

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA



**ANALISIS TÉCNICO FINANCIERO DE LA INVERSION EN
MOLDES PARA LA FABRICACION DE ARTICULOS
ELABORADOS EN MATERIALES TERMOPLASTICOS**

TESIS

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA

POR

ERWIN LEONEL STUARDO PEREDA MARROQUIN

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MAYO DE 1,996

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

R
08
T(3830)
L.2

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la Ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a vuestra consideración mi trabajo de tesis titulado:

**ANALISIS TÉCNICO FINANCIERO DE LA INVERSION EN
MOLDES PARA FABRICACION DE ARTICULOS ELABORADOS
EN MATERIALES TERMOPLASTICOS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial


Erwin Leonel Stuardo Pereda Marroquín

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA DE GUATEMALA
Biblioteca Central

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	ING. JULIO ISMAEL GONZALEZ PODSZUECK
VOCAL 1o.	ING. MIGUEL ANGEL SANCHEZ GUERRA
VOCAL 2o.	ING. JACK DOUGLAS IBARRA SOLORZANO
VOCAL 3o.	ING. JUAN ADOLFO ECHEVERRIA MENDEZ
VOCAL 4o.	BR. FERNANDO WALDEMAR DE LEON CONTRERAS
VOCAL 5o.	BR. PEDRO IGNACIO ESCALANTE PASTOR
SECRETARIO	ING. FRANCISCO JAVIER GONZALES LOPEZ

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	ING. JULIO ISMAEL GONZALEZ PODSZUECK
EXAMINADOR	ING. CARLOS TELLEZ
EXAMINADOR	ING. SERGIO PERDOMO
EXAMINADOR	ING. HUGO BUESO
SECRETARIO	ING. FRANCISCO JAVIER GONZALES LOPEZ

Guatemala, 15 de mayo de 1,996

Ing. Francisco Gómez
Coordinador del Area administrativa,
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial,
Facultad de Ingeniería,
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Estimado Ingeniero Gomez.

Por este medio me permito informarle que he asesorado el trabajo de tesis titulado **ANALISIS TÉCNICO FINANCIERO DE LA INVERSION EN MOLDES PARA LA FABRICACION DE ARTICULOS ELABORADOS EN MATERIALES TERMOPLASTICOS**, desarrollado por el estudiante **ERWIN LEONEL STUARDO PEREDA MARROQUIN**, carnet No.87-11765, previo a optar al título de Ingeniero Industrial.

Con base en la revisión y corrección de dicho trabajo de tesis, considero que ha alcanzado los objetivos propuestos, por lo tanto, recomiendo su aprobación.

Atentamente,

RTB-11.9

Ing. Héctor Rolando Baldizón Gonzalez
Ingeniero Asesor
Colegiado No. 299

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central



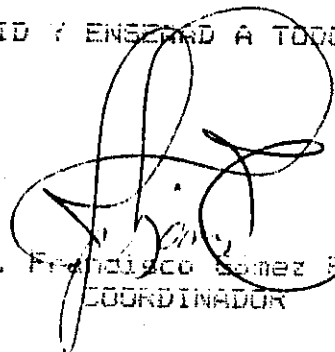
FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Coordinador del Area Administrativa de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, al contenido y la presentación del trabajo de tesis titulado ANALISIS TECNICO FINANCIERO DE LA INVERSION EN MOLDES PARA LA FABRICACION DE ARTICULOS ELABORADOS EN MATERIALES TERMOPLASTICOS, presentada por el estudiante universitario Erwin Leonel Stuardo Pereda Marroquin, recomienda la aprobación del presente trabajo.

ID Y ENSEÑAR A TODOS



Ing. Francisco Gomez Rivera
COORDINADOR

Guatemala, junio de 1, 1996.

/ends

Lic. MA Cayetano Ramiro de León Rodas
Director Consultor Col. No. 345

Ing. Julio Ismael Gonzalez Podszueck,
Decano de la Facultad de Ingeniería,
Ciudad Universitaria, Zona 12.

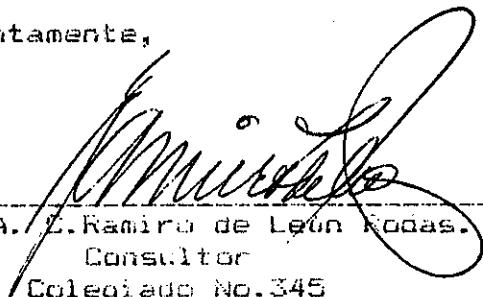
Señor Decano.

Tengo el honor de saludarlo y, al mismo tiempo,
informarle que en mi calidad de especialista en formalidades
lingüísticas, he revisado: sintaxis, morfología, semántica,
ortografía, metalingüística y otros aspectos. Respeté las
correcciones de los señores asesores, en cuanto a lo técnico
de la especialidad, con el fin de asegurar el contexto de la
tesis de

Erwin Leonel Stuardo Pereda Marroquin

Recibí el original para supervisar las correcciones
realizadas en la copia que, también, debe presentar el
estudiante en mención.

Atentamente,


Lic. M.A. L. Ramiro de León Rodas.
Consultor
Colegiado No. 345





FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Coordinador General de Tesis de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y del Licenciado en Letras, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, así como el contenido y la presentación del trabajo de tesis titulado **ANALISIS TECNICO FINANCIERO DE LA INVERSION EN MOLDES PARA LA FABRICACION DE ARTICULOS ELABORADOS EN MATERIALES TERMOPLASTICOS**, presentada por el estudiante universitario Erwin Leonel Stuardo Pereda Marroquín, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Sergio Torres Méndez
COORDINADOR GENERAL DE TESIS
INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL

Guatemala, septiembre de 1,996

emds



FACULTAD DE INGENIERIA

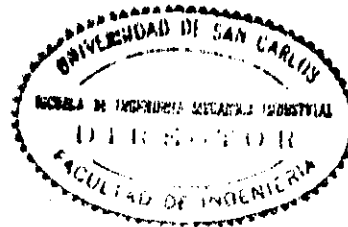
Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Coordinador de Área y el Licenciado en Letras, al trabajo de tesis titulado **ANALISIS TECNICO FINANCIERO DE LA INVERSION EN MOLDES PARA LA FABRICACION DE ARTICULOS ELABORADOS EN MATERIALES TERMOPLASTICOS**, presentada por el estudiante universitario Erwin Leonel Stuardo Pereda Marroquín, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Jorge Peláez Castellanos
DIRECTOR
INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL



Guatemala, octubre de 1,996.

emds




FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de tesis titulado **ANALISIS TECNICO FINANCIERO DE LA INVERSION EN MOLDES PARA LA FABRICACION DE ARTICULOS ELABORADOS EN MATERIALES TERMOPLASTICOS**, presentada por el estudiante universitario Erwin Leonel Stuardo Pereda Marroquín procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:


Ing. Julio Ismael González Podszueck
DECANO



Guatemala, octubre de 1,996.

emds

ACTO QUE DEDICO

A:

- DIOS nuestro Señor.

- mi Madre,

T.S. Aura Leticia Marroquín Vanegas
Por todo su esfuerzo, mi logro es el tuyo
también.

- mi Padre,

Cnel. Erwin Leonel Pereda Mayén

- mis Abuelos,

Rogelio Salomón Marroquín Illescas (Q.E.P.D)
María Luisa Vanegas De Marroquín (Q.E.P.D)

- mi novia,

Lidia del Rosario Aquino Guzmán
Por su apoyo incondicional

- mi beba,

Karen Johana Pereda Aquino (Q.E.P.D)

- todo el personal de Fábrica Guateplast S.A.
que participó en la culminación de este documento

- mis Amigos y Compañeros.

- la Facultad de ingeniería.

- la Universidad de San Carlos de Guatemala.

AGRADECIMIENTOS ESPECIALES

Al Ingeniero CARLOS FLORES de SIMEE S.A MUY ESPECIALMENTE, gracias por su paciencia y tiempo dedicado en el logro de este trabajo de tesis.

Al Ingeniero MAURICIO SANDOVAL BORRAYO, gracias por tu paciencia para asesorarme en el proceso de aprobación de este documento.

Sinceramente,

DEDICATORIA ESPECIAL

A la memoria de mi beba **KAREN JOHANA PEREDA AQUINO**, quien durante su corta vida, me hizo comprender la razón de la vida y a, quien Dios, nuestro señor, llamó a formar parte de los angeles del cielo.

UNIVERSIDAD DE LA INTEGRIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

INDICE

GLOSARIO.....	i
OBJETIVOS.....	iii
INTRODUCCIÓN.....	iv

* CAPÍTULO 1

" MATERIALES TERMOPLÁSTICOS "

1.1 DEFINICIÓN.....	1
1.1.1 Forma de suministro.....	1
1.1.2 Exigencias respecto del material.....	2
1.1.3 Selección de materiales.....	3
1.2 CLASIFICACIÓN Y CONDICIONES DE TRABAJO USUALES EN LA PRÁCTICA	
1.2.1 Poliestireno.....	3
1.2.1.1 Alto impacto.....	3
1.2.1.2 Transparente (cristal).....	4
1.2.2 Polipropileno.....	4
1.2.3 Polietileno alta densidad.....	4
1.2.4 Polietileno baja densidad.....	5
1.3 ADITIVOS PARA TRABAJO CON TERMOPLÁSTICOS	
1.3.1 Pigmentos o colorantes.....	5
1.3.2 Estabilizantes.....	6
1.3.3 Agentes Antiestáticos.....	6
1.3.4 Lubricantes.....	6
1.3.5 Agentes de Relleno.....	6
1.4 PROPIEDADES QUÍMICAS, FÍSICAS Y MECÁNICAS.....	6
1.5 COMPORTAMIENTO.....	7
1.5.1 Factores que influyen en el proceso de moldeo	
1.5.1.1 Temperaturas.....	8
1.5.1.2 Presiones.....	9
1.5.1.3 Velocidad.....	10
1.5.1.4 Tiempo (Ciclo).....	11
1.5.2 Contracciones - Definición y valores.....	12
1.6 UTILIDADES DE LOS TERMOPLÁSTICOS.....	13
1.6.1 Utilidades del poliestireno alto impacto.....	13
1.6.2 Utilidades del poliestireno cristal.....	13
1.6.3 Utilidades del polietileno alta densidad.....	13
1.6.4 Utilidades del polietileno baja densidad.....	13
1.6.5 Utilidades del polipropileno.....	14
1.7 PROBLEMAS AL TRABAJAR CON MATERIALES TERMOPLÁSTICOS..	14
1.7.1 Problemas del poliestireno alto impacto.....	14
1.7.2 Problemas del poliestireno Cristal.....	15
1.7.3 Problemas del polietileno Alta densidad.....	17
1.7.4 Problemas del polietileno Baja densidad.....	18

1.7.5 Problemas del polipropileno.....	19
--	----

*** CAPÍTULO 2**

"MOLDES DE INYECCIÓN"

2.1 QUÉ ES MOLDEO POR INYECCIÓN?.....	21
2.1.1 Definición.....	21
2.1.2 Qué es un molde de inyección.....	22
2.2 PRINCIPIOS DE OPERACION.....	22
2.3 PARÁMETROS DE MOLDEO (Regulación).....	22
2.4 CONSTRUCCIÓN	
2.4.1 Principios para diseño y construcción.....	24
2.4.2 Configuración adecuada de las piezas inyectadas	25
2.4.3 Materiales para construcción.....	27
2.4.4 Tipos de moldes.....	30
2.4.4.1 Moldes simples.....	30
2.4.4.2 Moldes múltiples.....	31
2.4.5 Componentes.....	32
2.4.5.1 Sistema de llenado o colada.....	33
2.4.5.2 Sistema de enfriamiento.....	37
2.4.5.3 Sistema de expulsión.....	38
2.4.5.4 Sistema de seguridad.....	40
2.5 ESTUDIO DE CAMPO DURANTE LA CONSTRUCCION DE UN MOLDE DE INYECCION (pasos que se siguen).....	40

*** CAPÍTULO 3**

**"INVERSIÓN VRS. RECUPERACIÓN
UN CASO PRÁCTICO"**

3.1 FACTORES QUE INTERVIENEN.....	47
3.1.1 Estudio de mercado (idea).....	47
3.1.2 Características del producto	
3.1.2.1 Diseño del producto.....	48
3.1.2.2 Peso.....	50
3.1.2.3 Tamaño del molde.....	51
3.1.2.4 Volumen (cantidad) anual requerido.....	52
3.1.3 Elección de materia prima a utilizar.....	53
3.1.3.1 Opciones de material.....	54
3.1.4 Ciclo estimado de trabajo/Producción estimada..	54
3.2 ELEMENTOS DE COSTO.....	55
3.2.1 Costos fijos.....	55
3.2.1.1 Costo de fabricación por tipo de molde.	55
3.2.1.2 Costo por materia prima.....	58
3.2.1.3 Costo por hora de máquina utilizada....	59

3.2.2 Costos variables (ciclo de trabajo).....	60
3.2.3 Costo por utilización de máquina (cálculo).....	62
3.3 ACUMULACIÓN DE COSTOS.....	63
3.4 ANÁLISIS DE PRECIOS	64
3.5 PUNTO DE EQUILIBRIO	67
3.5.1 Análisis del punto de equilibrio.....	67
* CONCLUSIONES.....	vi
* RECOMENDACIONES.....	viii
* BIBLIOGRAFÍA.....	ix
* ANEXOS.....	x

GLOSARIO

Abertura de molde: la máxima distancia necesaria para lograr la perfecta expulsión de la pieza ya terminada al extraerla del molde.

Abertura de máquina: la máxima distancia que se puede lograr entre las platinas de la máquina, la que determina la posibilidad de colocación de un molde en la misma.

Austenitizado: calentamiento de un acero o hierro fundido a una temperatura donde puede formarse austenita homogénea. El austenitizado es el primer paso de los tratamientos térmicos para los aceros y hierros fundidos.

Capacidad de inyección: la máxima cantidad de material calculada que puede inyectarse en un golpe del tornillo de plastificación.

Cierre de máquina: la mínima distancia que se puede lograr entre las platinas de la máquina.

C.I.F. : Cost, Insurance, Freight, (costo, seguro, flete), el costo que tiene un producto puesto en bodegas guatemaltecas.

Contracción: el encogimiento que sufre el producto durante su fabricación, la cual depende de la temperatura del material, temperatura del molde y grosor del producto.

Contrapresión: la presión que genera el tornillo en su etapa de carga de material.

Costos directos: se refiere a los costos que se pueden identificar con el producto. Tales como mano de obra directa, materia prima

Costos fijos: son aquellos que no varían con los cambios en el volumen dentro de una escala de volumen determinada. Sin embargo, los costos fijos por unidad sí cambian con la variación en el nivel de producción.

Costos Totales: todos los costos agregados en un producto específico.

F.O.B. : Free On Board el costo de un producto en el extranjero al cual se le debe agregar alrededor del 25 % de gastos de envío por seguro y flete.

Parte fija: la mitad del molde, en la que se encuentran las cavidades hembra y en la cual se encuentra el bebedero, que es la parte por donde ingresa el material

Parte móvil: la mitad del molde, en la que se encuentran las cavidades macho y en la que se localiza el sistema expulsor o extractor del molde.

Polímeros por condensación: cadenas de polímeros constituidas por una reacción química entre dos o más moléculas, produciendo un producto secundario.

Platina: cada una de las 2 partes de una máquina de inyección donde se sujetan las mitades de un molde de inyección.

Platina fija: la platina en la que se coloca la mitad hembra del molde de inyección o, sea, por donde entrará el material proveniente del cilindro de plastificación

Platina móvil: la platina en la que se coloca la mitad macho del molde de inyección, como su nombre lo indica es la que se mantiene en constante movimiento durante cada ciclo de inyección,

Presión de inyección: la máxima presión teórica que requiere el material, para ser transferido del cilindro de plastificación, pasando por el punto de inyección, al molde expresado en toneladas (asumiendo que no existe pérdida de presión por fricción),

Presión de sostenimiento: el valor mínimo de presión que se requiere para mantener el tornillo de plastificación en su lugar mientras se lleva a cabo la solidificación del material en el molde.

Recocido: tratamiento térmico para producir una perlita blanda y gruesa en un acero mediante austenitizado y después enfriamiento en horno.

Sobremedida: la cantidad de metal que sugieren los fabricantes que se debe quitar de una pieza de material, para eliminar las impurezas de fundición del metal.

Temperatura de degradación: temperatura por encima de la cual se quema, arde o se descompone un polímero

Velocidad de inyección: la máxima rapidez longitudinal que puede lograr una máquina de inyección para transferir el material derretido, del cilindro de plastificación al molde.

OBJETIVOS

General.

* Proporcionar al estudiante y profesional de la carrera de ingeniería, un documento que abra las puertas al amplio campo de la industria plástica.

Específicos.

- a.- Que cualquier persona, individual o colectiva, se informe de los pasos a seguir al invertir en moldes para inyección.
- b.- Que al desear invertir en moldes de inyección, se pueda determinar, fácilmente, los costos en los cuales se incurrirá.
- c.- Establecer una forma óptima de trabajo para la correcta fabricación de cualquier producto elaborado en materiales termoplásticos
- d.- Determinar si la inversión en moldes de inyección para fabricación de artículos en materiales termoplásticos cumple con las condiciones de factibilidad

INTRODUCCIÓN

Considerando que las personas en general buscan su desarrollo con base en inversiones factibles que presenten un alto grado de productividad y el campo de la fabricación de artículos plásticos es uno de los más versátiles y rentables, entre la industria nacional, para el logro de tal fin. La industria del plástico es una de las más antiguas en Guatemala, se tienen datos históricos que fábricas guatemaltecas iniciaron operaciones hace ya 52 años y sus primeras máquinas, moldes y materiales, fueron considerados en su época de lo más eficiente para tal fin.

Con el transcurrir del tiempo, los moldes, las máquinas y los materiales han sufrido cambios; significa que se ha logrado el aumento de la productividad, es decir, mayor cantidad de productos con los mismos recursos o, lo que es igual, una mayor producción a un costo menor; esto ha provocado que la industria plástica se haya convertido en una de las de mayor competencia en el mercado nacional y, por que no decirlo, en el mercado mundial.

Máquinas más eficientes, moldes mejor elaborados y materiales con mayor índice de fluidez, han contribuido a que las empresas dedicadas a este ramo sean mucho más rentables que hasta hace pocos años. La parte que se estudiará en este trabajo se relaciona, principalmente, con los moldes para inyección, cómo

se construyen, cómo es su funcionamiento y, principalmente, su costo, que hace de esta inversión una de las más factibles y con mayor posibilidad de recuperación.

Un molde para inyección de artículos fabricados en materiales termoplásticos debe ser diseñado pensando en el tipo de producto del cual se trata, el volumen anual requerido, el material a utilizar, el peso aproximado, el número de cavidades y, también, la máquina que se destinará para su producción. Al momento de tener esta decisión, que es uno de los pasos más importantes y más difíciles de tomar, se deben considerar varios aspectos importantes en la construcción del molde que influye en la eficiencia del proceso tales como:

- * material para su fabricación,
- * sistema de enfriamiento,
- * sistemas de expulsión,
- * sistemas de llenado o colada,
- * sistema de seguridad.

Cada uno de éstos se describe ampliamente en el presente trabajo.

El Ingeniero Industrial debe, como tal, contribuir a efectuar el estudio necesario para lograr que una inversión realizada en moldes para inyección de artículos fabricados en materiales termoplásticos, sea rentable para la industria y por qué no decirlo, para cualquier persona individual que realice una inversión de este tipo.

CAPITULO 1

MATERIALES TERMOPLASTICOS

1.1 DEFINICIÓN

Los termoplásticos son materiales con una estructura molecular lineal (obtenida por procesos de polimerización o policondensación) que durante el moldeo en caliente no sufren ninguna modificación química.

La acción del calor causa que estas resinas se fundan, solidificándose rápidamente por enfriamiento en el aire o al contacto con las paredes del molde. Dentro de ciertos límites, el ciclo de fusión \leftrightarrow solidificación puede repetirse; sin embargo, debe tenerse en cuenta que el calentamiento repetido puede dar como resultado la degradación del material.

En cuanto a su comportamiento en la fabricación, los distintos tipos de material muestran diferencias, no puede esperarse que todos los materiales se comporten de la misma forma, pero para que su uso en la fabricación sea rentable se exige que cumpla con los siguientes requerimientos.

1.1.1 FORMA DE SUMINISTRO

Los materiales termoplásticos llegan en general al mercado en forma de granza, polvo o gránulos (pellets) en sacos de 50 lbs. y en tarimas de 40 sacos (2000 lbs. - 1 ton.). La forma y tamaño de los diversos granos es distinta según el tipo de material. La forma de suministro de los gránulos viene determinada, en primer lugar, por las propiedades de elaboración, pero, puede ser influida también por consideraciones técnicas de producción de los fabricantes. Bajo el, aspecto de buenas características para la elaboración, está, en primer lugar el requerimiento de una forma de suministro completamente pura, la forma y tamaño de los granos tienen que estar ajustados, para que garanticen una disgregación termoplástica óptima, teniendo en cuenta los diversos métodos de plastificación propios del proceso. Es deseable aquí que la forma y tamaño de los granos, sea lo más constante posible y mantenga una relación que limite al mínimo los espacios vacíos en el volumen aparente de caída. Finalmente, los gránulos tienen que estar limpiamente cortados, sin presentar rebabas en las superficies de corte, que pueda conducir a la formación de puentes en las tolvas de las máquinas de elaboración, interrumpiendo, así, el flujo.

La superficie de los gránulos debe ser tal, que limite a un mínimo soportable la absorción de humedad, incluso, tras largo almacenaje. Una fuerte absorción de agua produce un desarrollo de vapor en el curso de la disgregación del material,

en el cilindro de plastificación de la máquina, influyendo con ello en los resultados de producción. Con muchos materiales sólo pueden conseguirse piezas útiles, tras un intensivo secado previo de los gránulos. La temperatura y tiempo de secado son variables y dependen del tipo de producción y de la clase de material empleado.

1.1.2 EXIGENCIAS RESPECTO DEL MATERIAL

EL material tiene que disgregarse, con ayuda de los dispositivos de uso general y a temperatura situada dentro de la zona realizable en una fusión plástica homogénea, que garantice el llenado uniforme de las cavidades del molde. La masa de inyección tiene que comportarse de forma muy estable, respecto de las influencias térmicas y no presentar síntomas de descomposición química de ningún tipo, durante el proceso de elaboración. Tales fenómenos pueden presentarse en forma diversa, siendo los más frecuentes los debidos a un excesivo esfuerzo térmico del material.

