

*Universidad Iberoamericana*

INCORPORADA A LA U. N. A. M.

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

**ESTUDIO TECNICO, ECONOMICO Y PRACTICO  
DE UNA PLANTA PARA MOLDEO DE  
TERMOPLASTICOS POR INYECCION**

TESIS PARA OPTAR  
POR EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO

RAFAEL HERRERA BARRADAS

MEXICO, D. F.

1963



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

A mis padres a quienes debo todo:

*Sr. Alfonso Herrera Z.*

*Sra. Josefina Barradas de Herrera*

A mis hermanos:

*José Alfonso*

*José Francisco*

*Juan Manuel*

Al Sr. Químico Don Luis M. Verea

con estimación y gratitud.

Al Sr. Químico Julio Terán

por la dirección de esta tesis.

A todos mis maestros por sus  
enseñanzas.

A mis compañeros y amigos.

A mis padres políticos:

*Sr. Edmundo López Vallejo*

*Sra. Guadalupe F. de López Vallejo*

A mis hermanos políticos.

Y especialmente con todo cariño a mi esposa  
Sra. Ma. de la Luz L. Vallejo de Herrera

Y a mis hijos

Luz del Carmen

Rafael Ignacio

Gabriel Martín

## CONTENIDO

- I:- Introducción.
- II:- Materiales Plásticos, Generalidades.
- III:- Equipo empleado en el moldeo por inyección.
- IV:- Cálculos y consideraciones relativas a un horno de secado para materiales higroscópicos.
- V:- Disposición racional de la planta de moldeo.
- VI:- Consideraciones económicas, Costos.
- VII:- Conclusiones.
- VIII:- Bibliografía.

## CAPITULO I.

### INTRODUCCION

Actualmente la industria de los plásticos es algo asombroso, pues ha llegado su desarrollo en unos cuantos años a tal grado, que ha podido competir y muchas veces superar a materiales clásicamente tradicionales como son: papel, madera, vidrio, acero, etc.

Ya a mediados del siglo pasado se conocían algunas sustancias con propiedades plásticas, tales como el ámbar, el carey y el marfil.

Para 1879, Adolfo Sittler, en su afán por encontrar un sustituto de la pizarra, encontró que la caseína tratada con formol originaba una sustancia plástica con magníficas propiedades de moldeo.

A principios de este siglo, el Dr. Backeland creó la "bakelita", un plástico derivado del fenol y del formol, la cual vino a dar impulso a la industria de los plásticos, debido a la paralela creación de otras grandes industrias, como la del automóvil y del radio.

En 1927, Celanese introdujo al mercado el acetato de celulosa, el cual sustituyó en gran parte al celuloide, debido a ser menos inflamable que éste, logrando en realidad un incremento en 1934 cuando fue introducido el moldeo por inyección.

Ya en 1928, la Compañía Carbide and Carbón Chem. Co.



lanzó la primera resina comercial del tipo vinílico, poco tiempo después fue introducido el acetato de vinilo, posteriormente la Dow lanzó el cloruro de vinilideno.

En 1937, los Estados Unidos, intensificaron sus investigaciones en el campo de los plásticos, lanzando el poliestireno, sustancia con magníficas propiedades dieléctricas, baja absorción de agua y una serie de características que han hecho que a la fecha tenga los primeros lugares de consumo.

En 1939, la Compañía American Cyanamid, lanzó al mercado otra sustancia denominada "melamina-formaldehído".

Ya desde 1901, en Alemania se venían estudiando los acrílicos, y algunos años después, Rohm and Hass, dió a conocer el plexigum y el Aeroloid y más tarde el Plexiglas.

El polietileno fue descubierto en 1936 por la Imperial Chemical de Inglaterra al estudiar la obtención de gasolinas sintéticas; posteriormente fue producido por Dupont y Carbide and Carbón en los Estados Unidos, desde los comienzos de la Segunda Guerra Mundial.

Desde 1928, Dupont empezó a estudiar sobre la estructura molecular de sustancias de alto peso molecular, así fue como encontraron desarrollo las poliamidas, tales como el "Nylon", que fue lanzado primero como monofilamento, y más tarde como polvo de moldeo.

Entre los más recientes descubrimientos encontramos los poliésteres y las resinas Epoxy.

