de procedencia extranjera.

El molde se diseñó en base a los siguientes factores:

- 1) Como se requería de un molde económico se optó por un molde de colada fría.

- 2) Tomando en consideración que los moldes se deben diseñar de tal manera que los costos de limpieza y acabado se reduzcan al mínimo, se optó por un molde del tipo de tres placas. Este tipo de molde permite que las boyas fabricadas ya salgan del molde desprendidas de la colada.
- 3) La duración de cada ciclo de moldeo es de 35 segundos. Es necesario verificar que la temperatura del agua que circula a través del sistema de enfriamiento se mantenga dentro del rango especificado. Solo así se podrán obtener tiempos de moldeo óptimos.
- 4) Dada la geometría de las piezas, fue necesario utilizar un molde con placa flotante.
- 5) Por tratarse de un molde totalmente automático, los costos de fabricación se pueden reducir considerablemente.

Existen diversos métodos que se pueden emplear para ensamblar las boyas fabricadas. Dentro de estos métodos destacan los siguientes tres:

1. Mediante fricción.

2. Mediante el uso de un pegamento compatible con el AES. Es necesario que dicho pegamento resista al agua salada del mar.

3. Mediante ultrasonido.

Lo importante es recordar que las boyas deben sellar herméticamente. Por ningún motivo se les debe meter agua. Se estima que los mejores resultados se obtendrían empleando el método de ultrasonido.

En conclusión, se puede ver que todos los objetivos citados al inicio de esta tesis se llevaron a cabo con éxito. Además, respecto al diseño elaborado, se puede constatar que su funcionamiento cumple hasta con los requerimientos más exigentes de una manera eficaz.

Tras la realización de este trabajo, se observa con precisión cuales son los parámetros y la estrategia necesarios para el diseño de un molde de inyección.

## BIBLIOGRAFIA

1. Anderson, J. / Durston, B. H. / Poole, M.  
REDACCION DE TESIS Y TRABAJOS ESCOLARES  
Editorial Diana  
México, 1972
2. Anderson, James / Tatro, Earl E.  
TEORIA DEL TALLER  
Editorial Gustavo Gili, S. A.  
España, 1983
3. ANNUAL BOOK OF ASTM STANDARDS  
Part 35 PLASTICS General Test Methods  
U.S.A., 1981
4. Baumeister, Theodore / Avallone, Eugene A.  
MARKS. MANUAL DEL INGENIERO MECANICO  
Editorial McGraw-Hill  
México, 1982
5. Casillas, A. L.  
MAQUINAS. CALCULOS DE TALLER  
Ediciones Máquinas  
España, 1984
6. DuBois, J. H. / John, F. W.  
PLASTICS  
Reinhold Publishing Corporation  
U.S.A., 1981

7. DuBois, J. H. / Pribble, W. I.  
PLASTICS MOLD ENGINEERING  
Reinhold Publishing Corporation  
U.S.A., 1965
8. French, Thomas E. / Svensen, Carl L.  
DIBUJO TECNICO  
Editorial Gustavo Gili, S. A.  
España, 1986
9. Jensen, C. H.  
DISEÑO Y DISEÑO DE INGENIERIA  
Editorial McGraw-Hill  
México, 1982
10. MAQUINAS HERRAMIENTA  
Area Metalmecánica  
Editorial Gustavo Gili, S. A.  
España, 1972
11. Menges, G. / Mohren, G.  
MOLDES PARA INYECCION DE PLASTICOS  
Editorial Gustavo Gili, S. A.  
España, 1980
12. MODERN PLASTICS ENCYCLOPEDIA  
McGraw-Hill, Inc.  
U.S.A., 1982
13. Society of Plastics Industry  
MOLDEO POR INYECCION  
Impreso por la Sociedad de la Industria de los Plásticos  
México, 1975
14. Streeter, V. L. / Wylie, E. D.  
MECANICA DE LOS FLUIDOS  
Editorial McGraw-Hill  
México, 1979
15. Acero Solar S. A.  
CATALOGO GENERAL  
México, 1980

## ANEXOS

## INDICE DE TABLAS

	pág.
2.1 Rango de las propiedades de los diferentes tipos de ABS disponibles.....	18
2.2 Clasificación por densidades de los diferentes polietilenos existentes.....	28
2.3 Propiedades de los materiales considerados.....	37
4.1 Propiedades de los elementos para aceros aleados.....	108



## INDICE DE FIGURAS

pág.

2.1	Curva esfuerzo/deformación del ABS de alto impacto.....	19
2.2	Diseño de la boya.....	51
2.3	Dimensiones de la boya.....	52
3.1	Elementos de un molde de inyección.....	57
3.2	Secciones transversales típicas de la colada.....	60
3.3	Ensamble del molde.....	66
3.4	Placa # 1.....	67
3.5	Placa # 2.....	68
3.6	Placa # 3.....	69
3.7	Placa # 4.....	70
3.8	Placa # 5.....	71
3.9	Placa # 6.....	72
3.10	Cavidad larga.....	73
3.11	Cavidad corta.....	74
3.12	Macho largo.....	75
3.13	Macho corto.....	76
3.14	Corazón de cavidad larga.....	77
3.15	Corazón de cavidad corta.....	78
3.16	Corazón de macho largo.....	79
3.17	Corazón de macho corto.....	80
3.18	Boquilla.....	81
3.19	Ancla.....	82
3.20	Arandela larga.....	83

3.21 Arandela corta.....	84
3.22 Expulsor de colada.....	85
3.23 Perno limitador "B".....	86
3.24 Perno gufa "A".....	87
3.25 Perno gufa "O".....	88
3.26 Tornillo limitador "C".....	89
3.27 Tubo limitador "M".....	90
3.28 Arillo botador "M".....	91
3.29 Rondana limitadora "B".....	92
3.30 Tuerca limitadora "C".....	93
3.31 Tornillo "M".....	94