Si la masa de inyección es sometida a temperaturas excesivas dentro del cilindro calefactor o, debido a una avería en el curso de la producción, se dilata excesivamente el tiempo de permanencia del material en el cilindro a temperatura normal, se muestran en los plásticos de reducida estabilidad térmica los fenómenos de descomposición, conocidos en la práctica como quemado. Estos síntomas se manifiestan en la pieza inyectada, en forma de <<marcas>> o, bien, modifican completamente el color de la pieza, impidiendo su posible utilización. En los tipos de materiales transparentes o claros se evidencian con mayor claridad estos fenómenos. Otras formas de insuficiente estabilidad térmica del material, se manifiestan en la separación de componentes químicos que tienen, a menudo, carácter agresivo y atacan el cilindro y el molde. Pueden formarse también vapores nocivos, que hacen una elaboración problemática por su mal olor o por irritación de las vías respiratorias o la piel del personal operativo.

Muchas veces se agregan ingredientes a los materiales de inyección, para modificar su color o mejorar sus propiedades de resistencia, como colorantes, plastificantes, dispersantes, para intensificar la adhesión del pigmento de colorantes, lubricantes y similares. Como es natural, hay que exigir a todos estos aditivos la misma estabilidad térmica que al plástico (este tema se tratará con más detalle, posteriormente).

Las piezas inyectadas tienen que presentar una óptima exactitud de medidas y forma, de lo que resulta la exigencia de que el material experimente una contracción relativamente uniforme y lo más baja posible. Si la contracción sobrepasa la magnitud admisible, no es posible fabricar piezas de alta calidad. El tema de la contracción de los termoplásticos y sus respectivos valores se establecerán también en un tema posterior en este mismo capítulo.

1.1.3 SELECCION DE MATERIALES

La selección de materiales se determina por el tipo de producción que se va a realizar, se deben elegir tomando en cuenta sus propiedades de viscosidad, densidad, estado de suministro y presentación, además de su temperatura de fusión y presiones de inyección.

Las zonas de temperatura para cada tipo de material vienen notablemente determinadas por la unidad de plastificación de la máquina utilizada, así como por la construcción del molde. Es recomendable utilizar el valor mínimo al iniciar la producción y aumentarlo lentamente hasta obtener piezas perfectas y de alta calidad de elaboración.

La presión de inyección necesaria es determinada, en gran parte por la viscosidad del material: los termoplásticos muy viscosos exigen en general el máximo potencial de presión para el llenado del molde. También la velocidad de inyección queda influida por la viscosidad; sin embargo podrá ajustarse teniendo en cuenta la geometría de los caminos de flujo de cada tipo de molde.

La temperatura del molde depende, en primer lugar, de la sección de las piezas a inyectar. Para piezas sencillas con pequeña sección, se elegirá una temperatura de molde más baja, que para piezas más gruesas con caminos de flujo correspondientemente más largos.

No corresponde al objetivo de este trabajo considerar en detalle la amplia gama de materiales termoplásticos, que se encuentran en el mercado y sus particularidades técnicas de elaboración. Se incluirá aquí algunos de estos materiales, que son los más utilizados dentro de la industria termoplástica guatemalteca.

1.2 CLASIFICACIÓN

1.2.1 POLIESTIRENO

1.2.1.a Alto impacto

Presentación del material en el mercado.
Gránulos cilíndricos en colores opacos

Propiedades generales del producto acabado.
Alta rigidez, buenas propiedades dieléctricas.
Resistente al choque, duro y tenaz. Poca tendencia a la corrosión por tensiones, (por lo que es apropiado para inserción de piezas) insípido e inodoro.

Condiciones de Trabajo	
Peso específico:	1.040 - 1.100 g/cm ³
Temperatura de Fusión:	292 - 346°F
Contracción por moldeo:	0.3 - 0.6 %
Contracción posterior de moldeo:	0.1 - 0.2 %
Presión de inyección:	800 - 1200 bar
Presión de sostenimiento:	400 - 600 bar
Contrapresión:	80 - 120 bar

1.2.1.b Transparente (Cristal)

Presentación del material en el mercado.
Gránulos transparentes y uniformes (forma cilíndrica, prismática o esférica).

Propiedades generales del producto acabado.
Estabilidad de forma al calor especialmente alta, estabilidad de dimensiones y frente a la humedad, buenas propiedades dieléctricas. Reducida tendencia a formación de grietas. Insípido e inodoro

Condiciones de Trabajo	
Peso específico:	1.050 - 1.100 g/cm ³
Temperatura de Fusión:	292 - 346°F
Contracción por moldeo:	0.3 - 0.6 %
Contracción posterior de moldeo:	0.1 - 0.2 %
Presión de inyección:	800 - 1200 bar
Presión de sostenimiento:	400 - 600 bar
Contrapresión:	80 - 120 bar

1.2.2 POLIPROPILENO

Presentación del material en el mercado:
gránulos opacos, incolora, transparente y oscura

Propiedades generales del producto acabado.
Elevada estabilidad de forma al calor, resistencia a la tracción y al choque, rigidez. Buena dureza superficial, sin tendencia a la corrosión por tensiones.

Condiciones de Trabajo	
Peso específico:	0.900 g/cm ³
Temperatura de Fusión:	355°F
Contracción por moldeo:	1.0 - 2.5 %
Contracción posterior de moldeo:	0.5 - 1.0 %
Presión de inyección:	800 - 1200 bar
Presión de sostenimiento:	400 - 600 bar
Contrapresión:	80 - 120 bar

1.2.3 POLIETILENO ALTA DENSIDAD

Presentación del material en el mercado.

Gránulos uniformes. Incoloro opaco y en todas las tonalidades transparentes y opacas. Tacto semejante a la cera.

Propiedades generales del producto acabado

Alta rigidez, estabilidad a la temperatura y estabilidad de forma, buena dureza superficial, destacadas propiedades dieléctricas. Insípido e inodoro, resistencia a la ebullición y esterilizable.

Condiciones de Trabajo

Peso específico:	0.950 - 0.965 g/cm ³
Temperatura de Fusión:	292°F
Contracción por moldeo:	1.5 - 4.0 %
Contracción posterior de moldeo:	0.6 - 1.2 %
Presión de inyección:	800 - 1200 bar
Presión de sostenimiento:	400 - 600 bar
Contrapresión:	80 - 120 bar

1.2.4 POLIETILENO BAJA DENSIDAD

Presentación del material en el mercado.

Gránulos uniformes. Incoloro opaco y en todas las tonalidades transparentes y opacas. Tacto semejante a la cera.

Propiedades generales del producto acabado.

Alta flexibilidad, buena resistencia térmica; baja dureza superficial, muy buenas propiedades dieléctricas. Insípido e inodoro.

Condiciones de Trabajo

Peso específico:	0.918 - 0.930 g/cm ³
Temperatura de Fusión:	256°F
Contracción por moldeo:	1.0 - 3.0 %
Contracción posterior de moldeo:	0.6 - 1.2 %
Presión de inyección:	500 - 1000 bar
Presión de sostenimiento:	250 - 500 bar
Contrapresión:	50 - 100 bar

1.3 ADITIVOS PARA TRABAJO CON TERMOPLÁSTICOS

A la mayoría de los termoplásticos se le pueden agregar aditivos, los cuales imparten características especiales al material.

1.3.1 PIGMENTOS O COLORANTES. Estos son utilizados para producir colores. Además, deben resistir las temperaturas y las presiones durante el procesamiento del termoplástico, deben ser compatibles con éste y estables.

1.3.2 ESTABILIZANTES. Los estabilizantes impiden el deterioro del termoplástico provocado por el medio ambiente, evitan también el deterioro ocasionado por la radiación ultravioleta. Los antioxidantes se añaden al polietileno y al poliestireno.

1.3.3 AGENTES ANTIESTATICOS. La mayoría de los termoplásticos, debido a que son malos conductores eléctricos, generan electricidad estática. Los agentes antiestáticos atraen mayor humedad del aire hacia la superficie del termoplástico, mejorando la conductividad superficial del polímero y reduciendo la posibilidad de una chispa o descarga eléctrica.

1.3.4 LUBRICANTES. Los lubricantes como la cera, reducen la viscosidad del plástico y mejoran las características de conformabilidad o procesabilidad.

1.3.5 RELLENOS. Los materiales de relleno o rellenos se añaden con muchos fines. Quizá el ejemplo mejor conocido es el de la adición de negro de humo al caucho o hule, lo que mejora la resistencia a la carga y al desgaste en los neumáticos. Algunos rellenos, como las libras cortas o las hojuelas de los materiales inorgánicos, mejoran las propiedades mecánicas del termoplástico. Otros, llamados extensores, permiten que se produzca un gran volumen de material polimérico, con relativamente poca resina. El carbonato de calcio, la sílice y la arcilla son extensores usados con frecuencia.

1.4 PROPIEDADES QUIMICAS, FISICAS Y MECANICAS DE LOS TERMOPLASTICOS

Aunque, ciertamente, en el pasado, los materiales termoplásticos han sido utilizados como sustitutos de los materiales tradicionales metálicos y aislantes con resultados no siempre positivos, hay que reconocer que la actual difusión y el empleo ahora ya generalizado, han contribuido a un mejor conocimiento y una mejor aplicación.

Cuando en alguna aplicación los materiales plásticos deben sustituir a los metales, el vidrio o la cerámica, debe considerarse en el proyecto de la nueva pieza moldeada, la notable diferencia de resistencia a las cargas mecánicas y térmicas, así como el comportamiento en servicio entre el material plástico seleccionado y el material usado anteriormente.

Las propiedades de un material termoplástico dependen en primer lugar, de las características químico-físicas de la resina base y de los aditivos usados para mejorar o modificar alguna propiedad de dicha resina. Otra característica ligada a la naturaleza química de los materiales termoplásticos, es su tendencia a absorber agua, ya sea del ambiente o por inmersión directa. En general, los materiales termoplásticos deben ser moldeados o inyectados con un mínimo de humedad, para evitar la formación de vapor de agua durante el proceso. Las piezas

moldeadas salen de los moldes completamente deshidratadas, pero tienden a absorber lentamente humedad del ambiente. Consecuentemente las piezas moldeadas que han absorbido agua en mayor o menor cantidad varían sus dimensiones, su resistencia mecánica y sus características aislantes.

Las características físico-mecánicas de los termoplásticos se determinan mediante pruebas de ensayo en los laboratorios de las compañías productoras.

Los usuarios de materiales termoplásticos que llevarán a cabo la transformación en serie para hacer partes, podrán de esta manera disponer de materiales comprobados y de calidad uniforme, por lo tanto será siempre necesario ajustar el ciclo de moldeo con mucho cuidado (temperaturas, presiones, velocidades y tiempos) para obtener piezas moldeadas con buenas características y tolerancias dimensionales cerradas.

No está por demás repetir, que el conocimiento de las características y el comportamiento de los materiales termoplásticos en sus diversas condiciones de uso (esfuerzos mecánicos, temperaturas de trabajo, influencia de los factores ambientales, presencia de sustancias químicas, etc.) son el requisito previo para una buena selección del material adecuado y la correcta dimensión en las piezas moldeadas.

1.5 COMPORTAMIENTO

Una primera selección debe hacerse entre los materiales termoplásticos, que como es notorio, presentan características y comportamientos diversos de acuerdo con el trabajo mecánico, térmico y eléctrico y a la acción de agentes externos que pueden afectar la eficiencia y la duración del material plástico preseleccionado (agentes químicos, humedad del ambiente, temperatura de servicio, etc.). Aquí, deberán también considerarse aspectos técnico-económicos, sobre la mayor o menor facilidad de transformación, unido con la adopción de un material termoplástico, (duración del ciclo de moldeo, necesidad de trabajo secundario, etc.).

Deberá también ser valorada, la disponibilidad de máquinas capaces de producir económicamente, la cantidad de piezas requeridas así como el método de transformación adoptado, (inyección, transferencia, compresión, soplado). También la construcción de los moldes necesarios, está obviamente ligada a esta elección.

El siguiente paso compromete al diseñador, a tener en consideración las características físicas y mecánicas, de uno o más materiales termoplásticos, que pudieran ser adecuados para la producción de una determinada pieza moldeada.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

Las publicaciones técnicas que los fabricantes de materiales plásticos proveen, con tablas y diagramas con las características y el comportamiento de los materiales bajo diversas condiciones de empleo, constituyen la indispensable documentación para el técnico diseñador, el transformador del material plástico y también el fabricante de moldes.

En esta fase inicial de trabajo del diseño de partes moldeadas en material plástico, resulta evidente la necesidad de ajustarse a la "regla de oro" de la colaboración. En esencia el proyectista o diseñador de piezas moldeadas, debe trabajar unido con el moldeador y con el fabricante de moldes.

1.5.1 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL PROCESO DE MOLDEO

1.5.1.1 Temperaturas: en los diversos procedimientos de moldeo, las variaciones de la temperatura de fusión o de plastificación juegan un papel diferente según se trate de material termoplástico o algún otro.

En la parte anterior se dijo que para los termoplásticos, la viscosidad es constante si la temperatura también es constante.

Las variaciones de temperatura del material fundido se traducen en variaciones de viscosidad. Por esta razón es posible facilitar el llenado de un molde complejo, reduciendo la viscosidad del polímero con un pequeño aumento de temperatura en el cilindro de plastificación o en el molde.

La fusión de los materiales termoplásticos, se realiza gradualmente en el cilindro de plastificación, bajo condiciones controladas. Al calentamiento externo proporcionado por el cilindro de plastificación, se suma el calor generado por la fricción del husillo que gira y mezcla el material. La forma del husillo (tornillo) la variación de su velocidad de rotación y de los valores de la contrapresión (que actúa sobre el husillo durante la plastificación) producen variaciones de la cantidad de calor generado por fricción dentro del cilindro.

El control de la temperatura en las diferentes zonas del cilindro de plastificación, se realiza mediante termopares insertados en diversos puntos a lo largo de la trayectoria del material, desde la tolva hasta la boquilla. Los termopares están conectados a instrumentos de control automáticos, que mantienen la temperatura de cada zona en un nivel prefijado. Sin embargo, la temperatura real de la masa fundida que está por ser inyectada en el molde, puede ser diferente a la registrada por los termopares ya sea del cilindro o en la boquilla. Por tal motivo es aconsejable medir directamente la temperatura del material, haciendo salir un poco del mismo material por la boquilla sobre una placa aislante y ahí mismo hacer la medición con la sonda de pirómetro o de un termómetro de respuesta instantánea.

Las lecturas frecuentes, son la mejor manera de controlar las variaciones entre la temperatura leída en los instrumentos y la temperatura real de la masa fundida apenas salida de la boquilla.

Las variaciones de temperatura en el molde, pueden producir piezas con calidad variable y dimensiones diferentes. Cada separación de la temperatura de régimen, se traduce en un enfriamiento más veloz o más lento de la masa fundida inyectada en la cavidad del molde.

Si la temperatura del molde se baja, la pieza moldeada se enfría más rápidamente y esto puede crear una marcada orientación en la estructura, elevadas tensiones internas, propiedades mecánicas y aspecto superficial de mala calidad.

En el moldeo de termoplásticos, el molde se mantiene a una temperatura inferior, respecto a la del termoplástico fundido que se inyectará en la cavidad. La masa fundida al hacer contacto con las paredes del molde, cede a éste su calor y se solidifica. Por lo tanto, el molde debe disipar en cada ciclo el calor, cediéndolo al líquido de enfriamiento (o de condicionamiento) que se hace circular por los conductos dispuestos para asegurar el intercambio térmico.

1.5.1.2 Presiones: es sabido que el sistema hidráulico de una máquina de inyección de materiales plásticos, debe proveer fluido a diversos niveles de presión y flujo para garantizar el correcto funcionamiento de ella.

Durante el ciclo de moldeo intervienen diversos valores de presión, en tiempos sucesivos. La intensidad y duración de cada presión influyen en diferente medida sobre las características físico - mecánicas y la contracción de las piezas moldeadas.

La presión de inyección se puede definir, como la presión requerida para vencer la resistencia que el material fundido produce a lo largo de su trayectoria, desde el cilindro de plastificación hasta el molde. La resistencia que se opone al flujo del material depende:

- de la brusca reducción de sección correspondiente a la boquilla, los canales de alimentación y de las entradas al molde;

- de la longitud de la trayectoria y la geometría más o menos complicada de la cavidad que debe producir la pieza moldeada.

La presión de inyección (o primera presión) corresponde a la fase de llenado del molde y su valor; está determinado, como ya se explicó, por la suma de la resistencia que se opone al flujo del material inyectado en el molde. Cuando se alcanza la

máxima presión de inyección, ésta se cambia a valores más bajos y es llamada presión de sostenimiento o pospresión (segunda presión). Y su objetivo es el de mantener bajo presión el material fundido que se solidifica y se contrae en la cavidad del molde.

Para compensar la contracción, se introduce un poco más de material fundido en el molde, hasta completar el llenado. Así se obtienen piezas moldeadas más compactas y se reduce la contracción.

Si se considera que los termoplásticos en estado fundido son líquidos compresibles, se podrá comprender que la presión de sostenimiento determina el grado de contracción de la pieza moldeada solidificada "bajo presión". Los valores de contracción disminuyen en la medida que la presión aumenta, pero, surge enseguida la dificultad para extraer la pieza que se deforma al no separarse de las paredes del molde, con facilidad.

Durante la plastificación, el material fundido se acumula entre el espacio de la punta del husillo y la boquilla. El material plastificado es llevado hacia adelante en tanto que el husillo, girando, va hacia atrás. La contrapresión sobre el husillo que gira, tiene la función de impedir el retorno de material, mejorando la acción de la mezcla del material. Al mismo tiempo, aumenta el calor generado por la fricción, al grado de correr el riesgo de "sobrecalentar" los materiales plásticos sensibles al calor.

Para tener bajo control los efectos de la contrapresión, es necesario verificar que la temperatura del cilindro de plastificación (o más exactamente la temperatura del plástico fundido) no supere los límites preestablecidos para evitar la degradación térmica del material. Para reducir la cantidad de calor generado por la fricción, se puede bajar tanto el valor de la contrapresión como la velocidad del husillo (rpm).

Los valores típicos para las presiones y temperaturas de moldeo en los materiales termoplásticos que se describen en este trabajo y que fueron definidas en el inciso 1.2. son valores que se pueden usar, cuando por primera vez se trabaja una máquina o un molde. Las condiciones finales serán ajustadas con base en las primeras pruebas realizadas.

1.5.1.3 Velocidad: cuando se habla de velocidad de inyección se hace referencia al avance o carrera axial del husillo en la fase de inyección. La velocidad y el tiempo de inyección están obviamente, ligadas porque varían en razón inversa; en las máquinas modernas se puede seleccionar en forma directa los valores de la velocidad de inyección, en tanto que en otras máquinas se determina por el tiempo de inyección, en segundos (o tiempo de desplazamiento del husillo).

En general, las velocidades de inyección elevadas facilitan el llenado de moldes con recorrido de flujo largo, sobre todo cuando se moldean piezas de paredes delgadas. En otras palabras, cuando la inyección se realiza en un tiempo breve, se alcanza a llenar el molde antes de que se empiece a solidificar el puerto de entrada y, por lo tanto, se interrumpa el flujo. Las altas velocidades de inyección disminuyen, también, las caídas de presión (o pérdidas de carga) que se presentan cerca de los puertos de entrada a la cavidad del molde. Un límite para la velocidad de inyección puede ser la sensibilidad de algunos plásticos al calor, que inyectadas velozmente a través de secciones restringidas de la boquilla o del puerto de entrada, presentan estriados (quemaduras) debido al sobrecalentamiento.

La velocidad de rotación del husillo y el correspondiente par motriz aplicado por el motor hidráulico, determinan la capacidad de plastificación de la máquina, pero, puede influir también la uniformidad de la temperatura del material fundido contenido en el cilindro.

El aumento de la velocidad de rotación (rpm) del husillo (y por lo tanto su velocidad periférica) hace incrementar la cantidad de calor generado por la fricción.

Los efectos positivos de este aumento de temperatura fueron ya vistos y se pueden resumir aquí:

- piezas moldeadas más compactas (completas)
- superficies mejores de las piezas moldeadas
- mejores líneas de unión (mejor fusión de las líneas de flujo)
- ausencia de partículas no fundidas en la pieza moldeada

En general, los valores de velocidad de rotación están expresados en RPM sin hacer referencia al diámetro del husillo. En la actualidad se toma en cuenta la velocidad lineal (periférica del husillo) porque está en función del diámetro y del número de revoluciones por minuto.

1.5.1.4 Tiempo (Ciclo): el tiempo de enfriamiento para piezas moldeadas con materiales termoplásticos, que deben solidificar en el molde antes de ser extraídas, condiciona la duración del ciclo de moldeo y, por lo tanto, la productividad de una máquina.

Pero el cálculo exacto del tiempo de enfriamiento es más o menos complejo, debido a que se trata de un intercambio de calor que depende de muchas variables:

- la temperatura del material fundido,
- la temperatura de solidificación del material,
- la temperatura del molde,
- el espesor de la pieza moldeada.

En los incisos anteriores se ha mencionado que los valores más o menos altos de presiones de inyección y de sostenimiento, contribuyen a reducir la contracción y a mantener dentro de límites cerrados la variación dimensional de las piezas moldeadas. Sin embargo, los tiempos de aplicación de estas presiones deben ser reguladas en forma diferente:

- la inyección debe hacerse, preferiblemente, en un tiempo corto (o sea a alta velocidad)
- la presión de sostenimiento debe ser mantenida por largo tiempo

El método más simple para determinar el tiempo correcto de la presión de sostenimiento, sin una prolongación inútil, está basado en el control del peso de las primeras piezas inyectadas al inicio de la producción.

1.5.2 CONTRACCIONES -> DEFINICION Y VALORES

La contracción en materiales termoplásticos es el valor porcentual que reduce cada material en función del grosor, temperatura y presión con que se elaboró la pieza.

El conocimiento de los fenómenos de contracción en el moldeo y la contracción posterior al moldeo, permite prever con relativa aproximación las variaciones dimensionales de las piezas moldeadas con un determinado material plástico durante la contracción inicial que ocurre en la cavidad del molde (paso del material fundido al estado sólido). Después del moldeo, las piezas pueden sufrir todavía una sucesiva contracción (contracción posterior al moldeo) debido al alivio de esfuerzos internos.