Sin embargo, a pesar de que desde el siglo pasado se encontraban sustancias plásticas, no ha sido sino hasta la segunda guerra mundial, cuando vino un verdadero desarrollo de estas sustancias; y para 1950 se presentaba un auge con la aparición de numerosas plantas que empleaban grandes cantidades de materia prima para la fabricación de artículos para el hogar, juguetes, artículos para la construcción, etc. Todo ello trajo consigo que para 1960 se nivelara la producción con el consumo y a pesar

de ello se han seguido construyendo plantas productoras de resinas.

En realidad las ventas de resinas termoplásticas se han **doblado** en menos de cinco años, aunque la industria productora se encuentra con el problema de una superproducción y evidente competencia.

Actualmente existe una gran variedad de sustancias plásticas algunas de ellas con propiedades y aplicaciones interesantísimas; descubriéndose constantemente más de ellas con el afán de substituir y superar otros materiales, con grandes ventajas (resistencia al calor, al impacto, a la fricción, y todo ello sumado a un reducido peso, etc.).

Así mismo el perfeccionamiento del equipo empleado en el moldeo de los plásticos es cada vez mayor en sus diferentes sistemas de moldeo.

Mencionaremos a continuación algunos de los más empleados métodos de moldeo en los termoplásticos.

En primer término y como motivo del presente estudio, tenemos el moldeo por inyección, método por el cual se fabrican un sinnúmero de artículos de uso doméstico, piezas para la industria automotriz, artículos eléctricos, etc. Este sistema de moldeo es uno de los más empleados en México, y hablaremos de él en el presente estudio.

Es también de gran importancia el sistema de moldeo por extrusión, ya que mediante él se fabrica tubo (manguera, conduit, etc.) en diferentes materiales, se obtiene recubrimiento de cable eléctrico, la fabricación de perfiles, película plana y tubular, así como la fabricación de láminas. En este sistema de moldeo son muy empleados materiales tales como el polietileno y polivinilo principalmente.

Últimamente ha alcanzado en México un gran desarrollo el sistema de moldeo llamado de "Soplado", ya que con él se fabrican toda clase de botellas, que precisan ser el envase ligero,

seguro, económico y vistoso de cientos de productos que a traído el actual desarrollo industrial de México. Tiene una aplicación muy importante también este método de moldeo en la fabricación de juguetes.

Es empleado también, aunque en menor escala el método llamado "Formado al vacío", sistema con el cual se fabrican anuncios publicitarios, envases desechables, artículos decorativos, lámparas para alumbrado público, etc.

## CAPITULO II.

### MATERIALES PLASTICOS. GENERALIDADES

Es realmente importante conocer con exactitud el concepto de "Plástico" antes de hablar de ellos.

En general "Plástico", es una expresión bastante vaga y ambigua y que se presta a confusiones, ya que en general se cree que plástico es algo pastoso y dúctil, y por el contrario son pocos los materiales que se encuentran en el comercio con estas características.

Realmente el nombre de plástico está basado más bien en su manipulación que en sus características inherentes.

Carleton Ellis ha definido el término "Plástico" como algo que posee plasticidad, esto es algo que puede deformarse bajo fuerza mecánica sin perder su cohesión, y que puede conservar la nueva forma a la que se somete.

Según Yarsley y Couzens, un material plástico es precisamente aquel que en un momento de su constitución fue capaz de fluir, y al cual aplicandole las convenientes presiones y temperaturas, puede obligarsele a fluir nuevamente y tomar una forma determinada. De igual manera, un producto plástico es aquel que ha sido formado bajo la acción del calor y de la presión, y que ha adquirido una forma definitiva una vez cesadas estas fuerzas

En general el material plástico es una combinación de com-

puestos orgánicos, los cuales bajo la influencia del calor y la presión se vuelven lo suficientemente fluidos para poderles dar forma. También otros cuerpos y sustancias, como los metales por ejemplo, son plásticos en parecidas circunstancias, no obstante el término plástico se reserva principalmente para aquellas combinaciones orgánicas que se condensan generalmente en forma de resinas dando productos polimerizados o esterificados. Mezclándolos convenientemente con otras sustancias modificadoras tales como plastificantes, cargas lubricantes, etc., el producto resultante es material plástico. El término material plástico se reserva generalmente para el producto final del proceso, si bien puede aplicarse a sí mismo el producto de una etapa intermedia.