Para los termoplásticos con estructura parcialmente cristalina (polietileno, polipropileno, etc..) se verifican contracciones de moldeo del 1% al 4% . Es claro que la contracción por moldeo no sólo depende de la propiedad intrínseca del material plástico sino que, además, existen otras variables:

- forma y espesor del producto moldeado,
- tipo de molde,
- proceso de moldeo,
- sección del puerto de inyección y de los canales de alimentación,
- variaciones de temperatura, presiones, velocidad y tiempo de moldeo (ciclo).

En esta gran variedad de factores que tienen mayor o menor influencia, el fabricante de moldes debe tener el acierto de prever con buena aproximación la contracción por moldeo de una determinada pieza, evitando grandes errores de estimación que se traducen en costosas reparaciones al molde.

Los problemas de la contracción son complicados por el hecho de que una determinada pieza moldeada, jamás tiene una contracción porcentual uniforme, ya que presenta valores diferentes si es medido en la dirección del flujo o en el sentido transversal a éste.

Los valores correspondientes de contracción para cada material termoplástico, que se describen en este documento se detallan en el inciso 1.2..

1.6 UTILIDADES DE LOS TERMOPLASTICOS

A continuación se detallan algunas de las utilidades de los termoplásticos, tomando en cuenta que son tan amplias las aplicaciones que es imposible detallarlas todas.

1.6.1 UTILIDADES DEL POLIESTIRENO ALTO IMPACTO

Ejemplos de aplicación.

Cajas de teléfono, unidades portátiles de radio y televisión, puertas y piezas para neveras. cajas de instalaciones, interruptores, cubiertos, vasos, juguetes, embalajes, envases para pastillas químicas, azafates y portacubiertos.

1.6.2 UTILIDADES DEL POLIESTIRENO TRANSPARENTE (cristal)

Ejemplos de aplicación.

Objetos de uso sometidos a esfuerzos térmicos (vajillas, tazas y cubiertos), artículos electrotécnicos, artículos de moda, exhibidores para golosinas.

1.6.3 UTILIDADES DEL POLIETILENO ALTA DENSIDAD

Ejemplos de aplicación.

Utensilios domésticos; juguetes; recipientes de transporte; piezas para alta frecuencia, aparatos médicos, artículos técnicos, cajas, envases para muestras de laboratorio.

1.6.4 UTILIDADES DEL POLIETILENO BAJA DENSIDAD

Ejemplos de aplicación.

Recipientes domésticos (fuentes, cubos y similares), juguetes, flores artificiales, recipientes de embalaje, frascos flexibles, aparatos médicos, piezas de alta frecuencia, tapas de envases o tazones.

1.6.5 UTILIDADES DEL POLIPROPILENO

Ejemplos de aplicación.

Recipientes y objetos de uso (cubos, fuentes, barreños, bidones, frascos), juguetes, artículos para mecánica fina y aparatos eléctricos, cascos protectores, tacones para zapatos de señora

1.7 PROBLEMAS AL TRABAJAR CON MATERIALES TERMOPLASTICOS Y SUS POSIBLES CAUSAS

1.7.1 PROBLEMAS CON EL POLIESTIRENO ALTO IMPACTO

Problema: las piezas presentan rechupes.

Posible causa:

- dosificación insuficiente,
- tiempo de compresión muy corto,
- material sobrecalentado,
- poca sección de flujo,
- ciclo de trabajo irregular.

Problema: las piezas presentan marcas blancas.

Posible causa:

- los canales de llenado no son los adecuados,
- el material está húmedo,
- el molde esta muy frío.

Problema: las piezas tienen burbujas.

Posible causa:

- presión de inyección muy baja,
- tiempo de compresión muy corto,
- dosificación insuficiente,
- tipo de llenado desfavorable,
- material húmedo,
- temperatura irregular del molde,
- el aire del molde no se escapa con suficiente rapidez.

Problema: las piezas tienen una fuerte unión de flujo.

Posible causa:

- material muy frío,
- distancia entre el punto de entrada y punto de unión de
- flujo es muy grande,
- molde demasiado frío,
- presión de inyección insuficiente,
- velocidad de inyección muy baja.

Problema: las piezas se deforman.

Posible causa:

- ciclo muy corto,
- material muy caliente,
- molde muy caliente,
- sistema de refrigeración no funciona.

Problema: las piezas tienen fuertes rebabas.

Posible causa:

- dosificación excesiva,
- temperatura excesiva,
- presión de inyección muy alta,
- el cierre del molde no es adecuado,
- presión de prensa insuficiente.

Problema: el molde no se llena por completo.

Posible causa:

- el material está muy frío,
- la capacidad de llenado de la máquina no es suficiente,
- el molde está muy frío,
- presión de inyección muy baja,
- no tiene salidas de aire,
- velocidad de inyección muy baja,
- el orificio de la boquilla es muy reducido o está bloqueado (tapado).

1.7.2 PROBLEMAS CON EL POLIESTIRENO TRANSPARENTE (CRISTAL)

Problema: las piezas presentan rechupes.

Posible Causa:

- dosificación insuficiente,
- tiempo de compresión muy corto,
- material sobrecalentado,
- sistema de llenado no adecuado o con poca sección de flujo,
- ciclo de trabajo irregular.

Problema: las piezas presentan bandas plateadas.

Posible causa:

- temperatura de elaboración muy alta,
- se superó la capacidad de plastificación,
- el material está húmedo,
- el molde está muy frío,
- velocidad de inyección muy baja.

Problema: las piezas tienen burbujas internas.

Posible causa:

- presión de inyección muy baja,
- tiempo de compresión muy corto,
- dosificación insuficiente,
- tipo de llenado desfavorable,
- material húmedo,
- temperatura irregular del molde,
- el aire del molde no se escapa con suficiente rapidez.

Problema: las piezas tienen una fuerte unión de flujo.

Posible causa:

- material muy frío,
- distancia entre el punto de entrada y punto de unión de flujo es muy grande,
- molde demasiado frío,
- presión de inyección insuficiente,
- velocidad de inyección muy baja.

Problema: las piezas se deforman.

Posible causa:

- ciclo muy corto,
- material muy caliente,
- vías de llenado desfavorables,
- molde muy caliente.

Problema: las piezas tienen fuertes rebabas.

Posible causa:

- dosificación excesiva,
- temperatura excesiva,
- presión de inyección muy alta,
- el cierre del molde no es adecuado,
- presión de prensa insuficiente.

Problema: el molde no se llena por completo.

Posible causa:

- el material esta muy frío,
- la capacidad de llenado de la máquina no es suficiente,
- el molde esta muy frío,
- presión de inyección muy baja,
- no tiene salidas de aire,
- velocidad de inyección muy baja,
- el punto de inyección es muy reducido.

1.7.3 PROBLEMAS CON EL POLIETILENO ALTA DENSIDAD

Problema: el molde no se llena por completo.

Posible causa:

- la presión de inyección es muy baja,
- la capacidad de la maquina no es suficiente,
- temperatura de plastificación muy baja,
- molde muy frío,
- orificio de la boquilla muy pequeño,
- cantidad de material insuficiente.

Problema: las piezas se deforman.

Posible causa:

- ciclo muy corto,
- molde muy caliente,
- temperatura de elaboración muy caliente,
- sección insuficiente de llenado.

Problema: las líneas de flujo quedan muy marcadas.

Posible causa:

- temperatura de elaboración insuficiente,
- molde muy frío,
- presión de inyección muy baja,
- material húmedo.

Problema: las piezas son frágiles y se rompen.

Posible causa:

- temperatura de elaboración insuficiente,
- material contaminado,
- porcentaje de material reprocesado muy alto,
- el molde no tiene la temperatura necesaria.

Problema: se marcan los expulsores en las piezas.

Posible causa:

- temperatura del material muy alta (caliente),
- ciclo muy corto,
- molde muy caliente,
- pieza muy delgada.

1.7.4 PROBLEMAS CON EL POLIETILENO BAJA DENSIDAD

Problema: el molde no se llena por completo.

Posible causa:

- la presión de inyección es muy baja,
- la capacidad de la máquina no es suficiente,
- temperatura de plastificación muy baja,
- molde muy frío,
- orificio de la boquilla muy pequeño,
- cantidad de material insuficiente.

Problema: las piezas se deforman.

Posible causa:

- ciclo muy corto,
- molde muy caliente,
- temperatura de elaboración muy caliente,
- sección insuficiente de llenado.

Problema: las líneas de flujo quedan muy marcadas.

Posible causa:

- temperatura de elaboración insuficiente,
- molde muy frío,
- presión de inyección muy baja,
- material húmedo,
- índice de flujo de material, muy bajo (melt index).

Problema: las piezas son frágiles y se rompen.

Posible causa:

- temperatura de elaboración insuficiente,
- material contaminado,
- porcentaje de material reprocesado muy alto,
- el molde no tiene la temperatura necesaria.

Problema: se marcan los expulsores en las piezas.

Posible causa:

- temperatura del material muy alta (caliente),
- ciclo muy corto,
- molde muy caliente,
- pieza muy delgada,
- sistema de expulsión deficiente.

1.7.5 PROBLEMAS CON EL POLIPROPILENO

Este material presenta casi las mismas propiedades que el polietileno de baja densidad, pero pueden presentarse otras causas de defectos.

Problema: el molde no se llena por completo.

Posible causa:

- la capacidad de la máquina no es suficiente,
- presión de inyección muy baja,
- temperatura muy baja,
- molde muy frío,
- ciclo de trabajo muy corto,
- dosificación insuficiente,
- el orificio de la boquilla es muy reducido.

Problema: las piezas presentan deformación.

Posible causa:

- temperatura de elaboración muy alta,
- temperatura del molde muy alta,
- el diseño de la pieza no es adecuado,
- ciclo muy corto,
- molde muy frío,
- canales de distribución muy largos,
- sección de la pieza muy gruesa,
- sistema de extracción no es apropiado.

Problema: superficie defectuosa, líneas de flujo claramente marcadas.

Posible causa:

- material muy frío,
- sección muy pequeña en los canales de corte,
- presión de inyección muy baja,
- insuficiente ventilación del molde,
- llenado del molde demasiado rápido.

Problema: la resistencia de las piezas es insuficiente.

Posible causa:

- se supera la capacidad de la máquina,
- el cañón de la máquina no calienta,
- ciclo de trabajo irregular,
- el material está húmedo,
- canales de distribución irregulares.

Problema: las piezas presentan rebabas.
Posible causa:

- presión de prensa insuficiente,
- temperatura muy alta,
- material con índice alto de fluidez para ese producto,
- demasiada presión de inyección,
- desajuste de las piezas del molde.

Problema: las piezas no llenan y se queman.
Posible causa:

- demasiada presión de inyección alta,
- baja presión insuficiente,
- temperatura muy alta,
- el molde no cuenta con salidas de aire.

CAPITULO 2

MOLDES DE INYECCION

2.1 QUÉ ES MOLDEO POR INYECCIÓN?

2.1.1 DEFINICIÓN

En esencia, el moldeo por inyección es un proceso cíclico que requiere que un material termoplástico sólido sufra dos cambios, <fundido y solidificado> pero, resumido en los siguientes pasos:

- > calentamiento y fundido del material a procesar,
- > mezclado y homogenizado del material en forma fluida,
- > inyección a alta presión del material fundido dentro de la cavidad del molde,
- > enfriado y solidificado del material fundido en la cavidad del molde,
- > expulsión o extracción de la pieza terminada.

Las principales ventajas del moldeo de inyección son:

- > el ahorro de material,
- > espacio de fabricación y
- > tiempo de producción.

Pese a los costos de instalaciones, molde y producción, el proceso ofrece considerables ventajas económicas, a partir de series superiores a mil piezas.

El proceso ofrece entre otras cosas:

- > máxima exactitud de forma y dimensiones de las piezas inyectadas,
- > superficie limpia y lisa de las piezas inyectadas,
- > buenas propiedades de resistencia a pesar de espesores de pared finos, con una configuración de las piezas adecuadas al proceso y al material,
- > múltiples posibilidades en cuanto a un tratamiento posterior de las superficies,
- > producción rápida de gran cantidad de piezas en moldes duraderos con una o varias cavidades; esto permite plazos de entrega relativamente cortos y una capacidad de almacenaje reducida,
- > gran aprovechamiento del material empleado; en muchos casos puede efectuarse el molido de las coladas, además de las piezas defectuosas, directamente junto a la máquina de producción, mezclando de nuevo el material molido con el granulado fresco o virgen.

2.1.2 ¿QUÉ ES UN MOLDE DE INYECCIÓN?

La definición más sencilla de un molde de inyección o para explicarlo fácilmente: es una colección de placas de acero y otros componentes ensamblados adecuadamente, que es capaz de producir las piezas requeridas para un material termoplástico dado.

Al construir un molde, se debe emplear una buena calidad de material, construirlo con un diseño adecuado, con medidas exactas de manera que sea capaz de soportar altas presiones y elevadas temperaturas del proceso con la usual rapidez de los ciclos, los cuales hacen del moldeo por inyección, un arte económico. (ver dibujo)

2.2 PRINCIPIOS DE OPERACION

El proceso de moldeo por inyección consiste esencialmente, en: depositar el material que viene en forma de polvo o gránulos en la tolva o tobera de la máquina, calentarlo, para transformarlo en un líquido viscoso, este proceso se lleva a cabo en un cilindro apropiado llamado "cilindro de plastificación o comúnmente llamado cañon o barril" mediante un "tornillo sin fin o husillo" y así inyectarlo a alta velocidad y alta presión en lo que se denomina como "sprue bushing o bebedero" este dependerá del tipo de molde que se esté empleando, de allí el material recorrerá los canales de distribución de la colada en moldes múltiples y llegará a lo que se denomina o se conoce como "cavidad del molde, del cual tomará la forma, el molde se mantiene a una temperatura inferior al punto de fusión del material, debido a que por él circula agua que ha sido previamente enfriada mediante un sistema de refrigeración especial, a partir de allí el proceso se ha completado expulsando la pieza moldeada por accionamiento del sistema extractor del molde, éste, como se explicará más adelante, depende de la pieza de la que se trate y del sistema que se utilice para el efecto. Luego, el ciclo se reiniciará teniendo en cuenta que, la duración del mismo, según el tipo del material empleado y la configuración de la pieza moldeada, puede durar desde cinco segundos (para las máquinas más veloces que moldean piezas de más o menos cinco gramos) hasta algunos minutos (para las que moldean piezas de tres mil gramos o más).

El molde de inyección es una herramienta que fabricada adecuadamente y montado en forma correcta en la máquina de inyección, puede funcionar de forma automática sin la necesidad de una persona u operador que lo maneje.

2.3 PARAMETROS DE MOLDEO (REGULACION)

En un proceso de moldeo por inyección todos los parámetros del ciclo de trabajo son variables, con el objeto de

adaptarse a las exigencias de calidad y precisión de las piezas que se producen y a las características del molde y del material termoplástico usado. Moldeando, por ejemplo, piezas que tienen el mismo peso, con el mismo material pero con forma y características diversas, se tendrán condiciones diferentes del ciclo de producción y, por lo tanto, diferente regulación en los parámetros del ciclo mismo.

Los parámetros que deben regularse en una máquina por inyección en función del molde y del tipo de material por trabajar son los siguientes:

- a.- velocidad de cierre del molde:
 - a.1.- freno de cierre;
- b.- velocidad de apertura del molde:
 - b.1.- freno de apertura;
- c.- carrera de la platina móvil;
- d.- fuerza de cierre del molde;
- e.- espesor del molde (distancia entre platinas)
- f.- tiempo entre ciclos (reciclo)
- g.- velocidad de inyección;
- h.- velocidad de plastificación;
- i.- carrera de inyección;
- j.- presión de llenado (1a. presión)
- k.- presión de sostenimiento (2a. presión)
- l.- tiempo de sostenimiento;
- m.- contrapresión sobre el husillo;
- n.- tiempo de solidificación del material inyectado en el molde;
- o.- temperatura del cilindro de plastificación;
- p.- temperatura de la boquilla;
- q.- temperatura del molde;
- r.- carrera de extracción;
- s.- velocidad de extracción;
- t.- fuerza de extracción.

Algunos de éstos parámetros requieren una regulación predeterminada fácil de ajustar, otras, en cambio, son confiadas a la habilidad del moldeador, que efectuará el ajuste de la máquina.

De estos parámetros, los más críticos son:

- a.- carrera de inyección,
- b.- velocidad de inyección,
- c.- tiempo de inyección,
- d.- presión de sostenimiento,
- e.- velocidad del husillo,
- f.- tiempo del ciclo.

Con esto no se quiere, decir que únicamente éstos parámetros serán los que tendrán mayor atención, todos los factores descritos merecen atención al momento de hacer trabajar cualquier tipo de molde, con cualquier tipo de material.

2.4 CONSTRUCCION DE MOLDES

2.4.1 PRINCIPIOS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION

La selección del tipo de molde para la producción de una pieza determinada en plástico es el resultado de una cuidadosa evaluación de los elementos y datos disponibles para llegar a la solución más conveniente del problema. Las consideraciones preliminares que influyen técnica y económicamente para la selección, deben tomar en cuenta, entre otros, los siguientes puntos:

1.- la pieza por moldear: dimensiones, forma, material a utilizar, tolerancias o contracción, peso o volumen de la pieza (incluyendo la colada), viscosidad del plástico fundido;

2.- características del molde: producción total requerida, cantidad de piezas producidas en un determinado tiempo, número de cavidades, tipo de molde, sistema de alimentación, costo y rentabilidad.

3.- tipo de máquina: especificaciones de la máquina capacidad de inyección, frecuencia de los ciclos de trabajo, fuerza de cierre de la prensa, superficie de moldeo proyectada, además del costo por hora de la máquina (rentabilidad, consumo de energía, mantenimiento y costos de operación, salarios y otros gastos directos)

Los aspectos descritos anteriormente son básicos ya que de ellos puede depender el éxito del diseño y la rentabilidad del molde. Sin embargo, no se debe olvidar que durante el desarrollo del diseño se presentarán ajustes, cambios y decisiones, también importantes, de allí que el buen funcionamiento y duración del molde serán consecuencia de las decisiones que se tomen entre "el diseñador, el fabricante del molde y el moldeador."

También las experiencias de éxitos y fracasos anteriores pueden ayudar a la buena realización de un molde, que debe ser fabricado con extremada precisión y exactitud.

La fase de prueba del molde es la última, pero, no la menos importante. Para la prueba final de un molde más o menos complejo, del cual no se conozca bien el sistema de alimentación del material o la extracción automática de la pieza moldeada, será necesaria la presencia del diseñador y el fabricante, (en Guatemala estas personas radican muchas veces en una sola).

En realidad, considerando que un molde de inyección es "una pieza costosa y complicada de equipo" construido como ejemplar único (igual que un prototipo), esta prueba es una oportunidad muy importante para todos los interesados. Es el momento en el cual "la información que se obtiene, deberá discutirse en equipo a fin de tomar decisiones sobre ajustes o

eventuales modificaciones al nuevo molde que esta a punto de entrar a producción.

Si se consideran ya definidas las condiciones que se describieron en los puntos 1-3, se puede continuar con otra lista ligada con las condiciones preliminares:

- 4.- sistema de alimentación, llenado o colada
- 5.- sistema de expulsión o extracción
- 6.- sistema de refrigeración o enfriamiento
- 7.- sistema de seguridad y protección de los moldes

Estos temas se tratarán con más detalle en incisos posteriores.

En este capítulo se tratarán con más detalle los aspectos esenciales para una producción rentable, relativos a la configuración de las piezas y a la construcción de moldes.

Considerando la importancia que en el proceso de producción tiene una buena configuración de los artículos y el hecho de que la configuración determina ampliamente la forma del molde, este trabajo se ha preocupado de ilustrar sus explicaciones mediante algunos ejemplos que pueden ayudar a comprender el proceso a seguir.

La cantidad de puntos a considerar en la configuración de las piezas y los múltiples principios de construcción desarrollados para los moldes exigen en la mayor parte de los casos, una solución individual en cada producción.

2.4.2 CONFIGURACION ADECUADA DE LAS PIEZAS INYECTADAS

Es difícil dar reglas de validez general para la construcción adecuada de las piezas, estas disposiciones no pueden dirigirse a todas las exigencias que se presentan en la práctica. Sin embargo, se cree haber captado en los puntos citados a continuación gran parte de lo que hay que desarrollar y que, pueden emplearse como guía en la práctica industrial.

> la pieza a fabricar ha de ser sencilla como permitan las exigencias. A ser posible, se evitarán los salientes complicados, así como las aberturas.

> las dimensiones y peso de las piezas deben ser menores en lo posible.

> hay que evitar cantos agudos en los bordes o estribos. En todo caso se redondearán con un radio adecuado.

> los termoplásticos inyectados en forma líquida en un molde frío disminuyen su volumen durante el enfriamiento; se <<contraen>>. Esta contracción influye directamente en la estabilidad de dimensiones y forma de las piezas; por tanto, hay que contar con ella al configurar una pieza. Hay que tomar en cuenta que entre mayor es el grosor de una pieza, mayor es su contracción.

> las secciones de la pieza serán de espesor lo más uniforme posible. Si no pueden evitarse diferencias de sección, se cuidará de hacer buenas transiciones. Se deben evitar cambios inmediatos de sección.

> la pieza precisa para su desmoldeo de una inclinación adecuada (conicidad o ángulo de desmoldeo). Cuanto mayor pueda ser el ángulo de inclinación de todas las partes situadas en dirección de apertura, más fácilmente se desmoldeará la pieza, este ángulo varía entre 1° a 3°. Ello es también válido para los elementos incorporados (machos, espigas y similares); también ellos deberán ser cónicos. Muchas piezas especialmente las profundas, sólo pueden desmoldearse con ayuda de pines o placas expulsoras accionadas por el sistema extractor o expulsor del molde - . Sin embargo, los expulsores dejan marcas sobre las superficies de la pieza, visibles incluso con el más cuidadoso trabajo artesanal, al configurar una pieza, debe evitarse que estas marcas aparezcan en puntos que perjudiquen su aspecto o su función.

> para determinar espesores de la pieza, se partirá del tamaño de la pieza a fabricar y se considerará especialmente la longitud de los canales de flujo del material. Las propiedades de flujo de los termoplásticos son influenciadas por varios factores durante el llenado (temperatura de molde y del material, sección y longitud de los canales de llenado, tipo de entrada, etc). Como consecuencia hay que emplear un espesor mínimo de pared, incluso en flujo completamente libre del material hacia el molde. Según muestra la práctica, para la mayoría de termoplásticos el espesor mínimo se sitúa entre 0.8 y 1.3 mm. Si la corriente de material tiene que rodear, además, elementos insertos en el molde, hay que aumentar convenientemente el espesor mínimo. De otro modo no queda garantizada una fusión homogénea de los frentes de flujo, al reunirse.

> la cantidad de expulsores necesarios depende de la superficie y profundidad de la pieza. En general, se disponen las piezas de modo que se fijen sobre los machos de la mitad del molde en su parte móvil, separándose de la mitad del molde (parte fija) durante el movimiento de apertura. El sistema expulsor sólo funciona al alcanzar la posición completa de apertura de la placa de cavidades del lado extractor o parte móvil. También hay que tomar en cuenta que determinadas piezas necesitan elementos de expulsión o dispositivos adicionales (cilindros neumáticos e hidráulicos, cremalleras, válvulas, etc.) los cuales aumentan forzosamente los costos de producción del molde.

2.4.3 MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION DE MOLDES

Por lo general, los moldes para el trabajo con materiales termoplásticos, son fabricados empleando aleaciones de aceros al carbón tratados térmicamente, como el costo de fabricación de los moldes resulta siempre prevalente en los costos de producción, es conveniente seleccionar los aceros más adecuados para las diversas partes de un molde, con el fin de asegurar la eficiencia, duración y precisión para las condiciones previstas de empleo. Existen varias clases de acero usados por el fabricante de moldes, estos son:

- * el acero de bajo carbón el cual contiene menos del 0.2 %
- * el acero de carbón medio (0.2-0.6)% y,
- * el acero de alto carbón el cual contiene entre (0.7-1.30)% éste puede ser endurecido.

También existen aceros que contienen ciertos elementos que agregan ciertas propiedades al material, siendo algunos de estos elementos y propiedades los siguientes:

- * Cromo, Silicón y Tungsteno -> dureza;
- * Manganeso y Niquel -> rigidez y resistencia;
- * Tungsteno -> resistencia al calor;
- * Molibdeno -> tratamiento térmico - amplio;
- * Vanadio -> resistencia a la fatiga.

En las partes sujetas a desgaste (puntos de inyección, pines guías, de retorno y expulsores, limitadores de carrera, cavidades macho y hembra) se usan insertos de metal duro o templado.

Sólo en caso de moldes para producir piezas experimentales, prototipos o cantidades muy pequeñas, se pueden utilizar en la construcción de cavidades, materiales suaves, más maquinables que el acero, por ejemplo:

- 1.- aleaciones de Aluminio: fácilmente moldeado, forjado y maquinado para uso en moldes de baja presión,
- 2.- aleaciones de Cobre: utilizado para insertos en cavidades,
- 3.- aleaciones de Zinc: utilizado para componentes fácilmente moldeables

Los moldes o cavidades fabricadas en estos materiales, no pueden otorgar la misma resistencia que los fabricados en acero y, por lo tanto, deben utilizarse con adecuadas precauciones.

Una excepción a esta regla, está representada por las aleaciones de Cobre-Berilio (BeCu 2%) las cuales se usan para la fabricación de cavidades o insertos de moldes que pueden ser endurecidos con tratamiento térmico. Además, cuentan con alta conductividad térmica y dureza, siendo por, lo tanto, adecuados para la construcción de moldes donde existan problemas de rápida disipación de calor o transmisión de frío.

A continuación se presenta un resumen general de lo que exigen los fabricantes de moldes en las industrias tecnomecánicas guatemaltecas, respecto del material de construcción para moldes y que se resumen en los siguientes puntos:

- > máxima resistencia al desgaste, para alcanzar la duración máxima;
- > gran estabilidad de dimensiones, para garantizar la exactitud de forma y dimensiones de las piezas;
- > buena conductibilidad térmica para conseguir un buen enfriamiento del molde;
- > gran resistencia a la corrosión;
- > buena capacidad de elaboración, principalmente, para mecanizado con arranque de viruta, si bien, para muchos moldes se agrega el aspecto de aptitud para prensado en frío;
- > gran seguridad para el templado, incluso, un correcto templado implica un riesgo de desperdicio. Teniendo en cuenta que la pieza está ya cargada con todos los costos de producción, las pérdidas en esta etapa son más sensibles;
- > estabilidad dimensional en el templado. Las variaciones dimensionales y deformaciones de los elementos del molde han de ser tan pequeñas que no perjudiquen la función del molde;
- > buena calidad de superficie. Las partes de los elementos en contacto con el material termoplástico, han de poder pulirse para garantizar una óptima calidad de superficie de las piezas (brillo) esto, debido a que los materiales termoplásticos tienen la cualidad de copiar, exactamente, la superficie con la cual están en contacto.

En Guatemala los mayores proveedores de metales para moldes son: Aceros Suecos y Metales Industriales.

Aceros Suecos distribuye los aceros 705, 718 y DF2 para su utilización en moldes para inyección, de los se darán algunas de sus características principales.

* Acero 705: acero aleado al Cromo-Niquel-Molibdeno-Manganeso, bonificado y distencionado para piezas que sufren golpe, torsión y vibración; alta resistencia a la ruptura en combinación con tenacidad considerable. Es recomendado para partes de maquinaria sometidas a altos esfuerzos dinámicos, como ejes de leva, árboles de transmisión, cigueñales, ejes de bombas, hélices de avión; pernos y tuercas de alta tensión, muñones y algunos engranajes. Además, que no requiere tratamiento térmico. Tiene una composición química (aleación) 0.35C 1.4Cr 1.4Ni 0.2Mo 0.7Mn%.

* Acero 718: acero que se emplea en estado templado y revenido (bonificado), posee buenas propiedades de maquinado, elevada pureza, buenas propiedades de pulido y dureza uniforme. Recomendado para moldes de plástico por inyección, herramientas para fundición a presión de aleaciones de estaño, plomo y zinc. Además, que no requiere tratamiento térmico. Tiene una composición química (aleación) 0.35C 1.8Cr 0.9Ni 0.6Mo 1.4Mn%. Su equivalente mecánico según las normas AISI es el P-20.

* Acero DF-2: es un acero con muchas aplicaciones en la industria como por ejemplo: matrices para acuñar y estampar, herramientas de corte, perforado, punzonado, rebabeado, etc. Excelente maquinabilidad y tratamiento térmico sencillo, éste se lleva a cabo en un rango de temperatura 800°C a 850 °C en aceite. Su composición química (aleación) 0.9C 1.2Mn 0.5Cr 0.5W 0.1V%.

Los aceros que distribuye Metales Industriales para su empleo en moldes para inyección son el Star Mold y Moldinox.

* Star Mold: acero especial aleado al cromo-niquel-manganeso-molibdeno con bajo contenido de azufre. Acero de alta pureza especialmente desarrollado para la industria del plástico. Buena maquinabilidad y máxima aptitud para el pulido y fotograbado. Apto para la electroerosión. En su estado de suministro presenta dureza uniforme a través de toda su sección, aún en grandes dimensiones. Buena resistencia a altas temperaturas. Apto para ser nitrurado, cementado o cromado duro. Utilizable en moldes para plástico, medianos y grandes, también para portamoldes para la industria del plástico y de inyección de metales, generalmente este acero no requiere de un tratamiento térmico adicional, pero, en caso de altas exigencias abrasivas se recomienda nitrurar. Se recomienda templar a 840°C - 860°C al aceite. y 860°C - 880°C al aire. Se obtiene una dureza de 52 a 54 Rockwell. Su composición química (aleación) 0.4C 0.3Si 1.5Mn 2.0Cr 0.2Mn 1.1Ni %

*MOLDINOX: acero al cromo, inoxidable martensítico. Bonificable a altas resistencias gracias a su contenido de carbono. Su elevado contenido de cromo y su adición de molibdeno le confieren muy buena resistencia a la corrosión. Excelente resistencia a la

abrasión, de fácil maquinado y máxima aptitud para el pulido. Para moldes y matrices en la elaboración de masas de moldeo y plásticos químicamente agresivos o con aditivos abrasivos. Se recomienda templar a 1000°C - 1050°C en aceite o aire. Se obtiene una dureza 42 - 49 Rockwell. Su composición química (aleación) es 0.38 C 16.0Cr 1.0Mo 0.8Ni%.

2.4.4 TIPOS DE MOLDES

La determinación del número de cavidades en un molde depende de gran cantidad de factores como son la forma y el peso (o volumen) de las partes que serán moldeadas además de las características de la máquina seleccionada para moldearlas.

Para hacer un cálculo correcto es preciso evaluar diversas posibilidades. Es obvio que la productividad de un molde de cavidades múltiples siempre será mayor que la de un molde de una sola cavidad. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que un molde de cavidades múltiples tiene un costo muy elevado y deberá usarse una máquina de mayor capacidad, desde luego, con un costo mayor por hora. En algunos casos, un molde de cavidades múltiples no garantiza una producción rentable y sin defectos.

Los tipos de moldes se encuentran distribuidos en dos grandes grupos:

- > moldes simples
- > moldes múltiples

Y dentro de ellos se sub-dividen en:

- > moldes con mordazas cónicas,
Ej. caja para botellas
- > moldes con gavetas o correderas,
Ej. tapones para refrescos
- > moldes con núcleos móviles,
Ej. silla para playa
- > moldes para piezas con rosca interior,
Ej. tapón para envases de galón
- > moldes para piezas con rosca exterior,
Ej. tapón para envase de productos químicos.

El tamaño de un molde queda definido por el tamaño de la pieza, las dimensiones de sujeción de la máquina y, en último caso, por la distancia entre barras.

2.4.4.1 Moldes simples

Los moldes simples se denominan así por el hecho de contar con, solamente una cavidad, esto no significa que un molde simple no sea complicado y posea núcleos móviles o mordazas cónicas.

Los moldes simples pequeños aplicados a máquinas con ciclo rápido ofrecen notables ventajas de producción. Su volumen más reducido que en los moldes múltiples permite, en general, reducir, mucho, los tiempos de producción; disminuyen los costos, pudiendo obtenerse en forma económica, pequeñas series, sin demora de plazos de entrega.

Como principales ventajas de los moldes simples pueden destacarse:

- > piezas completamente idénticas. Con moldes múltiples no puede lograrse en igual forma este resultado, ya que es difícil obtener, idénticas, varias cavidades complicadas. Ello hace que se utilice, preferentemente, un molde simple para producir piezas valiosas y complicadas;
- > en moldes simples puede considerarse, óptimamente, la forma, dimensiones, particularidades y material de la pieza a inyectar. El fabricante dispone de más libertad para determinar el plano de separación, las vías de llenado, el sistema extractor y los canales de refrigeración, pues, en moldes múltiples tiene que aceptar, a veces, soluciones de compromiso;
- > mejor control de la producción. Se simplifica el ajuste de la máquina y los dispositivos, ya que el ciclo de trabajo sólo depende de una pieza. Muy importante para funcionamiento automático;
- > utilizando un sistema de llenado adecuado puede trabajarse prácticamente, sin pérdidas.

2.4.4.2 Moldes múltiples

Los moldes de cavidades múltiples como su nombre lo indica son moldes de más de una cavidad y al igual que se explicó con los moldes simples, un molde de múltiples cavidades puede ser, también, muy complicado como uno con gavetas o desrosque automático.

Para planificar moldes con varias cavidades hay que decidir primero el número de piezas a incluir. La extendida idea de que el rendimiento de un molde aumenta con el número de cavidades no es correcta y la práctica la rechaza con frecuencia.

En la mayoría de casos en que la calidad del artículo a fabricar determina la construcción del molde, el número y disposición de las cavidades se obtiene de la concepción constructiva. En estos casos no siempre se puede aprovechar el rendimiento total de la máquina.

La tendencia a usar moldes múltiples procede muchas veces del deseo de acoplar la capacidad de una máquina ya existente al volumen desproporcionadamente menor de la pieza a fabricar. Sin embargo, a veces no se consideran factores que

influyen decisivamente en el funcionamiento correcto de los moldes múltiples. La calidad de las piezas a inyectar no puede afinarse tanto en los moldes múltiples como en los simples, principalmente, por las vías de llenado.

Hay que ver siempre si pueden esperarse dificultades por la constitución del molde (gavetas, correderas, núcleos móviles y similares) y si éstas pueden influir en los tiempos de desmoldeo o en la calidad de las piezas. También hay que ver si se puede garantizar un desmoldeo automático de todas las piezas o si habrá que extraerlas una por una del molde abierto.

En los moldes de cavidades múltiples, el material fundido entra por la zona central del molde, teniendo que hacer un recorrido por los canales de diferentes secciones y longitudes para llegar a las cavidades dispuestas a su alrededor.

2.4.5 COMPONENTES

Los componentes más importantes de un molde de inyección estándar y que en la construcción se deben de tomar en cuenta son:

* **anillo centrador:** es la porción del molde que es fijada en la platina fija y tiene el propósito de lograr el ajuste entre la nariz del cañón de inyección y el molde, su medida varía entre los 85 mm y los 200 mm.), también ayuda a sostener el sprue bushing o bebedero contra el molde;

* **sprue bushing o bebedero:** es la parte del molde que está en contacto con la nariz del cañón de inyección, que tiene como función conducir el material hacia las cavidades del molde;

* **placa trasera de prensa lado fijo:** es la parte del molde que esta en contacto con la platina fija de la máquina, además de tener entre su construcción, el alojamiento para el anillo centrador y el bebedero, teniendo, además, la función de tener alojamientos para sujetar el molde a la platina;

* **placa de cavidades (hembras):** es la placa en la cual se encuentran las cavidades o, sea, las partes del molde que le darán la forma a la pieza;

* **placa de cavidades (machos):** es la placa que aloja los machos o sea los que le darán forma a la pieza por su lado interior. Es de hacer notar que entre las hembras y los machos existe una distancia o luz de 0.8 - 1.3 mm., esta corresponde al grosor del material;

* **pinos guía:** como su nombre lo indica, tienen la función de ser las guía de unión entre las placa de cavidades hembra y la placa de cavidades machos. En la práctica es común que uno de los pinos guía es fabricado en medida diferente a los demás para asegurar la correcta posición de las mitades del molde;

* **camisas para pines guía:** son los agujeros en los cuales se alojarán los pines guía;

* **placa expulsora:** consiste en una serie de placas diseñadas para incorporar los pines expulsores y resortes que harán retornar la placa a su posición original, en algunos casos tiene la función de expulsar directamente la pieza del molde, debido a que parte de la forma de la pieza se encuentra alojada en ella;

* **resortes de placa expulsora:** son los encargados de darle a la placa expulsora, el retorno a su posición original, ya sea en máquinas con sistema de botador sencillo o múltiple, para trabajo automático del molde.

* **limitadores de carrera:** son, como su nombre lo indica, los encargados de detener la carrera de las diferentes placas que poseen movimiento dentro del funcionamiento del molde, pueden ser pines contruídos para tal propósito o, también, en algunos casos, se pueden utilizar tornillos, los cuales pueden lograr el mismo resultado;

* **pines expulsores:** son los encargados como su nombre lo indica, de expulsar la pieza del molde; en algunos moldes este sistema no se usa, por la razón que se explicó anteriormente;

* **pines de retorno:** éstos son utilizados de acuerdo con el sistema de expulsión, para que, como su nombre lo indica, hacer retornar los pines expulsores a su posición normal, sin que ningún otro elemento del molde sea accionado sobre ellos;

* **placa trasera de prensa lado móvil:** es la placa que está en contacto con la platina móvil de la máquina y, al igual que la placa trasera de lado fijo, posee los alojamientos necesarios para sujetar el molde a la platina.

2.4.5.1 Sistema de llenado o colada

El material en la unidad de plastificación fluye a través de la boquilla hacia el sistema de llenado del molde; cuya definición podría ser: un sistema de diversos canales de flujo que conducen el material a la cavidad o cavidades del molde a llenar, la figura en los anexos muestra la construcción de un molde con su distribución de colada. Las diferencias en la configuración del sistema de llenado son determinados, principalmente, por el tipo de molde (sencillo o múltiple). Sin embargo, en los diversos sistemas, se encuentran numerosas construcciones diferentes.

En el pasado, la determinación de las dimensiones del bebedero de inyección y de los canales de alimentación que se distribuían en el plano de división del molde hasta llegar a los puntos de inyección de las cavidades, se resolvieron siempre con una buena dosis de empirismo. Aunque el problema pueda parecer "hidráulico", porque las secciones de los canales están ligados

con el flujo del material o, sea, el volumen del material termoplástico que en la unidad de tiempo pasa de la máquina al molde, en realidad, las cosas no son así de simples. En el capítulo 1 inciso 1.5.1.1 Temperaturas, se mencionó que la viscosidad de los materiales varían en función de la variación de la temperatura y de la velocidad de flujo (o velocidad de corte). En este mismo inciso se muestran algunas formas de realizar los canales de flujo así como las secciones más utilizadas para el efecto.

En relación a la localización del o los puntos de inyección, para los polímeros termoplásticos, la posición del punto de inyección debe satisfacer los siguientes requisitos:

- a.- dirigir el flujo del material contra la pared de la cavidad o contra el corazón,
- b.- dirigir el aire hacia las ventanas de salida para evitar que sea atrapado,
- c.- inyectar el material de la sección más gruesa hacia la sección más delgada,
- d.- reducir, al mínimo, la línea de unión (o soldadura) es decir, donde se encuentran los flujos;
- e.- evitar la línea de unión en zonas sujetas a impacto o áreas de esfuerzo;
- f.- facilitar la separación de la pieza (expulsión). El mas simple sistema para piezas postpresión larga (generalmente, de paredes gruesas) es con inyección directa.

Al determinar un sistema de llenado hay que partir de que el material termoplástico muy caliente entra rápidamente en el molde mucho más frío y que, por tanto, la capacidad de flujo disminuye en las zonas externas de la corriente de material, siendo máxima en la zona central que circula por los canales.

De allí resultan varias exigencias esenciales para las vías de llenado, las cuales deben tomarse en cuenta y que se enumeran a continuación:

> la longitud de los canales de llenado será lo más corta posible, para que el material fluya hacia las cavidades del molde con mayor rapidez;

> la sección de flujo de los canales ha de ser suficientemente grande para garantizar que, una vez llenado el molde, la zona central del material (eje plástico) permanezca plástica el máximo tiempo posible. Sólo así se puede compensar la contracción de volumen de la pieza durante su solidificación en la cavidad del molde;

> la sección de los canales será, de ser posible, circular, aunque para ello se precise un mayor trabajo en la fabricación del molde. Sólo así se obtienen condiciones favorables de flujo para el transporte de un volumen óptimo de material con el mínimo contacto con la pared del canal. La superficie es entonces mínima y se obtiene una zona de flujo central con baja viscosidad y gran diámetro. Con todas las demás secciones de los canales no se tiene esta ventaja.

Existen 4 sistemas básicos de llenado de moldes:

- a.- sistema de cono: utilizado casi, exclusivamente, en moldes simples;
- b.- sistema de colada aislada: utilizado en moldes simples y múltiples;
- c.- sistema de colada caliente: utilizado en moldes con trayecto de material muy largo;
- d.- sistema de llenado lateral o tipo túnel: utilizado mucho más en moldes múltiples.

a.- Sistema de cono: en este tipo de llenado la pieza sale con un pequeño tronquillo unido a la pieza, el cual se puede remover cortándolo con cuchilla o dependiendo del material, con pinzas especiales para el efecto.

b.- Sistema de colada aislada: en este tipo de llenado también llamado " colada italiana ", el material termoplástico fluye por el bebedero, solidificándose en las partes que están en contacto con él, con la ventaja de mantener el material caliente en el centro, aumentando la fluidez. Este tipo de llenado deja en las piezas moldeadas una pequeña marca o testigo que corresponde al diámetro del punto de inyección o de entrada (1 a 2.5 mm.) según la cantidad de material que se deba inyectar en la cavidad.

c.- Sistema de colada caliente: este tipo de llenado difiere del anterior en que mantiene el material caliente "siempre" por medio de resistencias y termopares, es comparativamente mucho más costosa que una de colada aislada o de cono, debido a que cada colada se hace para un tipo específico de molde. Los moldes que la utilizan son llamados "moldes de colada caliente" son redituables y pueden operar de manera automática, pero sus costos de fabricación resultan mucho más elevados. Estos sistemas son muy útiles en moldes donde el recorrido del material termoplástico es muy largo y sea indispensable el mantener el material caliente y en estado fluido.

d.- Sistema de llenado lateral o tipo túnel: este tipo de colada se utiliza mucho más en los moldes de llenado múltiple y consiste en una serie de canales que desembocan en un pequeño túnel en forma de cono en la entrada de la cavidad.

En el caso de termoplásticos el problema radica al elegir moldes con "colada caliente" para evitar la pérdida del material de la colada en cada ciclo de trabajo con la desventaja, como ya se mencionó anteriormente del incremento del costo en el molde, el sistema más utilizado es el de "colada aislada" donde parte del material se solidifica, en los bordes manteniendo siempre el material caliente en el centro, lo que beneficia el llenado del molde, aumentando la posibilidad de automatización, con la única desventaja que ésta deberá ser retirada posteriormente o remaquinado en operaciones secundarias (molido).

- > Los moldes simples regularmente utilizan en su mayoría, según las exigencias "colada aislada". Tomando en cuenta que el diámetro de la misma está en relación con el peso de la pieza.
- > El sistema de llenado de moldes múltiples es más difícil, pero los principios antes descritos, son también válidos para este tipo de moldes, el material ha de pasar desde el bebedero a un sistema de canales de distribución que llega a cada cavidad. Para la planificación de las vías de llenado se consideran en la práctica cuatro puntos fundamentales:

- > el número de cavidades a llenar,
- > el espesor de pared o sección de la pieza,
- > la sección de la colada,
- > la viscosidad termoplástica del material.

Cuanto más elevada es la viscosidad del material y mayor la sección de la pieza, mayor ha de ser la sección de las vías de llenado.

Para automatizar al máximo la producción se ha buscado también en los moldes múltiples la forma de inyectar las piezas de modo que se consiga la separación entre la colada y las piezas durante el movimiento de apertura del molde. Esto se logra al igualar la fuerza de contracción de material con el punto de inyección del túnel, se usa en especial para moldes múltiples, conociéndose en gran cantidad de variantes con el nombre de <<moldes con arranque automático de colada>>.

En estos moldes hay que cuidar que el peso o volumen de la colada no sobrepase el peso o volumen total de las cavidades a llenar, esto, para no reducir la rentabilidad de la producción con un excesivo tiempo de enfriamiento del sistema de llenado. Los "moldes con sistema de arranque automático de colada" exigen, a menudo, varios planos de separación; al determinar los caminos de apertura de las placas hay que cuidar que, tanto las piezas como la colada, tengan suficiente espacio y puedan caer del molde por acción del sistema extractor; además, la caída de las piezas no debe ser impedida por elementos del molde (pines guía, expulsores, machos y similares) para no hacer necesario un trabajo manual; en este caso, descendería la rentabilidad de los

moldes de este tipo.