Recientemente la A.S.T.M. ha definido este concepto como sigue: Un plástico es cualquiera de los materiales de un extenso y variado grupo, que contiene como elemento esencial una sustancia orgánica de gran peso molecular y el cual, sólido en su estado final ha tenido o pudo haber tenido en alguna etapa de su manufactura (Bien sea por compresión, inyección, extrusión, etc), diferentes formas por fluidificación, corrientemente mediante la aplicación conjunta o separada de presión y calor.

Una vez definido lo que es un material plástico, diremos que en ellos existe una gran división quedando clasificados básicamente en: TERMOPLÁSTICOS Y TERMOFIJOS.

Son materiales termoplásticos, aquellos compuestos que pueden ser deformados bajo la acción de calor y presión conservando su nueva forma al enfriarse y dejar de actuar la presión, pero que pueden ser nuevamente reblandecidos por el calor y vueltos a moldear. El proceso de su moldeo es por tanto reversible. Este grupo comprende todas aquellas sustancias originadas generalmente por polimerización ó que se encuentran ya en estado natural como tales.

Entre algunos plásticos típicos, que se incluyen en este grupo se encuentran el Poliestireno, Acetato de Celulosa, Acetato-butirato de Celulosa, el Polivinilo, el Polietileno, etc., y como materias naturales pueden considerarse: el caucho, el asfalto, el betún, etc.

Son materiales termofijos o termoestables, aquellos susceptibles de ser deformados por medio del calor y de la presión siendo en este caso la operación completamente irreversible, por efectuarse un cambio químico durante el calentamiento, transformándose el material en infusible y reacto a la compresión. Las sustancias que constituyen este grupo se forman por condensación y entre ellas se pueden citar las resinas de fenol formaldehído, urea-formaldehído y melamina.

En el presente capítulo consideramos algunos de los materiales termoplásticos que mayor importancia tienen comercialmente en el moldeo por inyección sobre todo en el medio de México, pudiendo citarse desde luego entre ellos, al polietileno y poliestireno en sus diferentes variedades, como los de mayor consumo, siguiéndoles el polipropileno, celulósicos, polivinilo, acrílicos, poliamidas (NYLON), policarbonatos (MACROLON), etc.

Estos últimos materiales tienen una aplicación más limitada, debido principalmente a su elevado costo, (Nylon, acrílicos, policarbonato, etc.) teniendo características interesantísimas, con aplicación por ello más bien en piezas especiales, o para la industria donde se requieren propiedades químicas o físicas especiales.

Con los poliestirenos, polietilenos, y aun con el polipropileno se pueden conseguir artículos de buena presentación y bajo precio, teniendo por ello gran aplicación en piezas de ornato o uso doméstico principalmente, y piezas industriales de gran consumo, como pueden ser artículos eléctricos de uso doméstico por ejemplo.

## POLIESTIRENO

Como se ha dicho, el poliestireno es uno de los materiales termoplásticos, de mayor consumo en el moldeo por inyección, ya que con propiedades tales como su magnífico brillo, transparencia y rigidez, proporcionan a los productos moldeados por él un hermoso aspecto, y esto unido a su bajo precio facilidad de moldeo, baja absorción de agua y características eléctricas, hacen de él uno de los materiales preferidos en el moldeo por inyección, sobre todo cuando se trata de productos de consumo popular. Su

bajo peso específico (1.05) lo hace todavía más atractivo comercialmente.

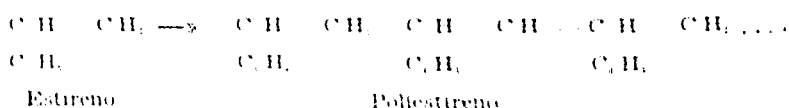
En la República Mexicana hay un consumo aproximado de unas 5000 toneladas anuales de esta resina.

Existen algunas variedades de poliestireno con diversas propiedades, habiéndose así diferentes tipos con mayor o menor punto de reblandecimiento, mayor o menor fluidez, mayor o menor brillo, etc.

Hay otros poliestirenos llamados comercialmente de medio y alto impacto los cuales se caracterizan principalmente por su mayor resistencia al impacto, aunque proporcionan a la pieza moldeada menor brillo y desde luego perdiendo la transparencia que se puede lograr con poliestirenos standard; en general su mayor aplicación se encuentra en piezas industriales, donde se busca resistencia al impacto, rigidez y bajo costo.

Ultimamente han salido al comercio algunos copolímeros del poliestireno pudiéndose citar entre ellos al acrílico nítril poliestireno (C-11 de Unión Carbide o Lustran de Monsanto) el cual ha sido de reciente introducción a México, y que goza de cualidades tales como una gran resistencia química, resistencia al rayado y al impacto, resistencia al calor, etc., propiedades mucho muy superiores al poliestireno standard.

El poliestireno es un compuesto de alto peso molecular, formado por largas cadenas, producto de la polimerización del estireno y la cual es como sigue:



Esta polimerización se logra fácilmente y es acelerada por el calor, exposición a la luz solar, luz ultravioleta y con el empleo de catalizadores. En general una polimerización lenta a calor moderado, da polímeros de elevado peso molecular; en cambio se logran productos de bajo peso molecular cuando se efectúa una

rápida polimerización a altas temperaturas y con catalizadores, solo que en este caso se logra un producto quebradizo, de baja resistencia mecánica y térmica.

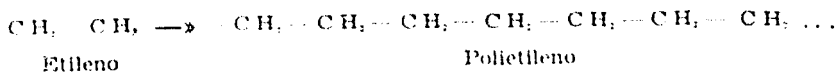
## POLIETILENO

El polietileno es un material de gran consumo en el moldeo por inyección, lográndose con él producto de consistencia flexible y de aspecto opaco y ceroso. Al igual que el poliestireno, su gran demanda, ha permitido alcanzar reducidos precios (provocando en ocasiones serios problemas para los fabricantes cuando se hacen estas reducciones sin ningún control) lo cual unido a su bajo peso específico (0.92) y fácil moldeo, lo hacen muy ventajoso en la fabricación de piezas producidas por este sistema de moldeo.

Es químicamente inerte a la mayoría de los productos químicos, motivo por el cual se le emplea bastante para el envase y manipulación de productos corrosivos.

Comercialmente los polietilenos son conocidos como: de baja densidad (hasta 0.925), media densidad (de 0.926 a 0.940), y alta densidad (0.941-0.965). Los de baja densidad son llamados polietilenos convencionales, debido a que fueron los primeros polietilenos producidos.

Básicamente todos los polietilenos son sintetizados por polimerización de moléculas de etileno, con los catalizadores adecuados, siendo la polimerización como sigue:



Fundamentalmente la molécula de polietileno está constituida por una larga cadena de átomos de carbono, cada uno con dos átomos de hidrógeno. La molécula normalmente contiene de 800 a 100,000 átomos de carbono.

La cantidad y tipo de ramificaciones, así como el peso molecular promedio, afecta las propiedades de fluidez del polietileno.



El polietileno empleado en el moldeado por inyección lo surte el fabricante con un "Melt Index" que varía de 0.5 a 50. Los polietilenos de alto "Melt Index" permiten moldear objetos grandes, de pared delgada y en general difíciles de llenar, como canastas caladas por ejemplo; los de más bajo "Melt Index" se emplean para producir piezas de mayor resistencia.

El polietileno en general se presta admirablemente para ser moldeado por inyección, empleándose temperaturas que varían de 160 a 220°C y presiones de inyección de 70 a 140 Kg/cm<sup>2</sup>, según sea más o menos complicado el diseño del molde y considerando el polietileno de que se trate.

Debido a que fácilmente se producen en el polietileno contracciones al ser inyectado, es conveniente sostener la presión del embolo inyector sobre él, hasta ser enfriado y tomar su forma definitiva. Las contracciones producidas en el polietileno oscilan alrededor de 0.45 mm. por cada 25 mm. según el polietileno de que se trate.