Precisamente, en el funcionamiento automático de estos moldes que ahorran una posterior separación de la colada, reside la principal ventaja de estos diseños, ya que al suprimir el trabajo posterior se compensan rápidamente los costos elevados del molde; según el tipo de piezas puede amortizarse un molde de este tipo con cifras de entre 10,000 - 15,000 piezas.

Hay que tomar muy en cuenta, al configurar las vías de llenado, el material a utilizar, los materiales que requieren una temperatura muy elevada, que requieren de altas presiones o cuando el molde carece de un adecuado sistema de refrigeración, hacen muchas veces problemática la aplicación de sistemas con arranque de colada.

2.4.5.2 Sistema de enfriamiento (refrigeración)

Como se ha explicado en este trabajo, en el moldeo de termoplásticos, el molde siempre está a una temperatura menor que la del material fundido que se inyecta en la cavidad del mismo, debido a lo que se conoce como sistema de enfriamiento o refrigeración de los moldes, pero ¿que significa la expresión "enfriamiento del molde"? significa: necesidad de circular un líquido (regularmente agua fría) alrededor de machos y cavidades de un molde a fin de asegurar la disipación del calor acumulado por la transferencia de calor de la masa fundida inyectada en el molde en cada ciclo de trabajo.

Los diseñadores y fabricantes de moldes, conocen desde siempre la importancia de un enfriamiento adecuado de los moldes, por su notable influencia en el resultado de la producción y el rendimiento de la misma y hay que reconocer que los pasos dados en esta dirección eran insuficientes hasta hace pocos años. Todavía hoy, muchos diseñadores y fabricantes de moldes entienden por concepto de enfriamiento del molde la simple disipación de calor mediante agua de refrigeración circulando por él y a menudo la conexión del molde a la red de agua es la única medida tomada en este aspecto, pero, para una efectiva disipación de calor en las diferentes zonas del molde, es necesario distribuir correctamente los circuitos de enfriamiento para que atraviesen el molde en varias direcciones debiendo estar, éstos, separados e independientes.

Pero, en general, dependiendo del tipo de molde y principalmente de la forma de construcción, se utilizan circuitos para cada mitad del molde; ya sea la mitad montada en la platina móvil o en la platina fija, desde dos (2) circuitos para los moldes más pequeños hasta ochenta y cuatro (84) circuitos para los moldes grandes.

Además, por razones de productividad y por la creciente competencia en el mercado nacional, los productores se ven

forzados a reducir los tiempos de ciclo, por medio de fuerte refrigeración, en especial, en la fabricación de artículos de alta rotación; en estos casos es indispensable una producción automática; y, para ello es indispensable mantener adecuadamente baja la temperatura del molde, de forma que la solidificación del material se haga con mayor rapidez y así pueda reducirse notablemente el ciclo de trabajo, sin embargo, debido a ello pronto aparecen defectos en el producto, causados porque la temperatura del molde no corresponde a las exigencias de elaboración, caso contrario, los defectos presentados por falta de refrigeración se presentan en la pieza como deformación y exceso de contracción en algunos casos.

Existen algunas reglas empíricas utilizadas por el fabricante de moldes en relación a los sistemas de enfriamiento:

> el número y diámetro de los circuitos (donde circula el líquido de refrigeración) deben ser compatibles con el grosor de la pieza y el tamaño del molde;

> los circuitos de enfriamiento, deben estar lo más cerca posible de la cavidad o los machos;

> el diámetro de los circuitos debe oscilar entre 8-15 mm. pero nunca menor a 8 mm.

Si se tiene un espesor de pieza W igual a:

W	ϕ de circuitos
≤ 2 mm.	8 - 10 mm.
≤ 4 mm.	10 - 12 mm.
≤ 6 mm.	12 - 15 mm.

Se pueden adoptar soluciones especiales para mejorar la disipación de calor en lugares particularmente difíciles o reducidos en diámetro, utilizando para el efecto "pines térmicos de cobre-berilio", los cuales se insertan parcialmente hasta el punto donde se desea llegar y el extremo libre de los mismos queda en contacto con el ducto de enfriamiento.

No hace falta indicar que si el sistema de enfriamiento de un molde no está contruido de manera adecuada o diseñado con los requerimientos necesarios de acuerdo con la configuración de la pieza, su material de fabricación y el material de construcción del molde mismo no puede esperarse en absoluto una calidad óptima de producción; así, el molde mejor construido no podrá desplegar su pleno rendimiento.

2.4.5.3 Sistema de expulsión o extracción

Al planificar moldes hay, que dar mucha importancia a las posibilidades de desmoldeo. Sólo al conseguir un correcto desmoldeo automático de las piezas alcanza el proceso de fabricación el grado de rentabilidad deseado.

A continuación se enumerarán algunas condiciones generales para las piezas.

> todas las cavidades y canales en contacto con el material termoplástico han de tener no sólo la conicidad adecuada para el desmoldeo, sino, también, superficies perfectamente pulidas. Hay que insistir en la necesidad de efectuar el pulido con el máximo cuidado. El material se inyecta en el molde a gran presión y rellena todas las marcas y agujeros apenas perceptibles, pudiendo causar notables dificultades de desmoldeo, en especial en piezas profundas de paredes finas.

> la contracción sufrida durante el enfriamiento, propia de todos los materiales termoplásticos de inyección, dificulta también el desmoldeo. Esto es apreciable en las cavidades macho de los moldes, ya que el material contrae en general sobre éstos.

> el desmoldeo se efectúa mediante sistemas extractores, que en general forman parte del molde como elementos mecánicos. En moldes complicados (especialmente moldes con muchos núcleos o gavetas) hay que vencer a menudo grandes fuerzas de contracción y en ocasiones no bastan los sistemas mecánicos del molde, en estos casos es necesario utilizar sistemas de mayor potencia, los más utilizados para el efecto son los cilindros neumáticos o hidráulicos de doble efecto, cuyos pistones tienen una carrera relativamente corta.

> en los moldes múltiples es necesario desmoldear la colada desde el punto de llenado hasta los canales de distribución, durante la apertura del molde. Esto se hace en algunos casos con la ayuda de un pin central denominado "jalador de colada" que se coloca junto con los expulsores, que se utilizarán para la extracción de la pieza terminada.

En otros casos se utiliza una serie de pines en cada esquina de la colada, unidos a una placa especial, esto para garantizar la correcta expulsión y lograr la producción automática del molde.

> para determinar la cantidad, posición y diámetro de los expulsores a emplear, hay que basarse en el tipo de producción. El tamaño y forma de la pieza, su espesor de pared, el sistema de llenado y, en especial, las propiedades del material.

> al abrirse el molde, se desea que la pieza se quede en el lado extractor o parte móvil, esto se logra desde el diseño del molde haciendo que los agarres que tengan las piezas las obliguen a quedarse en el lugar que se desea, para ello se hacen incisiones, ranuras que hará que las piezas al contraer se peguen en ellos.

> las piezas con paredes muy finas precisan para su desmoldeo varios expulsores dispuestos de forma que la separación sea uniforme, Su diámetro no debe ser demasiado pequeño para evitar el peligro de que perforen la pieza al abrir el molde; por otro lado, existen algunos casos en los cuales el expulsor es parte

de la figura de la pieza.

> El juego o luz entre pin expulsor y su orificio debe ser mínimo 0.02 mm. ó 0.001". Así se garantiza el escape de aire del molde, sin pérdidas de material termoplástico.

También este sistema está condicionado a la forma de la pieza y a la construcción del molde, la cual puede contener pines, placas, cremalleras, cadenas, núcleos móviles, resortes y cilindros neumáticos e hidráulicos. La gran variedad de formas de expulsión, hace imposible detallar o describir todos los mecanismos.

Talvez lo más práctico, es la experiencia de los diseñadores y fabricantes de moldes en relación a los sistemas utilizados por fabricantes en el exterior y que pueden ser implementados en Guatemala; durante muchos años los diseñadores y fabricantes de moldes han adoptado soluciones ya practicadas en el pasado.

2.4.5.4 Sistema de protección o seguridad de los moldes

Los altos costos de la fabricación de los moldes y los tiempos tan largos para su ajuste y mantenimiento, además del conocimiento de la forma de trabajo de los operadores de este medio han impuesto la adopción de sistemas de seguridad, sobre los componentes móviles del molde, regularmente, los mecanismos de extracción.

Los sistemas de protección actuales regulan la velocidad de cierre y apertura de la máquina así como el valor de la fuerza de la misma, para el caso en el que una pieza moldeada o la colada sean atrapadas en el molde (por que no alcanzaron a caer), el sistema protector limita el cierre de la máquina e interrumpe el ciclo de la misma hasta que éste sea reestablecido por el operador mismo, previo a eliminar la causa que originó el paro, así se evitan daños graves a las cavidades y/o machos. También se han desarrollado sistemas electrónicos mediante fotoceldas, en los cuales se asegura en un 95% el paro de la máquina cuando por alguna razón el producto de es expulsado del molde

2.5 ESTUDIO DE CAMPO DURANTE LA CONSTRUCCION DE UN MOLDE DE INYECCION (PASOS A SEGUIR)

No existe una forma única de seguir al construir un molde de inyección, pero, los fabricantes, en especial, los que poseen gran experiencia en el ramo, pueden establecer la forma de construcción, además del tamaño del molde con sólo ver la pieza a fabricar. También hay que tener siempre en cuenta que la construcción de un molde es igual de uno a otro, aunque se trate de dos moldes con la misma figura, pero, es indispensable que la

construcción se siga con lógica.

Hay algunos principios que se deben tomar en cuenta al construir un molde, entre otros están:

a.- **diseño de la pieza:** se debe realizar un plano del molde, donde el diseñador del molde establece medidas, posición de los conductos de enfriamiento, el funcionamiento del molde, grosor de la pieza o piezas, en qué posición se encuentran los pines guía, los pines expulsores, los jaladores de colada, pines de retorno, el diseño de la placa expulsora (si se utiliza) en los moldes múltiples, qué tipo de colada utilizará el molde, los detalles de conicidad de las piezas, los radios que se utilizarán para no dejar cantos vivos, en general, todos los detalles que se toman en cuenta al fabricar un molde,

b.- **máquinas para la fabricación:** para la fabricación de moldes se utilizan máquinas herramienta tales como:

- a.- torno;
- b.- fresadora;
- c.- rectificadora:
 - c.1.- plana,
 - c.2.- de interiores,
 - c.3.- de exteriores,
- d.- taladro vertical;
- e.- pantógrafo;
- f.- cepillo (en algunos casos)
- g.- electroerosionadora.

c.- **de la construcción:** todas las piezas que componen el molde, deben ser construídas por separado, la razón es muy sencilla debido al trabajo pesado a que es sometido cada molde al momento de entrar a producción, en muchas ocasiones se causan daños a los moldes en su mayoría a las partes móviles, aquí se habla de pines guía, pines expulsores, pines de retorno, placa expulsora, cavidades, machos, resortes y en general, cualquier pieza con que cuente el molde, "NO ES CORRECTO" trabajar, el molde en una pieza, esto, debido a que es mucho más sencillo sustituir una pieza, una placa completa; **TODAS LAS PIEZAS DEBEN SER INSERTAS.**

* RECOMENDACIONES TECNICAS DE MAQUINADO

Todo acero tiene procesos especiales de maquinado de acuerdo con su aleación y es aconsejable, en caso de duda, consultar al fabricante. El mal maquinado de un acero especial puede originar fisuras y roturas en el tratamiento térmico o durante su uso.

SOBREMEDIDA: en los aceros especiales laminados en caliente debe considerarse una sobremedida para eliminar la cáscara; la zona descarbonizada y eventualmente microfisuras.

A continuación se presenta una tabla de sobremedidas que se utiliza en la compra de metales.

TABLA DE SOBREMEDIDAS

MEDIDA EN mm.	MEDIDA	SOBRE
00.0 - 15.9		2.0
16.0 - 24.9		2.5
25.0 - 39.9		3.0
40.0 - 62.9		4.0
63.0 - 79.9		5.0
80.0 - 99.9		6.0
100.0 - 124.9		7.0
125.0 - 159.9		8.0
160.0 - 199.9		10.0
200.0 - 250.0		12.0
250.0 en adelante		14.0

Vamos a seguir los pasos de construcción de un molde pequeño, pero complicado con utilidad como **SEGURO PARA TOMACORRIENTE.**

Como primer paso se realiza el plano de diseño del molde, el cual se muestra en las figuras x.x a x.y. de los anexos, en él se define con base en las dimensiones del producto y al material en el que se va a producir, las dimensiones en el molde, por la contracción se determina la posición de cavidades hembra y cavidades macho en el molde, las dimensiones del canal de inyección, la posición y diámetro de los pines guía, la dirección de los circuitos de refrigeración así como sus medidas de acuerdo al grosor del producto, el tipo de colada, cómo es un molde de más de una cavidad, como es un molde múltiple y por la forma se elige inyección capilar, la medida del anillo centrador que se determina con base en la máquina en que se va a producir y, por último, el sistema de expulsión.

Paso seguido, elíjase el material para construcción, este molde es para un cliente que según sus estimaciones venderá cerca de 600,000 unidades al año, lo que hace necesario un molde de buena resistencia, debido a ello se necesita un acero recomendado para trabajo especial, pero, que sea a la vez maleable y que soporte tratamiento térmico adecuado, se elegirá acero 718, 705 y DF-2, que se utiliza en elaborar el holder o soporte, que es el conjunto de placas que soportan la carga y guardan en su interior la cavidad o figura del producto, en el extranjero estos soportes ya se venden manufacturados y listos solamente para montar las cavidades y los sistemas de expulsión; es únicamente necesario escoger cuál es el que mejor se adecúa al diseño del producto. En Guatemala, esto, rara vez se hace, debido

a los altos costos que implica. Para este medio el soporte o holder se hace exclusivamente para el molde que se va a construir, se determina como se ha mencionado a lo largo de este trabajo, mediante el diseño del molde; para este molde en particular el detalle de material es el siguiente:

- * tres placas de 185 mm. x 185 mm x 27 mm.
- * dos placas de hierro de 185 mm. x 185 mm. x 32 mm.
- * dos soportes de 185 mm. x 25 mm. x 42 mm.
- * dos placas de 144 mm. x 144 mm. x 14 mm. para placa expulsora
- * un lingote de \varnothing 54 mm. x 104 mm. para cavidades
- * un lingote de \varnothing 41 mm. x 86 mm. para cavidades macho
- * cuatro resortes de \varnothing 20 mm. x 16 mm.
- * un lingote de \varnothing 25 mm x 180 mm. para pines guía
- * una varilla perforada de \varnothing ext. 25 mm, \varnothing int. 16 mm. x 180 mm. para camisas de pines guía
- * un lingote de \varnothing 38 mm.
- * 6 pines expulsores de \varnothing 4 mm. x 85 mm.
- * 4 pines de retorno de 8 mm. x 85 mm.

** todas las medidas están dadas con sobremedida

En la construcción del molde se definió que usará cinco (5) placas, dos (2) de las cuales no sufrirán esfuerzos de compresión por lo que se usará hierro, para bajar costo; se desea que el molde ya terminado tenga una medida de 180 X 180 x 180 mm. la construcción del molde determinó que no se utilizan machos por la forma del producto, pero se adoptará la nomenclatura universal se llamará machos a las cavidades que se encuentran en la parte móvil del molde. El tamaño elegido de molde implica que no se hace necesario que tenga placas de respaldo, esto indica que se montará el molde directamente a la platina de la máquina, usando tornillos, se logra perforando en el molde cuatro alojamientos para tornillos de 3/8" en un cuadro de 80 mm. por lado, inscrito en una circunferencia de diámetro \varnothing 125 mm., esta perforación se hace al terminar el molde.

El paso siguiente es el de eliminar la sobremedida lateral y superior de todas las placas principales para darles su medida final de 180 mm. en ángulo de 90° esto se hace en máquina rectificadora, logrando que todas las placas se trabajen al mismo tiempo, de la misma manera se rectifican juntas las placas que deben tener 25.4 mm. de grueso al igual que las que deben tener 30 mm. de grueso.

Se perforan en las placas que así lo requieran, los alojamientos para pines guía, camisas de pines guía, así como de placa expulsora y pines de retorno, con las medidas siguientes

- * 4 perforaciones de 7 mm. para pines de retorno distancia entre centros de 40 mm. a 70 y 18 mm. de los bordes de la placa;

* 4 perforaciones de 5 mm. para pines expulsores. a 57 mm. de los bordes de las placas;

* 4 perforaciones de 18 mm. e las 4 esquinas de las placas en un cuadro de 18 mm. de los bordes de las placas.

Teniendo ya el soporte terminado iniciamos los alojamientos para las cavidades hembra y macho del molde, así como el bebedero.

Sé empezará con la placa destinada al lado fijo del molde (una de las placas de 30 mm.) o, sea, el lado por el cual va a ingresar el material, se harán los alojamientos necesarios para colocar los bloques de cavidades, esto se logra realizando cuatro vaciados al torno de diámetro \approx 40 mm. a una profundidad de 20 mm. inscritas en una circunferencia de diámetro \approx 100 mm. a una distancia entre centros de cavidades de 66 mm. al llegar a los 20 mm. se aumenta el diámetro a \approx 50 mm. hasta completar los 30 mm. de grosor de la placa.

En los bloques de cavidades hembra del molde (lado fijo) se tornea la figura del producto, como se dibujó en los planos, torneando a la vez los alojamientos para o-ring o aro-sello, de acuerdo con el diámetro de la sección del que se va a utilizar.

En cada cavidad hembra o cavidad macho, del molde se sitúan alojamientos para empaques, debido a los circuitos de agua se perforan directamente bajo las cavidades hembra y machos.

Cuando sea necesario como se explicó, se puede hacer uso de pines térmicos para enfriamiento de los lugares donde sea extremadamente difícil llegar con circuitos de agua convencionales (aunque esto incrementa el costo del molde).

En la placa destinada a cavidades macho (otra de las placas de 30 mm.) se hace el alojamiento para los mismos, este alojamiento es exactamente igual al de la placa expulsora, con la única diferencia que en la placa de cavidades machos estos son fijados mediante tornillos o pernos.

Se elaboran los pines guía teniendo en cuenta, como se explicó anteriormente, que éstos al igual que las cavidades y machos, se hacen en acero templado debido al desgaste que sufren durante el proceso, y teniendo la precaución que uno de estos pines sea o mas grande o más pequeño en diámetro que los demás, para evitar que el molde se coloque en una posición errónea.

Luego se realizan todos los pines de acuerdo a las medidas que se dió en las perforaciones tomando en cuenta que a todos se les debe hacer un alojamiento donde irá la cabecita de cada pin expulsor, de retorno y guía, colocándolo luego en el lugar que se taladró para dicho propósito.

Todas las piezas que se necesita sean templadas, no se les da el acabado final hasta estar templadas, pero se acercan mucho a su medida final, debido a que el calentamiento que se sufre durante el temple crea pequeñas deformaciones en las mismas, la medida final se logra, mediante rectificado de las piezas.

Se elaboran los canales de inyección, este molde está definido como molde múltiple de cuatro cavidades con inyección capilar, utilizando una fresa que tenga el diámetro del ancho deseado llamada de media caña para obtener la sección semicircular.

Se colocan las cavidades ya talladas y terminadas en sus alojamientos para empezar a labrar el canal de inyección, tomando en cuenta que se definió el molde como molde múltiple de cuatro cavidades con inyección capilar, las dimensiones del canal principal de inyección tendrá una profundidad de 4 mm. de ancho y 3.20 mm. de profundidad en perfil semi-circular en el canal principal según el corte que se detalla en el diseño y 3 mm. de ancho y 2 mm de profundidad en el canal secundario de entrada a la cavidad y por último se hacen las entradas de material con un diámetro de 0.8 mm..

Se elabora el bebedero, mediante el diseño convencional con tres diámetros para su ajuste en la parte fija 35, 30 y 25 mm. haciendo la entrada de material con un diámetro menor de 2.5 mm. en un ángulo de 1 a 2 ° para que el diámetro mayor sea de 4 mm. como máximo, siendo ésta la medida que se recomienda por el peso de material a inyectar.

Se hace el anillo centrador con las medidas que se recomienda para la máquina que se eligió para producir, para el caso particular el anillo centrador debe tener mínimo 84.8 mm. y 85.0 mm. como máximo.

Se barrenan los circuitos de agua a un diámetro de 8 mm. pasando dos circuitos a 5 mm de cada lado de los portamachos (4 circuitos) en la parte móvil luego se perforan dos circuitos pasando a 5 mm. bajo de las cavidades hembra siempre en un diámetro de 8 mm.

Se elaboran las roscas para tornillos y entradas en los circuitos de agua, donde se colocan los acoples rápidos.

Se hace el alojamiento para los resortes que accionarán el mecanismo expulsor, colocándolos en un diámetro de ϕ 12 mm. y profundidades de 5 mm. en la parte móvil y 12 mm. en la fija, por debajo del macho.

Se da el acabado final a las cavidades (se pulen) para eliminar agarres (rebaba) y darle a la superficie su acabado, al realizar las primeras pruebas se determina cuál se deseará sea el acabado final, pulido brillante, arenado, para tono mate,

electroerosionado, para acabado rugoso y en el caso de poliestireno transparente se recomienda el cromado de la superficie debido a que éste, es el único material que puede rayar el metal, no se recomienda el uso del cromo en piezas inyectadas en polietileno y polipropileno, porque éstos materiales se adhieren al metal recubierto con cromo.

CAPITULO 3

"INVERSION VRS. RECUPERACION" UN CASO PRACTICO

3.1 FACTORES QUE INTERVIENEN

Como se ha explicado a lo largo de este trabajo, existen varios factores que influyen decisivamente, en el costo de inversión para la construcción de moldes para inyección de materiales termoplásticos y como se ha mencionado la pregunta que se hace el inversionista en moldes de inyección es EN CUANTO TIEMPO RECUPERO EL COSTO DEL MOLDE?.

Los factores que manda la práctica y que intervienen en una inversión de este tipo son:

- 1.- el tipo de producto (se venderá?)
- 2.- las características estructurales del producto forma, peso, material que se utiliza para su fabricación etc,
- 3.- de acuerdo con las características anteriores se define el ciclo del molde, que no es un factor muy importante, sino primordial.
- 4.- el costo por hora de utilización de la máquina a la cual se dedicará el producto, que viene condicionado por el tamaño del molde y éste a su vez por su construcción, (número de cavidades, peso de la inyectada).

Se establecerá, cómo se recupera una inversión en moldes para inyección.

3.1.1 ESTUDIO DE MERCADO (idea)

Los nuevos productos y servicios, con frecuencia, se sujetan a un amplio estudio e investigación del mercado antes de tomar la decisión final respecto de su introducción. Se recurre a medios tales como: encuestas, cuestionarios, grupos de consumidores y mercados de prueba para establecer estimaciones de demanda. Por ejemplo las encuestas de Gallup están basadas en estudios de la actitud y el comportamiento del público.

Las encuestas mediante entrevista personal, así como los cuestionarios, pueden aportar información acerca de la actitud y el comportamiento actual, acerca de las acciones

pasadas y acerca de las intenciones que se esperan para el futuro. Los grupos de consumidores, integrados por participantes pagados o voluntarios, reciben productos nuevos a veces de la competencia y en ocasiones productos que se desea lanzar al mercado, una vez que los han usado, se les pide que den información específica de sus propiedades y defectos así como información acerca de sus hábitos de compra.

Los mercados de prueba también pueden aportar información acerca de un nuevo producto o servicio, éstos proporcionan información acerca del consumidor y no simplemente sobre sus actitudes, opiniones e intenciones, pues, a menudo se observan grandes diferencias entre las actitudes y las acciones del consumidor, este último punto es en particular muy importante y da lugar a algunas opiniones y actitudes muy engañosas, los entrevistados tratan de no desanimar al investigador, de manera que le dicen lo que piensan que el quiere oír y no lo que piensan realmente. Así, el encuestado puede afirmar que un nuevo producto o servicio se necesita en verdad y que será un producto muy bueno, sin embargo y como se comprueba posteriormente, no necesita realmente ese producto e, incluso, cuando el encuestado manifiesta que comprará el producto, es probable que cuando llegue el momento habrá cambiado de opinión.

En este caso, en particular, se supondrá que ya se evaluó este producto, debido a que no es el objetivo de este trabajo el mencionar cómo se realiza un estudio de esta naturaleza, pero se da por sabido que el estudio de mercado determinó que, este producto está dirigido a todas las personas, que de una u otra forma, consideren que es necesario un seguro para tomacorriente eléctrico, para evitar que se introduzcan objetos a los tomacorrientes y puedan causar alguna lesión.

Se da por hecho que la investigación de mercado determinó que se tendrán ventas durante el primer año de 600,000 unidades con un incremento al año siguiente de 1,200,000 y siguiendo un incremento del 10% durante los siguientes períodos.

Se tomará como referencia el producto descrito en el capítulo anterior y se establecerán datos típicos de producción para productos de esta naturaleza (molde) y se supondrá que se tiene un cliente que desea invertir en un molde para producir el SEGURO PARA TOMACORRIENTE y los proveedores de productos plásticos, realizarán el estudio que muestre en cuánto tiempo se recuperará la inversión, (todo con datos estimados de costos de producción).

3.1.2 CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO

3.1.2.1 Diseño del producto

Desde el punto de vista de la mercadotecnia deben elegirse productos que atraigan a los clientes, deben ser atractivos y deben ser mejores que los productos competitivos en

el mercado y que puedan competir además en costo, por otra parte los diseños de productos deben ser estables y uniformes, deben lograr un volumen de producción elevado y constante con los menores cambios en el programa como sea posible, estas condiciones tienden a bajar los costos de producción, a aumentar la eficiencia en la misma y a simplificar los problemas del departamento de producción

Algunas características típicas del diseño del producto que se deben considerar en relación con la demanda son las siguientes:

FUNCION: el producto debe desempeñar, adecuadamente, lo que se requiere;

COSTO: el costo total (materiales, mano de obra, procesamiento etc) no puede ser excesivo para el mercado que se considera;

TAMANO Y FORMA: deben ser compatibles con la función y no de mal gusto ni inaceptables para el mercado {consumidor}

APARIENCIA: en algunas aplicaciones la apariencia del producto carece de importancia, pero, en otras, la apariencia equivale a la función;

CALIDAD: debe ser compatible con la finalidad, la calidad excesiva puede aumentar innecesariamente el costo y la calidad insuficiente da lugar a devoluciones y hace disminuir la demanda;

CONFIABILIDAD: el producto debe funcionar normalmente y durar el tiempo previsto, los productos cuya combinación de elementos es compleja, tienden a ser menos confiables a menos que esto se tenga en cuenta al diseñar el producto;

EFFECTO EN EL AMBIENTE: el producto no debe deteriorar el medio ambiente ni representar un peligro para el usuario;

PRODUCTIVIDAD: el producto debe producirse a bajo costo, con facilidad y rapidez;

OPORTUNIDAD: el producto debe estar disponible cuando se le necesite, de no ser así se incurrirá en el costo de oportunidad que en pocas palabras significa, si un producto no está en el mercado, el consumidor tomará uno similar y dejará de vender.

ACCESIBILIDAD: el consumidor debe obtener el producto sin dificultad.

Un detalle que se debe tomar en cuenta al momento de lanzar un producto elaborado en termoplásticos, es que en este tipo de industrias no existen secretos, cualquier fabricante puede lograr un producto únicamente con observar las características del mismo y, a la vez, mejorarlo, se puede al observar la pieza moldeada, definir el sistema de expulsión, la forma de inyección, el material con que se elaboró, el único

detalle que no se puede definir con seguridad es el número de cavidades con que cuenta el molde.

Al tomar en cuenta las características del producto para elaborar el molde y definir su costo se hace en muchos casos con productos equivalentes del mercado, si se supone que el cliente encontró un **SEGURO PARA TOMACORRIENTE** en el mercado que satisface sus requerimientos y decide que es el que se desea vender, pero con éste desea realizar ciertas modificaciones, el cliente plantea sus requerimientos como se detalla a continuación.

ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO:

Diámetro exterior $\phi = 32.0$ mm.
Diámetro interior $\phi = 26.5$ mm.
Grosor de pared superior = 2.5 mm.
Grosor de pared soportes = 1.8 mm.
Anchura de los soportes = 6.0 mm.
Distancia entre soportes = 11.0 mm.
Distancia de borde a soporte = 8.7 mm.
Largo total de los soportes = 15.0 mm.
Angulo de referencia = $\alpha \Rightarrow 45^\circ$
Conicidad de los soportes = $\alpha \Rightarrow 2^\circ$
Radio del soporte = 4 mm.
Peso del seguro de referencia = 3.0 grs./unidad
Textura de los bordes = Bordes lisos

3.1.2.2 Peso

El peso de la pieza influye decisivamente para elegir la máquina que elaborará el producto, ésta se elige tomando en cuenta el peso total de material que inyectará en el molde incluyendo la colada, éste como se verá posteriormente determina el costo por utilización de material, lógicamente mientras mayor sea la cantidad de material, mayor deberá ser la capacidad de inyección de la máquina y mayor será su costo por hora de utilización, como se verá posteriormente.

Veáse ahora cómo se aplica en la fabricación del **SEGURO PARA TOMACORRIENTE** el cual mostrará lo expuesto, obsérvese la siguiente tabla que se muestra a continuación en la cual se determina para cada tipo de molde, los pesos de las piezas incluyendo el peso aproximado de su colada, además del peso promedio por unidad, lo que demuestra que a pesar de que los diversos moldes poseen menos cavidades, su consumo de material es diferente, ésto para evaluar algunos posibles moldes y tomando como referencia el peso de producto que se define entre las características de producto.

TABLA 3.a
PESOS DE PRODUCTO INCLUYENDO COLADA SEGUN NUMERO DE CAVIDADES DEL MOLDE, PARA ESTE EJEMPLO PARTICULAR

CAVIDADES	PESO INCLUYENDO LA COLADA	PESO DE LA COLADA	PESO PROMEDIO POR UNIDAD
2	10.80 grs	4.80 grs	5.400 grs.
4	20.90 grs	8.90 grs	5.225 grs.
8	41.70 grs	17.70 grs	5.213 grs.
12	62.20 grs	26.20 grs	5.183 grs.

TABLA 3.b
CAPACIDAD TEORICA DE INYECCION DE ALGUNAS MAQUINAS.

TONELAJE	PESO DE MATERIAL
35 TONS.	34 - 48 grs.
50 TONS.	105 grs.
100 TONS.	162 grs.

EXPLICACION

La columna cavidades se refiere al número de piezas con que puede contar el molde, la siguiente, peso incluyendo la colada, es el valor de peso de cada pieza (3.0 grs) multiplicado por su número de cavidades y agregándole el peso de la colada, la siguiente peso promedio por unidad, es el total de material inyectado entre el número de cavidades del molde.

El peso de las coladas de cada molde varía de acuerdo con el peso del producto que se va llenar y puede variar entre 5.0 y 30 gramos.

En el inciso 3.1.2.3 se mostrará que más que el peso de material a utilizar la limitante en muchos casos es el tamaño del molde.

3.1.2.3 Tamaño del molde

El tamaño del molde define también la máquina a la cual se va a destinar su producción, como se explicó al final del inciso anterior.

Para el SEGURO PARA TOMACORRIENTE si se observa el molde de 8 cavidades, según la tabla anterior, sería adecuado para producirse en una máquina de peso de inyección de 34 a 48 gramos, pero, como se verá posteriormente, el tamaño del molde define que se produzca en una máquina cuyo peso será de 105 gramos únicamente por las dimensiones del molde, como se observa en las tablas 3.c y 3.d de este inciso.

Este factor determina en muchos casos el costo del producto que se va a fabricar, pues, al ganar en número de unidades producidas, se pierde en cantidad de material a reciclar (colada) y en costo por utilización de hora de máquina para la fabricación, pues, mientras mayor es el peso de inyección así aumenta el tamaño de la máquina y debido a ello se incrementa el costo, acá es donde si se regresa al inciso 2.4.4 se establece que no siempre un molde de más cavidades es rentable para la producción.

También se obtiene otro comportamiento, existen productos en los cuales el tamaño del molde define su producción a una máquina supóngase de 34 a 48 gramos de peso de inyección, (35 toneladas) pero por el peso del producto es necesario que sea una máquina con capacidad de inyección mayor y, por lo tanto, de mayor costo.

Veáse algunos datos de tamaños de las platinas de las máquinas de inyección (una platina es la parte de la máquina donde se sostendrá el molde al momento de producir).

TABLA 3.c
DIMENSIONES DE LAS PLATINA DE ALGUNAS MAQUINAS DE INYECCION

MAQUINA CAPACIDAD	TAMAÑO DE LA PLATINA
35 TONS	205 X 205 mm.
50 TONS	305 x 305 mm.
100 TONS	400 x 400 mm.

TABLA 3.d
DIMENSIONES MAXIMAS DE MOLDES QUE SE PUEDEN COLOCAR EN LAS MAQUINAS DE INYECCION SEGUN SU CAPACIDAD

CAVIDADES	TIPO DE MOLDE	TAMAÑO DEL MOLDE	MAQUINA CAPACIDAD
2	CUADRADO	140 X 140 X 190 mm.	35 TONS
4	CUADRADO	180 X 180 X 190 mm.	35 TONS
8	RECTANGULAR	315 X 300 X 200 mm	50 TONS
12	RECTANGULAR	350 X 350 X 200 mm.	100 TONS

3.1.2.4 Volumen (cantidad) anual

El volumen de producción es fundamental para la construcción del molde, ya que de acuerdo a esta cantidad se decide el diseño óptimo del molde, (número de cavidades, tipo de material para su construcción, forma de expulsión, dimensiones, etc.) como se ha explicado en este trabajo, se prefiere de moldes de pocas cavidades en máquinas pequeñas que moldes de varias cavidades en máquinas grandes, esto debido a que el costo por hora de utilización de una máquina de mayor tamaño y capacidad es más elevado, caso contrario el costo de utilización

por hora de máquinas de poca capacidad es menor esta relación se entiende mejor en los cuadros que se representan mas adelante.

3.1.3 ELECCION DE LA MATERIA PRIMA A UTILIZAR

Definitivamente, el material se elegirá de acuerdo debido a la utilidad que se le dará al producto. Pero, en materia de producción no hay una diferencia significativa entre los diversos tipos de material en el mercado, ni diferencia entre los proveedores de materiales, todos pueden ser utilizados, únicamente el grado de fluidez del material, que quiere decir que mientras mayor sea el grado de fluidez (melt index) más fácilmente recorrerá las vías de llenado (colada) lo que beneficia el llenado de las cavidades del molde.

Volviendo al producto en referencia "SEGURO PARA TOMACORRIENTE" se elegirá como material de trabajo el POLIPROPILENO, por sus características de rigidez, estabilidad al calor, además de sus propiedades dieléctricas adecuadas al producto, un material de no muy alto costo ya que se encuentra en el mercado a un costo de US\$ 1.25 el kilo (C.I.F.) en estado virgen (US\$ 1.25 x Q 6.00 X 1 US\$ ≈ Q 7.50) si se refiere a proveedores dentro del mercado de materiales termoplásticos en este caso POLIPROPILENO

TABLA 3.e
PROVEEDORES DE POLIPROPILENO EN EL MERCADO Y SU COSTO

PROVEEDOR	INDICE DE FLUIDEZ melt index	DENSIDAD gr/cm ³	COSTO Kg. (C.I.F)
PROPIL	20.00	0.905	US\$1.281
EMOCU	12.00	0.910	US\$1.226
METEX	24.00	0.900	US\$1.240<-
SOLEX	11.00	0.903	US\$1.262
COSTO PROMEDIO			US\$1.252

Se elige la opción METEX debido a su alto índice de fluidez y su densidad más baja en comparación con las propuestas de los demás proveedores, este material hace que el llenado del producto sea mucho más rápido que con cualesquiera de las demás opciones y, a la vez, que el peso obtenible será el menor que con cualquiera de las elecciones, inclusive, el precio es competitivo entre todos los proveedores ya que es un poco más bajo que el costo promedio del material.

3.1.3.1 Opciones de material

En varios casos no es posible tener opciones de materiales, debido al tipo de producto o por la construcción del molde mismo; la razón es, como se explicó anteriormente, el molde se construye de acuerdo con el material con el cual se va a trabajar, considerando para ello las contracciones que presenta

el material, para este tipo de producto se puede utilizar, como equivalentes, todos los materiales POLIPROPILENO que se encuentran en el mercado ya que la única variación posible está en la contracción que presenta; este valor oscila entre 0.08 y 0.25%. Otro tipo de material equivalente que se pudiera usar es el POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD la desventaja es que no presenta las mismas características de rigidez y estabilidad al calor que el POLIPROPILENO.

Las únicas desventajas es que el POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD no posee en algunas variantes la misma densidad aunque la fluidez del mismo es mayor en casi todas las presentaciones comparadas con las del POLIPROPILENO, esto reduce su utilización. Las consideraciones que se deben tomar en la elaboración son, el peso, se incrementará debido a que la densidad es mayor, el tiempo de enfriamiento será mayor debido a un índice de viscosidad mayor, lo que incrementa el costo del producto

Otro factor importante a considerar en el cambio de material en el producto es el costo del mismo por ejemplo en este caso el POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD tiene un costo promedio de US\$1.33 el kilo CIF. (US\$1.33 x Q 6.00 X US\$1.00 = Q 7.98)

**TABLA 3.f
PROVEEDORES DE POLIETILENO ALTA DENSIDAD Y SU COSTO**

PROVEEDOR	INDICE DE FLUIDEZ (melt index)	DENSIDAD gr/cm ³	COSTO Kg. (C.I.F)
FLOW	25.00	0.955	US\$1.350
METEX	18.00	0.953	US\$1.291
MOB28	30.00	0.954	US\$1.366
MOB48	20.00	0.956	US\$1.298
COSTO PROMEDIO			US\$1.3263

3.1.4 CICLO ESTIMADO DE TRABAJO/PRODUCCION ESTIMADA

El ciclo de producto define la producción por hora y a la vez, éste determina el total de horas a invertir en la producción, lo que da el costo total por máquina utilizada, esto quiere decir que mientras menor sea el ciclo de trabajo, el producto será más rentable, esto se logra con un diseño de molde adecuado, si el funcionamiento del molde es como se espera éste deberá desplegar su pleno rendimiento con lo que se obtendrá un producción realmente rentable y productiva.

TABLA 3.g
CICLO PROMEDIO DE ALGUNOS MOLDES POR NUMERO DE
CAVIDADES Y SU PRODUCCION DIARIA ESTIMADA

CAVIDADES	CICLO PROMEDIO	PRODUCCION DIARIA
2	5.30 seg	32,604 u
4	9.00 seg	38,400 u
8	17.50 seg	39,497 u
12	25.30 seg	40,980 u

3.2 ELEMENTOS DE COSTO

Dentro de la industria termoplástica, todos los costos que se cargan al producto ya sea directos e indirectos, se distribuyen en su mayoría dentro del costo por utilización por hora de máquina.

3.2.1 COSTOS FIJOS

Los costos fijos son aquellos que no cambian con las fluctuaciones en el volumen producido de productos y servicios entre otros costos fijos se encuentran: las rentas o alquileres, algunos costos de mantenimiento, energía etc.

Para este caso, en particular se tomará como único costo fijo, el costo en la inversión del molde de inyección para simplificar la demostración, aunque se enfocará el costo de hora de máquina como un costo fijo, pero hasta el momento de verse relacionado con el ciclo del producto se convertirá en un costo variable de la pieza a producir.

3.2.1.1 Costo de fabricación del molde por tipo de molde

En el costo de un molde se toman en cuenta los siguientes factores:

- 1.- material que se utiliza para su construcción,
- 2.- horas-operador que se invierten en la fabricación y,
- 3.- horas-máquina que se invierten en el trabajo.

por ejemplo:

Se van a desglosar los costos que intervienen en la fabricación del molde de **SEGURO PARA TOMACORRIENTE** de 2,4,8 y 12 cavidades. (En los anexos se detallan cotizaciones por fabricación de moldes de cuatro y ocho cavidades.)

SEGURO PARA TOMACORRIENTE
NUMERO DE CAVIDADES: 2

Material : Acero 718, 705, DF-2.....Q 2,087.92

MANO DE OBRA

Horas de trabajo:144
Dias hábiles de trabajo..... 18
Salario de operador.....Q 76.67
Salario mensual.....Q 2,300.00
Salario diario del operador
incluídas sus prestaciones.....Q 117.96 (**)
Salario de operador por hora.....Q 14.74

Total de mano de obra..... Q 2,123.27

USO DE MAQUINAS HERRAMIENTAS

Horas de máquina a utilizar.....104
Costo por hora de máquina.....Q 80.00

Total de tiempo de máquina utilizado..... Q 8,320.00

Total de MAQ + M.O. Q 10,443.27
Ganancia aplicada (30 % en M.O y MAQ)..... Q 3,132.98
Interes aplicado al material (15%)..... Q 313.19

Costo total del molde..... Q 15,977.36

COSTO DEL MOLDE Q 16,000.00

* Se incluyen todos los gastos indirectos.

** Este cálculo se detalla, claramente, en los anexos

SEGURO PARA TOMACORRIENTE
NUMERO DE CAVIDADES: 4

Material : Acero 718, 705, DF-2.....Q 2,350.50

MANO DE OBRA

Horas de trabajo:208
Dias hábiles de trabajo..... 26
Salario de operador.....Q 76.67
Salario mensual.....Q 2,300.00
Salario diario del operador
incluídas sus prestaciones.....Q 117.96 (**)
Salario de operador por hora.....Q 14.74

Total de mano de obra..... Q 3,066.94

USO DE MAQUINAS HERRAMIENTAS

Horas de máquina a utilizar.....	128
Costo por hora de máquina.....	Q 80.00
Total de tiempo de máquina utilizado.....	Q 10 240.00
Total de MAQ + M.O.	Q 15,657.44
Ganancia aplicada (30 % en M.O y MAQ).....	Q 3,992.08
Interes aplicado al material (15%).....	Q 352.58
Costo total del molde.....	Q 20,002.10
COSTO DEL MOLDE	Q 20,000.00

- * Se incluyen todos los gastos indirectos.
- ** Este cálculo se detalla claramente en los anexos

SEGURO PARA TOMACORRIENTE NUMERO DE CAVIDADES: 8

Material : Acero 718, 705, DF-2.....Q 4,671.17

MANO DE OBRA

Horas de trabajo:	480
Dias hábiles de trabajo.....	60
Salario de operador.....	Q 76.67
Salario mensual.....	Q 2,300.00
Salario diario del operador incluidas sus prestaciones.....	Q 117.96 (**)
Salario de operador por hora.....	Q 14.74
Total de mano de obra.....	Q 7,077.56

USO DE MAQUINAS HERRAMIENTAS

Horas de máquina a utilizar.....	224
Costo por hora de máquina.....	Q 80.00
Total de tiempo de máquina utilizado.....	Q 17,920.00
Total de MAQ + M.O.	Q 24,997.56
Ganancia aplicada (30 % en M.O y MAQ).....	Q 7,499.27
Interes aplicado al material (15%).....	Q 700.68
Costo total del molde.....	Q 37,868.67
COSTO DEL MOLDE	Q 38,000.00

- * Se incluyen todos los gastos indirectos.
- ** Este cálculo se detalla claramente en los anexos

SEGURO PARA TOMACORRIENTE
NUMERO DE CAVIDADES: 12

Material : Acero 718, 705, DF-2.....Q 6,897.50

MANO DE OBRA

Horas de trabajo: 720
Dias hábiles de trabajo..... 90
Salario de operador.....Q 76.67
Salario mensual.....Q 2,300.00
Salario diario del operador
incluidas sus prestaciones.....Q 117.96 (**)
Salario de operador por hora.....Q 14.74

Total de mano de obra..... Q 10,616.34

USO DE MAQUINAS HERRAMIENTAS

Horas de máquina a utilizar..... 440
Costo por hora de máquina.....Q 80.00

Total de tiempo de máquina utilizado..... Q 35,200.00

Total de MAQ + M.O. Q 45,816.34
Ganancia aplicada (30 % en M.O y MAQ)..... Q 13,744.90
Interes aplicado al material (15%)..... Q 1,034.63

Costo total del molde..... Q 67,493.37

COSTO DEL MOLDE Q 67,500.00

- * Se incluyen todos los gastos indirectos.
- ** Este cálculo se detalla claramente en los anexos

3.2.1.2 Costo por materia prima

Para obtener el costo por materia prima se calcula tomando en cuenta el peso total de la colada, para el caso práctico que se tiene bajo estudio.

TABLA 3.h
DETALLE DE CONSUMO DE MATERIAL Y SU COSTO

PARA UN PEDIDO DE 600,000 UNIDADES

Costo de Material POLIPROPILENO: Q 7.50 KG.