### MATERIALES CELULOSICOS

Los plásticos derivados de la celulosa, existen en diversas formulaciones, pero las más comercialmente empleadas son el acetato de celulosa y el acetato-butirato de celulosa. Estos materiales tienen gran resistencia al impacto, estabilidad al calor, resistencia a la tensión y al rayado, pero en su contra tienen un elevado peso específico (1.34) y gran absorción de agua motivo por el cual deberán secarse antes de ser moldeados, haciéndoles inadecuados para la fabricación de aislantes eléctricos.

## CAPITULO III.

### EQUIPO EMPLEADO EN UNA PLANTA DE MOLDEO POR INYECCION

El equipo empleado en una planta de moldeo por inyección, varía en realidad en cuanto a la capacidad y calidad de una fábrica a otra, habiendo desde pequeños talleres en donde su equipo consta únicamente de una inyectora completamente manual y sencilla, y moldes hechos de hierro o fundición de pésima calidad, hasta grandes plantas donde no falta nada, es decir se cuenta con todo el equipo necesario para fabricar desde pequeñas piezas moldeadas en moldes de múltiples cavidades, hasta artículos de gran peso y tamaño, en donde se emplean enormes y precisas máquinas inyectoras automáticas, que cuentan con un eficiente equipo de servicio que les suministra el enfriamiento adecuado, hornos secadores, cuando se manejan materiales higroscópicos, revolvedoras-pigmentadoras que colorean el material por moldear, molinos adjuntos a cada máquina, e independientes para el molido en gran escala, etc.

En el estudio del equipo empleado en una planta de moldeo por inyección prestaremos principalmente nuestra atención a las máquinas inyectoras y moldes, ya que son ellos los que realmente efectúan la operación de moldeo, no dejando por eso de tener importancia el resto del equipo.

#### MAQUINAS DE INYECCION

Hay varios tipos de máquinas de inyección, y pueden variar

tanto en calidad, capacidad, sistema de prensado o de inyección, medio de impulsión, pudiendo por ese concepto ser neumáticas, oleodinámicas, mecánicas, o simplemente de impulsión totalmente humana.

Por su accionamiento las podemos clasificar en: manuales, semiautomáticas y automáticas. Por su posición podrán ser verticales y horizontales.

En todas ellas siempre existirá algo en común, es decir siempre habrá una tolva para alimentación del material, un cilindro de licuefacción o plastificación del mismo, y un émbolo inyector encargado de forzar a presión el material plástico ya fundido, todo ello formando propiamente el conjunto de inyección de la máquina inyectora; y constituyendo la parte de prensado, únicamente la prensa compuesta de dos platinas portamoldes y un sistema de botadores dispuesto central o lateralmente para la expulsión de las piezas moldeadas. Todo ello montado sobre un rígido cuerpo que sostiene estas dos partes esenciales.

En cualquier inyectora el ciclo de moldeo consta de tres operaciones: 1o. Inyección, 2o. Enfriamiento del material dentro del molde y 3o. Expulsión o Extracción de la pieza moldeada y cierre del molde.

## DESCRIPCION DE LAS PARTES ESENCIALES DE UNA MAQUINA INYECTORA, SU FUNCIONAMIENTO Y RECORRIDO DEL MATERIAL PLASTICO DENTRO DE ELLA.

El material termoplástico que se va a moldear, se introduce en una tolva cuya función consiste en mantener y alimentar a travez de un dosificador el material a la cámara de plastificación. El dosificador como su nombre lo indica, dosifica material permitiéndole pasar a la cámara de licuefacción en mayor o menor cantidad.

Estos dosificadores los hay tan sencillos como una simple compuerta de accionamiento manual, hasta dosificadores gravi-

métricos, que por medio de una balanza dosifican automáticamente la cantidad en peso exacta y necesaria para alimentar el molde según el peso de la pieza que se moldea.