En este cálculo no interviene el ciclo de producción por número de cavidades, únicamente, el costo de material utilizado

CAVIDADES	PESO INCLUYENDO LA COLADA	CONSUMO DE MATERIAL (Kg)
2	10.80 grs	3,240.00 Kg.
4	20.90 grs	3,135.00 Kg.
8	41.70 grs	3,127.50 Kg.
12	62.20 grs	3,110.00 Kg.

CAVIDADES	COSTO POR MATERIAL
2	Q 24,294.90
4	Q 23,512.50
8	Q 23,456.25
12	Q 23,325.00

3.2.1.3 Costo por hora de máquina utilizada

En el costo de inversión del molde tiene una importancia relevante el costo de la máquina que se utilizará para su elaboración, éste se obtiene en relación a la capacidad o fuerza de cierre de la máquina (toneladas), su capacidad de inyección la cual se presenta en onzas y gramos, la potencia que consume en (KW).

Este cálculo se explicará con mayor detalle en un inciso posterior en este mismo capítulo.

A continuación se presentan algunos costos típicos de costos por hora de utilización de máquina en la industria termoplástica.

TABLA 3.i
DATOS TÍPICOS EN LA INDUSTRIA TERMOPLASTICA DE COSTOS POR HORA DE UTILIZACION DE MAQUINA DE ACUERDO A SU CAPACIDAD

CAPACIDAD (TONS)	POTENCIA (KW)	INYECCION (ONZ/GRS)	COSTO POR HORA (Q)
35	10	1.2/34	90.00
35	10	1.7/48	95.00
50	17	3.7/105	110.00
90	36	8.7/247	120.00
100	20	5.7/162	125.00
100	20	7.0/200	140.00
225	53	20.0/568	180.00
250	67	12.0/340	200.00
300	30	27.0/766	250.00
350	63	26.5/752	300.00
400	73	46.0/1305	425.00
700	122	73.0/2071	610.00
850	155	100.0/2838	750.00
1200	205	259.0/7350	950.00

PARA UN PEDIDO DE 600,000 UNIDADES ANUALES

CAVIDADES	CICLO (SEG)	HRS DE TRABAJO	COSTO POR HORA DE MAQ	COSTO HRS INVERTIDAS
2	5.30	442	Q 90.-	Q 42,000.00
4	9.00	375	Q 90.-	Q 33,750.00
8	17.50	365	Q 110.-	Q 40,104.17
12	25.30	351	Q 125.-	Q 43,923.61

3.2.2 COSTOS VARIABLES (Ciclo de trabajo)

Los costos variables son aquellos que se modifican con los cambios en el volumen de producción, principalmente, los costos de materia prima y mano de obra directa aunque también algunos costos de mantenimiento aumentan cuando se ha usado más el equipo. Además, los costos de energía aumentarán al incrementarse las unidades producidas.

La ventaja de la mayoría del equipo nuevo sobre el equipo viejo está en el área de costos operativos: el nuevo equipo puede estar diseñado para rendir mayores cantidades por hora; además, puede contar con aspectos automáticos que reducen el número de personas y a operar por más tiempo con menos mantenimiento.

Uno de los costos que influyen decisivamente en el costo del producto es el que corresponde al ciclo de trabajo del molde ya que éste determina no sólo la producción diaria del molde sino que, a la vez, disminuye considerablemente el costo por unidad ya que al tener una reducción en el ciclo, se obtiene una reducción en el tiempo de utilización de máquina, si el ciclo es corto y el costo por hora de la máquina alto, se mantiene el costo, si por el contrario, el ciclo es largo y el costo por hora de máquina es alto, el costo se incrementa considerablemente.

PARA UN PEDIDO DE 600,000 UNIDADES

COSTO HR-MAQ	CAVIDADES	CICLO	# HRS	COSTO TOTAL
Q 90.00	2	5.30	442	Q39,780.-
Q 90.00	2	7.30	608	Q54,720.-
DIFERENCIA EN COSTO				Q14,940.-
Q 90.00	4	9.00	375	Q33,750.-
Q 90.00	4	11.0	458	Q41,250.-
DIFERENCIA EN COSTO				Q 7,500.-
Q110.00	2	5.30	442	Q48,620.-
Q110.00	2	7.30	608	Q66,880.-
DIFERENCIA EN COSTO				Q18,260.-

Q110.00	4	9.00	375	Q41,250.-
Q110.00	4	11.0	458	Q50,380.-
DIFERENCIA EN COSTO				Q 9,130.-
Q125.00	2	5.30	442	Q55,250.-
Q125.00	2	7.30	608	Q76,000.-
DIFERENCIA EN COSTO				Q20,750.-
Q125.00	4	9.00	375	Q46,875.-
Q125.00	4	11.0	458	Q57,250.-
DIFERENCIA EN COSTO				Q10,375.-

Como se observa claramente, un incremento de tan sólo dos segundos (2) en el ciclo de producción equivale a un aumento global en el costo en el menor de los casos de Q7,500.- tomando en cuenta que se muestra el costo por hora de máquinas pequeñas cuyo costo es relativamente bajo, es una pérdida considerable.

3.2.3 COSTO POR UTILIZACION DE HORA DE MAQUINA (cálculo)

Detalle del cálculo por utilización de hora de máquina para máquinas pequeñas de 35 toneladas y 34-48 gramos promedio de capacidad de inyección, (considerando condiciones ideales de operación).

Costo promedio de máquinas de inyección de este tipo		\$.42,500.00
precio F.O.B		
1.- Costo por consumo de energía		Q 3,011.85
Potencia promedio de la máquina	10 KW	
Costo por Kw de demanda	Q 16.10	
Costo por Khh utilizado	Q 0.45	
Horas totales de trabajo/mes	720 horas	
Horas efectivas de trabajo/mes	576 horas	
Demanda instalada	225 KW	Q 362.25
Consumo promedio mensual	5,760 KWH	Q 2,649.60
2.- Costo por espacio ocupado		Q 13,214.00
Valor del edificio (2,250 mts ²)		Q 1,850,000.00
Area ocupada por maquinaria		1,890 mts. ²
Area promedio ocupada por máquina pequeña		13.5 mts. ²
3.- Costo por reparaciones y mantenimiento		Q 15,840.00
(incluyendo insumos)		
Horas de tiempo de máquina perdidas por mantenimiento correctivo y/o preventivo al mes	144 horas	
Costo promedio por hora del personal de mantenimiento	Q 110.00	
4.- Costo por depreciación de máquina al mes		Q 5,312.50
Costo promedio de máquina		Q 318,750.00
Total de horas de depreciación al año		43,200 horas
Costo de hora depreciada		Q 7.38
5.- Costo de operación		Q 16,512.52
Mano de obra directa del operador/mes		Q 1,150.00
Costo por capacidad de máquina (en base a poliestireno operado)		Q 2,710.48
Costo por producto defectuoso (10 %)		Q 2,153.81
Costo promedio ponderado por Kg de material operado		Q 7.8345
Total de Kg de materiales operados		1,340 kg.
Costo por material operado		Q 10,498.23
Total de costos		Q 51,776.89
Costo por hora efectiva de trabajo		Q 89.89 ≈ Q 90.00

3.3 ACUMULACION DE COSTOS

1.- COSTO POR UTILIZACION DE HORA DE MAQUINA PARA UN PEDIDO DE 600,000 UNIDADES ANUALES

MOLDE CAVIDADES	Q HORA DE MAQUINA	HORAS INVERTIDAS	COSTO TOTAL POR HORAS INVERTIDAS
2	Q 90.00	442	Q 42,000.00
4	Q 90.00	375	Q 33,750.00
8	Q 110.00	369	Q 40,104.17
12	Q 125.00	365	Q 43,923.61

COSTO UNITARIO ASOCIADO

MOLDE CAVIDADES	COSTO Q /UNIDAD
2	Q 0.0700
4	Q 0.0563
8	Q 0.0668
12	Q 0.0732

2.- COSTO POR MATERIAL A UTILIZAR

UTILIZANDO: POLIPROPILENO
PEDIDO DE: 600,000 UNIDADES ANUALES
PRECIO POR KG. DE MATERIAL: Q 7.50

MOLDE CAVIDADES	KGS. INVERTIDOS	COSTO TOTAL POR MATERIAL USADO
2	3,240.00	Q 24,300.00
4	3,135.00	Q 23,512.50
8	3,127.50	Q 23,456.25
12	3,110.00	Q 23,325.00

COSTO UNITARIO ASOCIADO

MOLDE CAVIDADES	COSTO Q /UNIDAD
2	Q 0.0405
4	Q 0.0392
8	Q 0.0391
12	Q 0.0389

ACUMULANDO LOS COSTOS:

MOLDE CAVIDADES	COSTO GLOBAL POR HORA-MAQUINA INVERTIDA	COSTO GLOBAL POR MATERIA PRIMA	TOTAL
2	Q 42,000.00	Q 24,300.00	Q 66,300.00
4	Q 33,750.00	Q 23,512.50	Q 57,262.50
8	Q 40,104.17	Q 23,456.25	Q 63,560.42
12	Q 43,923.61	Q 23,325.00	Q 67,248.61

MOLDE CAVIDADES	COSTO DE FABRICACION Q /UNIDAD	
2	Q 0.1105	
4	Q 0.0954	<-- PRIMERA OPCION DE FABRICACION
8	Q 0.1059	<-- SEGUNDA OPCION DE FABRICACION
12	Q 0.1121	

3.4 ANALISIS DE PRECIOS

La determinación de precio de los productos es un proceso complicado que involucra muchas consideraciones. Aunque de mucha importancia, el costo es sólo un factor. Entre otros factores ajenos al costo que afectan la determinación de precios están:

- * la naturaleza de la industria,
- * el grado de competencia entre diferentes industrias y dentro de la misma industria,
- * la elasticidad de la demanda,
- * las condiciones económicas,
- * la situación financiera de la empresa,
- * las características del producto,
- * los patrones institucionales,
- * el nivel de actividad de la planta,
- * las restricciones del gobierno y
- * las acumulaciones de inventario.

Está más allá de los objetivos de este trabajo evaluar la importancia de cada uno de estos factores ajenos al costo en la toma de decisiones para la determinación de precios. El interés principal está en la forma en que se emplea la información sobre los costos en la industria termoplástica para determinar los precios, a la par de ello es de hacer notar que en ocasiones no es realista hacer un análisis sobre la base de los costos solamente, es probable tener que enfrentarse con una estructura de precios ya existente en el mercado, pero en este caso, la relación entre los costos y los precios tiene la tendencia a invertirse, en lugar de actuar como base para la determinación de precios, los costos sirven para evaluar la conveniencia de aceptar o rechazar un negocio al nivel de precios que prevalece en el mercado mismo.

Por mucho tiempo, la teoría de los precios ha constituido la corriente principal del pensamiento económico. Los economistas están preocupados por la forma en que se distribuyen los recursos entre los posibles usos alternativos. En una economía competitiva, esto se logra, principalmente, por medio del precio del mercado.

La teoría económica clásica se basa sobre el concepto de la competencia pura, en la cual se logra un precio de mercado de equilibrio cuando el precio de los artículos exigidos por el consumidor iguala al precio de los artículos exigidos por el proveedor. Si hay una oferta excesiva los precios bajarán. Si la demanda de los consumidores excede la disponibilidad de artículos, los precios subirán.

Existe competencia pura en el mercado cuando;

- 1.- existe un número suficientemente grande de compradores y vendedores para impedir un control del mercado por un individuo o un grupo de proveedores;
- 2.- los productos suministrados son homogéneos y perfectamente sustituibles;
- 3.- los factores de producción son móviles y pueden trasladarse hacia la industria o empresa que ofrezca los mayores rendimientos;
- 4.- no hay impedimentos para que las empresas puedan ingresar o salir libremente de la industria y
- 5.- todos los vendedores y compradores se encuentran perfectamente informados acerca de las condiciones del mercado.

Regresando al ejemplo de aplicación en el SEGURO PARA TOMACORRIENTE, el precio de venta se ha establecido sobre la base de costo total siendo, éstos, iguales al costo total de fabricación más un aumento por gastos de ventas y administrativos y el margen de utilidades deseado; en las siguientes líneas aparece un análisis clásico de precio de producto por lo regular se desea un margen de utilidad del 30 %, de acuerdo con ello, véase el cálculo para el SEGURO PARA TOMACORRIENTE

a.- MATERIALES + COSTOS DIRECTOS = COSTO PRIMO

$$a.- Q 0.0392 + Q 0.0563 = Q 0.0954$$

b.- Se considerará un incremento del 11.0 % sobre el costo primo como Gastos Indirectos de Fabricación =>

b.- COSTO PRIMO + GASTOS INDIRECTOS DE FABRICACION = COSTO DE FABRICACION

$$b.- Q 0.0954 + Q 0.0105 = Q 0.1059 = COSTO DE FABRICACION$$

c.- Se considerará un incremento del 3.0% sobre el costo de fabricación para establecer el Costo de Ventas, porque este producto por ser específico no considera gastos de venta =>

c.- COSTO DE FABRICACION + GASTOS ADMINISTRATIVOS Y DE VENTA =
COSTO DE VENTAS

c.- $Q\ 0.1059 + Q\ 0.0032 = Q\ 0.1091 = \text{COSTO DE VENTAS}$

d.- Se considerará una utilidad de fabricante del 12% este porcentaje de utilidad es la manejada por los fabricantes en productos de este tipo.

d.- COSTO DE VENTAS + UTILIDAD DE FABRICANTE = PRECIO DE VENTA AL
CLIENTE

d.- $Q\ 0.1091 + Q\ 0.0131 = Q\ 0.1222 = \text{PRECIO DE VENTA AL CLIENTE}$

Todos los cálculos del cuadro anterior se hacen tomando como base la mejor opción de fabricación del SEGURO PARA TOMACORRIENTE, lográndose esto con un molde de 4 cavidades. Si se cree que el cliente desea un margen de utilidad del 33.33 %, el precio de venta sería:

d.- COSTO DE VENTAS + 30 % DE UTILIDAD = PRECIO DE VENTAS

$Q\ 0.1200 + 30\ \% = \text{precio de venta}$

$30\ \% \text{ de } 0.1200 = Q\ 0.0400$

$Q\ 0.1200 + Q\ 0.0400 = Q\ 0.1600 \rightarrow$

$Q\ 0.16 \text{ precio de venta por unidad}$

La investigación de mercado respecto del cliente manifestó que los precios de productos equivalentes en el mercado determinan que un SEGURO PARA TOMACORRIENTE tiene un precio de $Q\ 0.25$, es posible comercializar el producto en el mercado a un precio máximo de $Q\ 0.20$, esto supone un margen de utilidad del 66.67%, por lo tanto, se tomará el costo como parámetro para realizar la inversión y se regirá por el precio del mercado, tomando en cuenta que, si el producto equivalente puede reducir su precio se sabrá hasta que margen se puede reducir el precio fijado.

REPUBLICA DE LA UNION SUARICA DE GUATEMALA
Biblioteca Central

TABLA
CALCULO DEL PRECIO DE VENTA AL CLIENTE

CALCULO DEL PRECIO DE VENTA AL CLIENTE		
COSTO PRIMO		Q 0.0954
+ G.I.F	11.00%	Q 0.0105
COSTO FABRICACION		Q 0.1059
+ GASTO DE ALMACENAJE	0.00%	Q 0.0000
+ GASTO ADMINISTRACION	1.00%	Q 0.0011
+ GASTOS DE ENVIO	2.00%	Q 0.0021
GASTOS DE ALM/VENTAS/ENVIO		Q 0.0032
COSTO DE VENTA AL CLIENTE		Q 0.1091
+ UTILIDAD/FABRICANTE	12.00%	Q 0.0131
PRECIO DE VTA. AL CLIENTE		Q 0.1200
PRECIO AL CONSUMIDOR	Q 0.2000	
COSTO DE VENTAS	Q 0.1200	
COSTO DEL MOLDE	Q 20,000.00	
UNIDADES	250,000	

3.5 PUNTO DE EQUILIBRIO

3.5.1 ANALISIS DEL PUNTO DE EQUILIBRIO

La introducción de un nuevo producto entre los ya existentes sólo debe llevarse a cabo en caso de que se haya efectuado de antemano un análisis económico completo.

El análisis del punto de equilibrio es un método que proporciona al inversionista una comprensión rápida del ingreso de venta, y costos totales y la forma en que están relacionados con distintos volúmenes de producción y ventas; este análisis suele hacerse con una gráfica, siendo así como más fácilmente se comprende, esta gráfica está compuesta de un eje horizontal (unidades) y un eje vertical (unidades monetarias).

Si una gráfica se logran trazar las curvas de Costos Fijos, Costos variables, Ingresos Totales y Costos Totales, el punto que se obtiene de la intersección de las curvas de Ingresos Totales y Costos Totales se le llama PUNTO DE EQUILIBRIO y se le llama así porque es el punto donde el volumen total de ventas es justamente suficiente para cubrir los costos fijos más los variables de operación sin que se obtenga una utilidad ni se sufra una pérdida, la empresa cubre sus gastos.

Cualquier volumen de ventas mayor que el de equilibrio da lugar a una utilidad neta, caso contrario cualquier volumen menor da lugar a una pérdida neta. Esto se puede notar por el hecho de que la curva costo total está arriba de la de ingreso total a la izquierda del volumen de equilibrio y abajo de la curva de ingreso total a la derecha del volumen de equilibrio.

La principal ventaja del análisis del punto de equilibrio sobre otros métodos de control está en que es más fácil de calcular y comprender. Estas ventajas llegan al hombre de empresa al costo de cierta inexactitud en los resultados, pero, para vencer cierta inexactitud debe emplearse cierta depuración en la clasificación de los costos fijos (en este caso el costo fijo se refiere a la inversión en el molde) los costos variables y la obtención de ingresos.

Cálculo de Punto de Equilibrio, para este caso particular:

$$\text{Ingresos Totales} = \text{Costos Totales}$$

$$\text{Precio de Venta X unidades} = \text{Costo de molde} + \text{Costo venta X unidades}$$

$$\text{unidades} = \text{costo de molde} / (\text{precio de venta} - \text{costo venta})$$

$$\text{unidades} = Q 20,000.- / (Q 0.20 - Q 0.12)$$

$$\text{unidades de equilibrio} = 250,000$$

TABLA 3.j
PUNTO DE EQUILIBRIO

TIEMPO	UNIDADES	INGRESO TOTAL	C. VARIABLE TOTAL	COSTO TOTAL	GANANCIA
	0	Q 0.00	Q 0.00	Q 20,000.00	(Q 20,000.00)
	10,000	Q 2,000.00	Q 1,200.00	Q 21,200.00	(Q 19,200.00)
	20,000	Q 4,000.00	Q 2,400.00	Q 22,400.00	(Q 18,400.00)
	30,000	Q 6,000.00	Q 3,600.00	Q 23,600.00	(Q 17,600.00)
	40,000	Q 8,000.00	Q 4,800.00	Q 24,800.00	(Q 16,800.00)
MES 1	50,000	Q 10,000.00	Q 6,000.00	Q 26,000.00	(Q 16,000.00)
	60,000	Q 12,000.00	Q 7,200.00	Q 27,200.00	(Q 15,200.00)
	70,000	Q 14,000.00	Q 8,400.00	Q 28,400.00	(Q 14,400.00)
	80,000	Q 16,000.00	Q 9,600.00	Q 29,600.00	(Q 13,600.00)
MES 2	90,000	Q 18,000.00	Q 10,800.00	Q 30,800.00	(Q 12,800.00)
	100,000	Q 20,000.00	Q 12,000.00	Q 32,000.00	(Q 12,000.00)
	110,000	Q 22,000.00	Q 13,200.00	Q 33,200.00	(Q 11,200.00)
	120,000	Q 24,000.00	Q 14,400.00	Q 34,400.00	(Q 10,400.00)
	130,000	Q 26,000.00	Q 15,600.00	Q 35,600.00	(Q 9,600.00)
MES 3	140,000	Q 28,000.00	Q 16,800.00	Q 36,800.00	(Q 8,800.00)
	150,000	Q 30,000.00	Q 18,000.00	Q 38,000.00	(Q 8,000.00)
	160,000	Q 32,000.00	Q 19,200.00	Q 39,200.00	(Q 7,200.00)
	170,000	Q 34,000.00	Q 20,400.00	Q 40,400.00	(Q 6,400.00)
	180,000	Q 36,000.00	Q 21,600.00	Q 41,600.00	(Q 5,600.00)
MES 4	190,000	Q 38,000.00	Q 22,800.00	Q 42,800.00	(Q 4,800.00)
	200,000	Q 40,000.00	Q 24,000.00	Q 44,000.00	(Q 4,000.00)
	210,000	Q 42,000.00	Q 25,200.00	Q 45,200.00	(Q 3,200.00)
	220,000	Q 44,000.00	Q 26,400.00	Q 46,400.00	(Q 2,400.00)
	230,000	Q 46,000.00	Q 27,600.00	Q 47,600.00	(Q 1,600.00)
	240,000	Q 48,000.00	Q 28,800.00	Q 48,800.00	(Q 800.00)
MES 5	250,000	Q 50,000.00	Q 30,000.00	Q 50,000.00	Q 0.00
	260,000	Q 52,000.00	Q 31,200.00	Q 51,200.00	Q 800.00
	270,000	Q 54,000.00	Q 32,400.00	Q 52,400.00	Q 1,600.00
	280,000	Q 56,000.00	Q 33,600.00	Q 53,600.00	Q 2,400.00
MES 6	290,000	Q 58,000.00	Q 34,800.00	Q 54,800.00	Q 3,200.00
	300,000	Q 60,000.00	Q 36,000.00	Q 56,000.00	Q 4,000.00
MES 7	350,000	Q 70,000.00	Q 42,000.00	Q 62,000.00	Q 8,000.00
MES 8	400,000	Q 80,000.00	Q 48,000.00	Q 68,000.00	Q 12,000.00
MES 9	450,000	Q 90,000.00	Q 54,000.00	Q 74,000.00	Q 16,000.00
MES 10	500,000	Q 100,000.00	Q 60,000.00	Q 80,000.00	Q 20,000.00
MES 11	550,000	Q 110,000.00	Q 66,000.00	Q 86,000.00	Q 24,000.00
MES 12	600,000	Q 120,000.00	Q 72,000.00	Q 92,000.00	Q 28,000.00

NOTAS: VALORES ENTRE PARENTESIS INDICAN PERDIDA

CONCLUSIONES

1.- La inversión en moldes para inyección es rentable para personas individuales y colectivas.