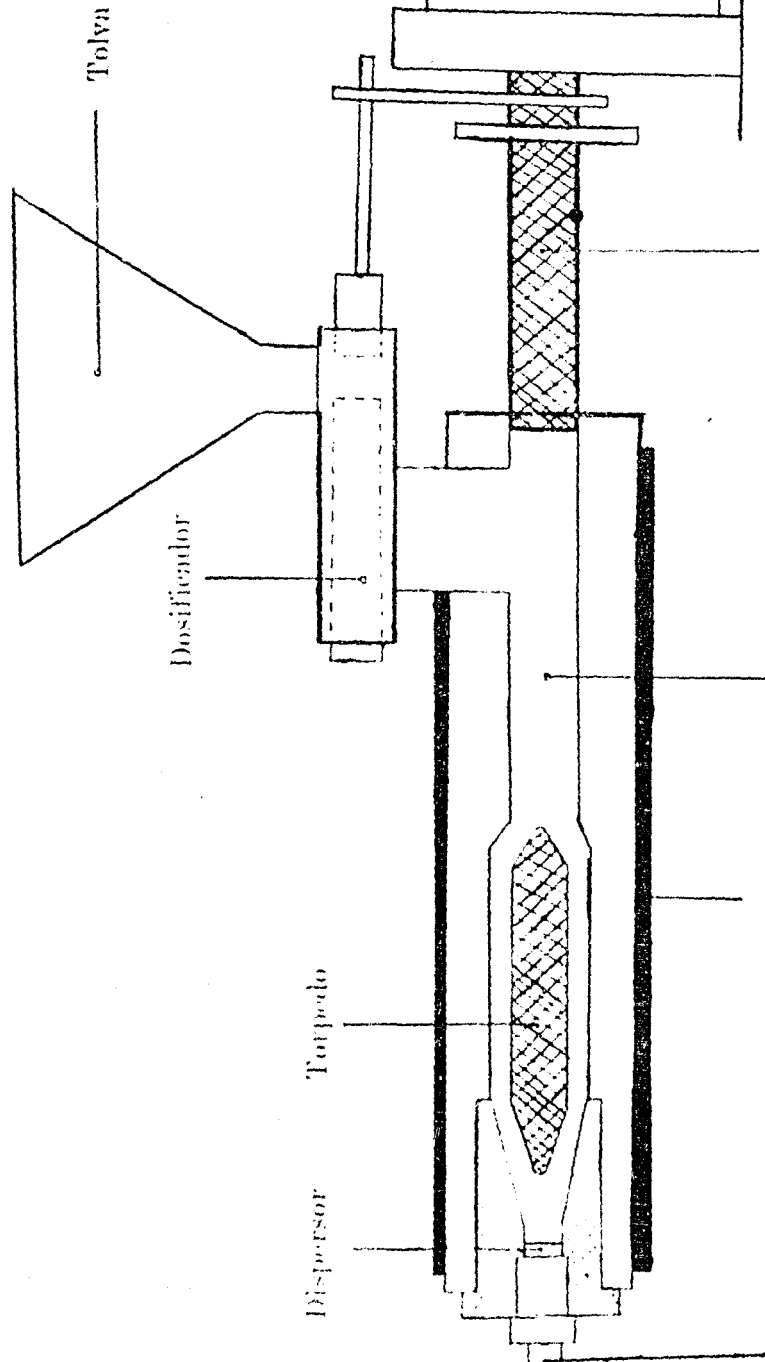
El material ya dentro del cilindro o cámara de plastificación, es inyectado por medio de un émbolo hasta el molde, pasando a travez de una pieza de acero de forma de torpedo, y cuyo nombre es precisamente ese, con la función de aumentar la superficie de contacto directo del material plástico con las paredes del cilindro que están a la temperatura de moldeo; inmediatamente después de pasar el material plastificado por el torpedo, pasa por un dispersor que uniformiza la pigmentación del material, y el cual puede tener variadas formas, de acuerdo con el material que se maneje, pudiendo ser una sencilla malla, o pieza de acero con perforaciones en el caso de algunos materiales como polietileno y poliestireno, o en forma de una caja de cavidad esférica donde penetra el material a través de un pequeño orificio, causando en esta forma una turbulencia en el material plastificado dentro de la caja, homogenizando así el color para salir después a travez de un orificio de menor diámetro con dirección ya, a la tobera o nariz del cilindro (este tipo de difusor es utilizado con bastante frecuencia en materiales como polipropileno).

Tanto el cilindro o cámara de plastificación como la tobera, son calentados con resistencias eléctricas, pudiendo tener el cilindro una o más zonas de calentamiento según la calidad de la máquina, o material que se maneje, ya que hay materiales muy delicados como Nylon, Policarbonatos, etc. y otros, que requieren diferentes temperaturas a lo largo del cilindro.

La temperatura que tiene cada zona de calentamiento, es observada en un tablero que puede estar independiente de la máquina o adjunto a ella. La temperatura y el calor en cada zona de calentamiento son controlados mediante termostatos y reóstatos, desde el tablero de control.

En cuanto a la presión aplicada al material, para ser impulsado hacia el molde, como se dijo, es efectuada mediante un émbolo inyector el cual puede estar accionado mediante aceite en el caso de máquinas oleodinámicas, aire en el caso de neumáticas,

# CONJUNTO INYECTOR



Tolva

Dosificador

Dispersor

Toipodo

Canal  
ó  
obtura

Resistencia  
Eléctrica

Cámara de  
Licuafacción  
ó  
Plastificación.

Embolo Inyector

o a base de un mecanismo de engranes, poleas, cremalleras etc., en el caso de máquinas de tipo mecánico. Este último tipo de mecanismo para dar presión, lo suelen utilizar en una forma simplificada, accionándolo manualmente mediante palancas en el caso de máquinas para laboratorio, las cuales con bastante frecuencia son empleadas por fábricas pequeñas para el moldeo de piezas chicas.

El control de la presión desarrollada en el pistón se efectúa con válvulas reguladoras y es conocida mediante manómetros ad-juntos generalmente a estas válvulas.

Ultimamente se han hecho algunas innovaciones al conjunto inyector agregando tornillos sin fin que pre-plastifican el material antes de ser inyectado pero nos limitaremos solo a mencionarlo, ya que sería objeto de un estudio especial tratar con todo detenimiento este tema.

El normal calentamiento producido en una máquina al trabajar (sobre todo si es accionada con aceite), o máquinas que trabajan a grandes presiones o velocidades, y con moldes que por lo tanto sufren grandes calentamientos suelen enfriarse con agua a una temperatura inferior a la ambiente, o con fluidos especiales para el caso.

En cuanto al conjunto de prensa de la inyectora, se puede decir que es más sencillo que el conjunto inyector, ya que en este caso solo hay una prensa compuesta, generalmente de una platina móvil y una fija donde van sujetas las mitades del molde. En la platina fija (en el caso de inyectoras horizontales), va colocada la mitad del molde que lleva la boquilla o buje de colada, debiendo quedar entonces en contacto directo con la nariz o tobera del conjunto inyector.

El mecanismo de cierre de prensa, suele ser en general de dos tipos:

A).-Cierre de rodilla

B).-Cierre de pistón directo.

A). Cierre de Rodilla.—El comúnmente llamado cierre de rodilla, es muy eficiente y seguro, o sea que garantiza cierres muy buenos aún cuando se trabaje a máxima capacidad, tanto en peso de material plástico inyectado, como en superficie proyectada de la pieza sobre las platinas.

Este cierre de rodilla funciona como su nombre lo indica en la misma forma que una rodilla humana, accionada en este caso con un pistón, y asegurando el cierre casi perfecto en el momento en que se encuentra el mecanismo principal de cierre en posición rectilínea, trabajando la presión de la prensa casi en su totalidad contra la consistencia y rigidez que puede tener el acero en las medidas que las piezas de este mecanismo tienen.

B) Cierre de pistón directo.—Este sistema de cierre es también bastante bueno, sobre todo tiene la ventaja de la facilidad para ajustar el molde en la prensa, es decir no existe ninguna dificultad en hacerlo, ya que automáticamente al cerrar la prensa, queda garantizada la unión de las dos partes del molde, cosa que en el caso anterior hay que regular el conjunto de cierre para lograr que al cerrar la prensa queden las dos mitades del molde en contacto correcto.

Contra esta ventaja, en este segundo sistema de cierre, puede decirse que se garantiza un cierre mejor con el cierre de rodilla, ya que con el cierre de pistón directo la presión de inyección trabaja contra la presión que el pistón de cierre está dando, cosa que en condiciones críticas, es decir cuando trabaja a su máxima capacidad en superficie del producto moldeado proyectada sobre las platinas, no es difícil que al sobrepasarlas un poco se abra el molde, cosa que no sucede (dado el principio de cierre) en el cierre de rodilla.