2.- Los moldes para inyección de artículos elaborados en materiales termoplásticos, son herramientas que deben ser elaborados con precisión, exactitud y con acabado perfecto.

3.- Los costos en que se incurre al invertir en moldes para inyección de artículos elaborados en materiales termoplásticos, se concentran en:

- * precio del molde;
- * costo de hora de máquina;
- * costo por material termoplástico.

4.- Los pasos que se siguen durante la construcción de un molde son:

- * elección del producto a elaborar;
- * diseño del molde;
- * compra de material (acero)
- * utilización de máquinas herramientas en la elaboración;
- * 1a. prueba del molde en máquina;
- * refinamiento de funcionamiento y cambios de acabado final;
- * 2a. prueba en máquina;
- * acabado final.

- 5.- La mayor productividad al momento de construir moldes de inyección, no se obtiene con moldes de varias cavidades de gran tamaño, se obtiene con moldes pequeños de una a cuatro cavidades que se coloquen en máquinas pequeñas, debido a que el costo por hora utilización de éstas, es menor que en una máquina de mayor capacidad.
- 6.- Malos diseños de moldes, hacen incurrir al fabricante en altas pérdidas en costos de producción.
- 7.- Si un molde fue construido con la idea de producir 100,000 unidades el precio de costo de un molde de inyección se puede absorber fácilmente diluyendo el precio de éste entre la primera tanda de producción que se tiene planificada, descontando este costo al producto en las tandas de producción siguientes, si se desea.
- 8.- En cada molde que se construye, se debe considerar siempre el material y sus opciones para la fabricación del producto y esto para ahorrar costos de construcción de moldes, es decir no tener varios moldes para el mismo producto únicamente porque se va a elaborar en otro material termoplástico.

RECOMENDACIONES

- 1.- Elegir productos que tengan alta rotación, que sean sencillos y que no requieran de ensambles o tratamientos posteriores, además que sean de bajo peso y grosor.
- 2.- Realizar siempre buenos diseños de moldes para no caer en problemas posteriores de mal funcionamiento, lo cual incrementa los costos.
- 3.- Realizar siempre, un plano con el diseño del molde, para que se tengan notas claras, al momento de necesitarse una reparación, y cualquiera pueda conocer el molde al ver el plano.
- 4.- Utilizar buena calidad de aceros en la construcción de moldes, para que los gastos de mantenimiento de los mismos se reduzcan al mínimo (tiendan a cero).
- 5.- Durante las pruebas de molde, lograr que el diseñador del molde, el fabricante y el moldeador, logren un acuerdo de modificaciones cuando el molde no logra el funcionamiento que se espera y el ciclo máximo que se requiere.

BIBLIOGRAFIA

BODINI, Gianni. Moldes y Máquinas de inyección para la transformación de plásticos

México: Editorial McGRAW - HILL, 1,992
2a. edición, TOMOS 1 Y 2, 435p

MINK, Walter. Inyección de plásticos

Barcelona: Editorial GUSTAVO GILI, 1,977
2a. edición, 476p

BACKER, JACOBSEN, RAMIREZ, PADILLA. Contabilidad de costos

México: Editorial McGRAW - HILL, 1,983
2a. edición, 743p

HOPEMAN, Richard J. Administración de Producción y Operaciones

México: Editorial C.E.C.S.A, 1,987
3a. edición, 662p

JOHNSON, Richard A. Administración de la Producción y las Operaciones

Boston: Editorial HOUGHTON, 1,974
4a. edición, 445p

WEIR, Clifford I. Introduction to Injection Molding

Connecticut: Society of plastics engineers, 1,975
Processing Series, 3rd. Edition, 82p

**CALCULO DEL SALARIO DE UN OPERADOR DE
MAQUINAS HERRAMIENTAS INCLUIDAS SUS
PRESTACIONES DE LEY**

1.-	SALARIO ORDINARIO MENSUAL	Q 2,300.00	
2.-	COSTO DE LA HORA EXTRAORDINARIA DE LABOR	Q 14.38	
3.-	NUMERO DE HORAS APROXIMADAS MES	10	
4.-	SALARIO ORDINARIO ANUAL		Q 27,600.00
5.-	SALARIO EXTRAORDINARIO ANUAL		Q 1,725.00
6.-	SALARIO ANUAL		Q 29,325.00
7.-	BONO 14	Q 2,443.75	
8.-	AGUINALDO	Q 2,443.75	
9.-	VACACIONES	Q 1,150.88	
10.-	DECRETO 78-89	Q 840.00	
11.-	INDEMNIZACION	Q 3,176.88	
12.-	IGSS	Q 2,932.50	
13.-	IRTRA	Q 82.80	
14.-	TOTAL DE PRESTACIONES (I.V.A)		Q 13,141.55
15.-	SALARIO ANUAL INCLUIDAS PRESTACIONES		Q 42,466.55
16.-	SALARIO MENSUAL INCLUIDO EL I.V.A	Q 3,538.88	
17.-	SALARIO DIARIO DEL OPERADOR	Q 117.96	

DETALLE DE CALCULOS:

TODOS LOS CALCULOS SE HACEN CON BASE EN MESES DE 30 DIAS, 8 HORAS DIARIAS, EN JORNADA DIURNA DE TRABAJO, TOMANDO EN CUENTA QUE TODOS ESTOS CALCULOS DEBERIAN ESTAR CONSIDERADOS EN EL SALARIO DE TODO EMPLEADO A NIVEL INDUSTRIAL

- 1.- SALARIO ORDINARIO MENSUAL: EL SALARIO DEL OPERADOR
- 2.- COSTO DE LA HORA EXTRAORDINARIA DE LABOR: EL SALARIO ORDINARIO DEL OPERADOR DIVIDIDO EN 240 HORAS MES MULTIPLICADO POR 1.5
- 3.- NUMERO DE HORAS EXTRAORDINARIAS MES: EL NUMERO DE HORAS EXTRAS QUE POR LO REGULAR LABORA UN OPERADOR DE MAQUINAS HERRAMIENTAS AL MES.
- 4.- SALARIO ORDINARIO ANUAL: EL SALARIO MENSUAL MULTIPLICADO POR 12 MESES
- 5.- SALARIO EXTRAORDINARIO ANUAL: EL TOTAL DE HORAS EXTRAORDINARIAS MENSUALES MULTIPLICADO POR EL COSTO DE LA HORA EXTRAORDINARIA
- 6.- SALARIO ANUAL: LA SUMA DEL SALARIO ORDINARIO ANUAL Y EL SALARIO EXTRAORDINARIO ANUAL.

7.- DECRETO 42-92: (BONO 14) EL CALCULO DE UN SALARIO MENSUAL A PARTIR DE LOS SALARIOS ORDINARIOS Y EXTRAORDINARIOS COMPENDIDOS DEL PERIODO DE 1 DE JULIO A 30 DE JUNIO DEL SIGUIENTE AÑO Y CANCELADO A PARTIR DE LA PRIMERA QUINCENA DEL MES DE JULIO DE CADA AÑO.

8.- DECRETO 76-78: (AGUINALDO): EL CALCULO DE UN SALARIO MENSUAL A PARTIR DE LOS SALARIOS ORDINARIOS Y EXTRAORDINARIOS COMPENDIDOS DEL PERIODO DE 1 DE DICIEMBRE AL 30 DE NOVIEMBRE DEL SIGUIENTE AÑO Y CANCELADO 50% EN LA PRIMERA QUINCENA DE DICIEMBRE Y EL OTRO 50% EN ENERO DEL SIGUIENTE AÑO.

9.- VACACIONES: REGULADO POR EL DECRETO LEGISLATIVO 1441 DEL CONGRESO DE LA REPUBLICA, PARA ESTE CASO EN PARTICULAR ESTA CALCULADO, EN BASE AL PAGO DEL SALARIO ORDINARIO DE 15 DIAS HABILES. EN ESTE CASO Q 76.67 MULTIPLICADO POR 15 DIAS.

10.- DECRETO 78-89: (BONIFICACION INCENTIVO) : RESULTA DE MULTIPLICAR LA BONIFICACION MENSUAL Q 70.00 POR 12 MESES .

11.- INDEMNIZACION: REGULADO POR EL DECRETO LEGISLATIVO 1441 DEL CONGRESO DE LA REPUBLICA. CALCULADO PARA ESTE CASO SOBRE LA BASE DE UN SALARIO MENSUAL (INCLUIDOS ORDINARIO, EXTRAORDINARIO Y 42-92) POR CADA AÑO DE SERVICIO PARA ESTE CASO PARTICULAR EL TOTAL DEL RENGLON 6 Y RENGLON 7 DIVIDIDO ENTRE 12 AGREGANDO UN 30% DE VENTAJAS ECONOMICAS.

12.- IGSS: SE PAGA UN TOTAL DE 14.5 % DE LOS CUALES EL 4.5 % LO PAGA EL TRABAJADOR Y EL 10% RESTANTE LO REALIZA LA EMPRESA SOBRE LA BASE DEL SALARIO DEL EMPLEADO EN ESTE CASO SERÍA EL 10% DEL TOTAL DEL RENGLON 6.

13.- IRTRA: SE PAGA EL 0.3% DEL TOTAL DEL SALARIO DEL TRABAJADOR EN ESTE CASO EL 0.3 % DEL TOTAL DEL RENGLON 4.

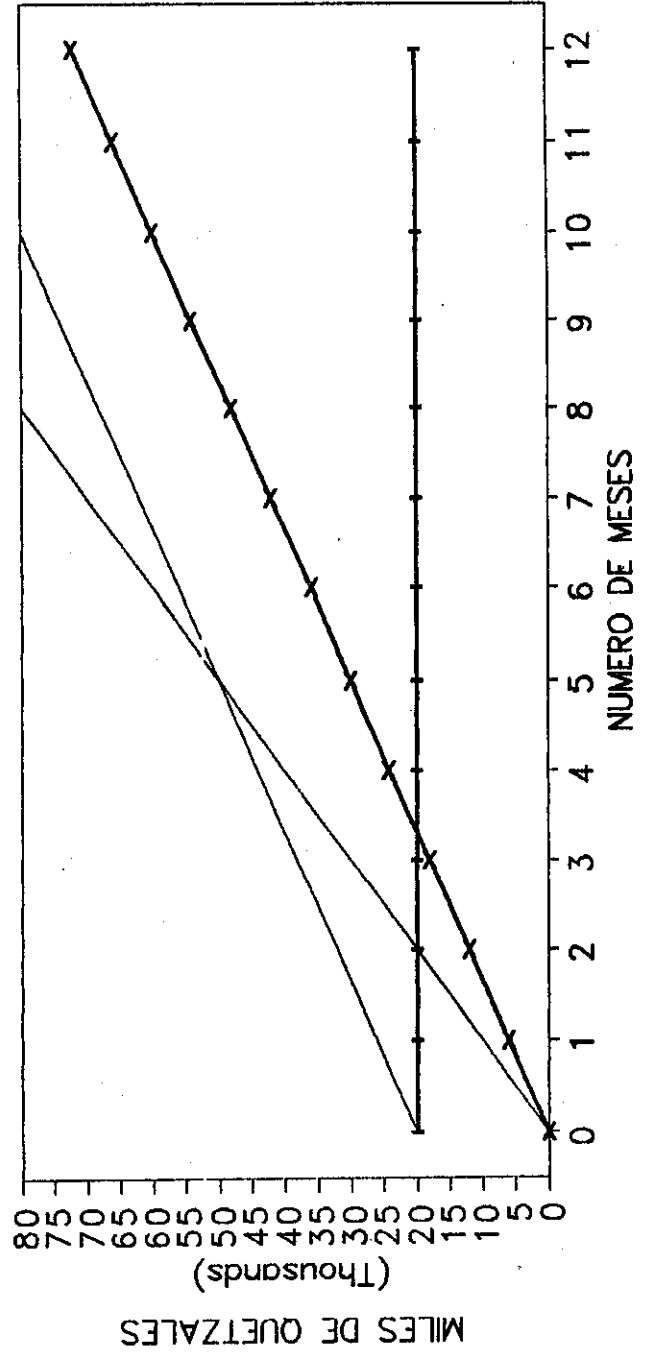
14.- TOTAL DE PRESTACIONES: LA SUMA DE LOS RENGLONES DEL 7 AL 13.

15.- SALARIO ANUAL INCLUIDAS PRESTACIONES: LA SUMA DEL RENGLON 6 CON EL RENGLON 14.

16.- SALARIO MENSUAL INCLUIDAS PRESTACIONES: SE DIVIDE EL TOTAL DEL RENGLON 15 ENTRE 12 MESES.

17.- SALARIO DIARIO DEL OPERADOR: EL TOTAL DEL RENGLON 16 ENTRE 30 DIAS.

GRAFICA DE PUNTO DE EQUILIBRIO SEGURO PARA TOMACORRIENTE



—+— COSTO FIJO —x— COSTO VARIABLE — COSTO TOTAL — INGRESO TOTAL

PLASTIMOLD

CALZADA SAN JUAN 25-20, ZONA 7 - TELEFONO: 740449

FABRICACION DE MOLDES PARA PLASTICOS

MOLDES
SOPLADO
INYECCION
THERMOFORMADO
REPUESTOS
PARA LA
INDUSTRIA EN
GENERAL

TORNO
BARRENO
FRESADORA
SOLDADURA
DISEÑO

COTIZACION No.

1547

FECHA

11/FEB/96

SEÑOR (ES):

ING. ERWIN L. PEREDA

Fabricación

Reparación

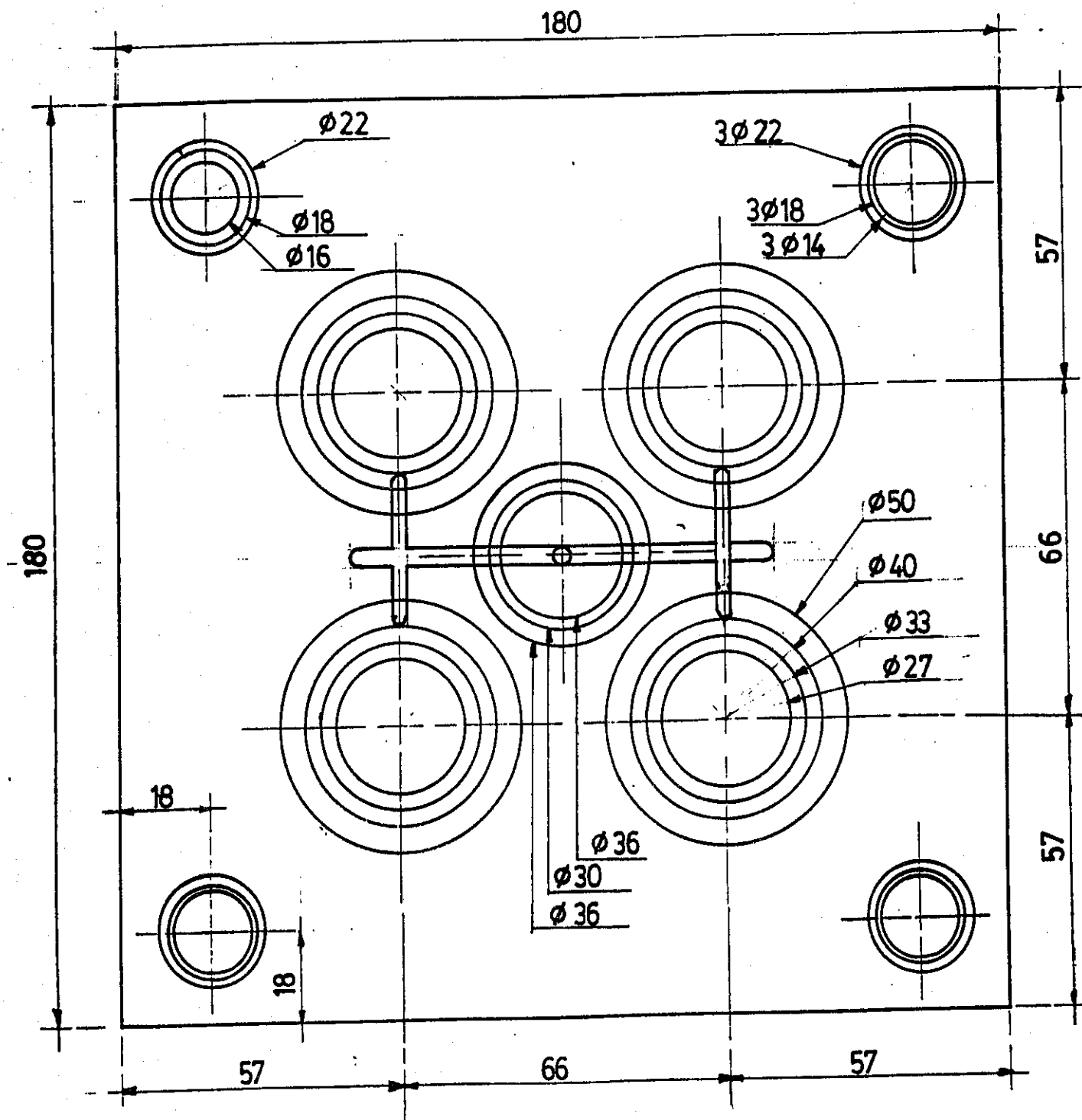
Varios

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA MERCADERÍA	TOTAL
	FABRICACION DE UN MOLDE DE INYECCION PARA PRODUCCION DE SEGURO PARA TOMACORRIENTE SEGUN MUESTRA CON SUS MODIFICACIONES E INDICACIONES	
	MOLDE # 1: 4 CAVIDADES	
	MOLDE # 2: 8 CAVIDADES	
	TOTALMENTE ACERO # 718, 705 Y DF-2	
	GUIAS TEMPLADAS Y RECTIFICADAS, CAVIDADES MATRIZADAS	
	EXPULSION CON NUCLEOS Y PINES.	
	REFRIGERACION SEGUN NORMAS	
	TIEMPO DE ENTREGA 40 DIAS HABILES MOLDE # 1	
	80 DIAS HABILES MOLDE # 2	
	PRECIO MOLDE # 1: 4 CAVIDADES	Q. 20,000.00
	MOLDE # 2: 8 CAVIDADES	38,000.00
	FORMA DE PAGO: 50 % AL ORDENAR	
	RESTO CONTRA ENTREGA	

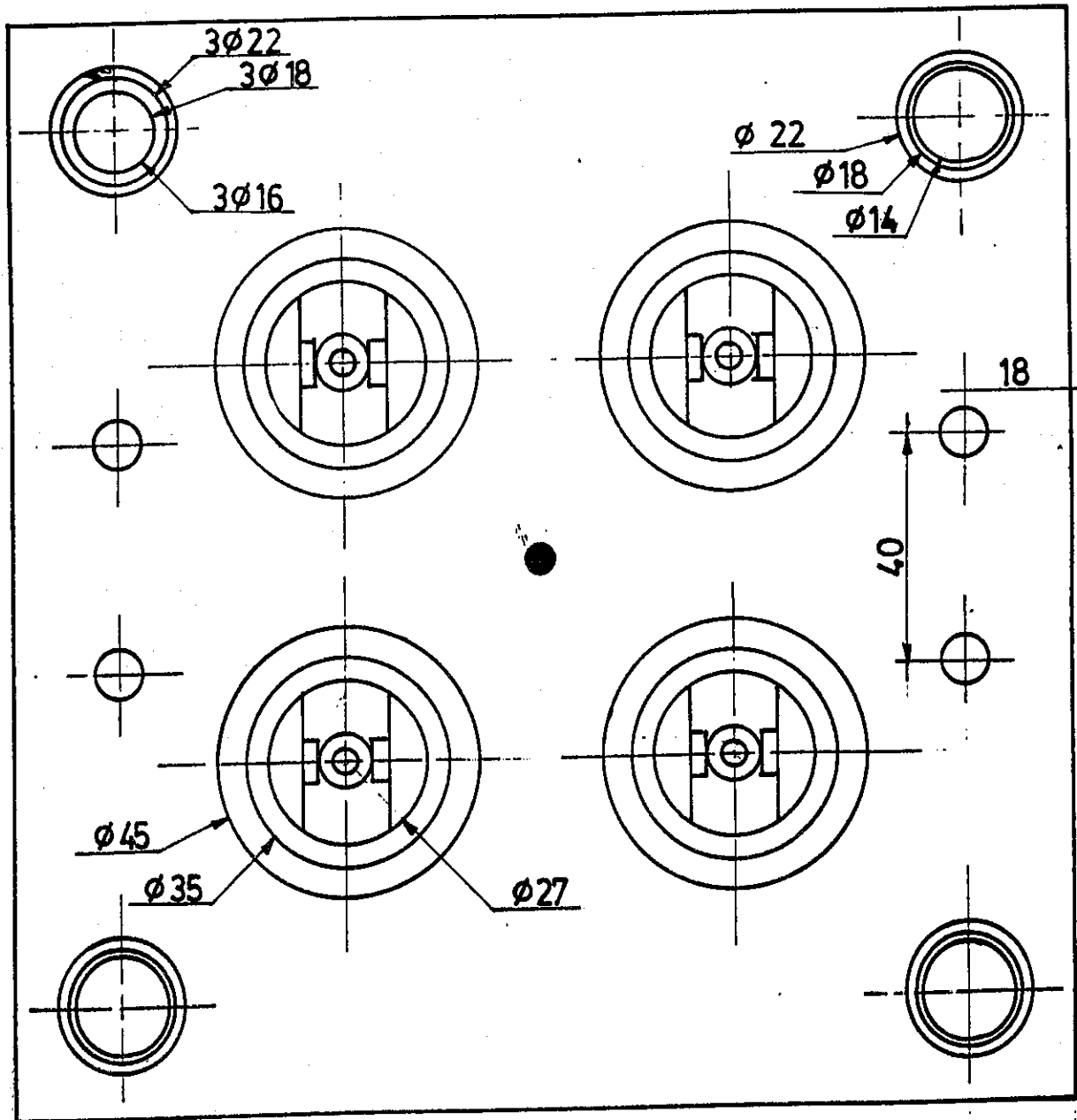
Por PLASTIMOLD

HUGO ROBERTO MELGAR

DIBUJO 1.1 PLANTA DE LA PARTE FIJA DEL MOLDE " SEGURO PARA TOMACORRIENTE " ESCALA $\phi .75:1$



DIBUJO 1.2 PLANTA DE LA PARTE MOVIL
DEL MOLDE " SEGURO PARA TOMACORRIENTE "
ESCALA 0.75:1



DIBUJO 1.3 CORTE ESQUEMATICO DEL MOLDE
" SEGURO PARA TOMACORRIENTE "
ESCALA 0.75:1