En el conjunto de prensa se encuentra también el mecanismo de botado de las piezas moldeadas, siendo por lo general muy sencillo ya que solo consiste de un botador central, o dos laterales, que al abrir la prensa sobresalen accionando los expulsores o botadores del molde.

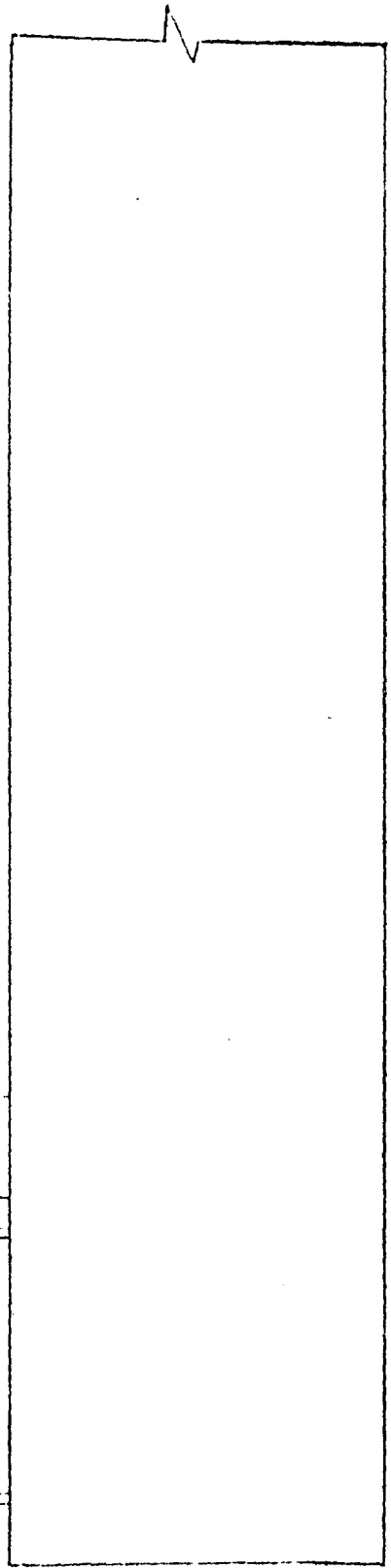
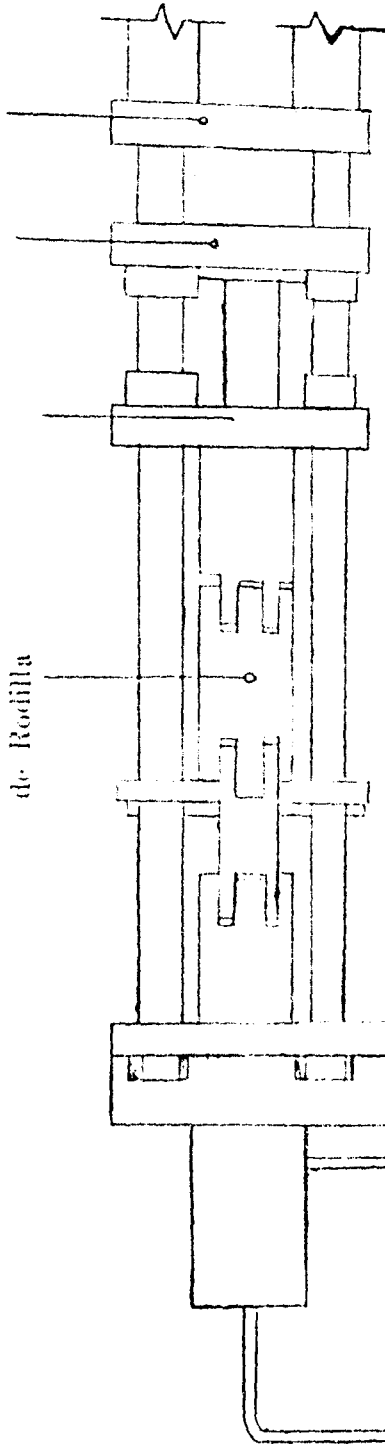
Por lo que respecta a la descripción de las partes básicas y

# PRENSA CON CIERRE DE RODILLA

Platina Fija

Platina Movil

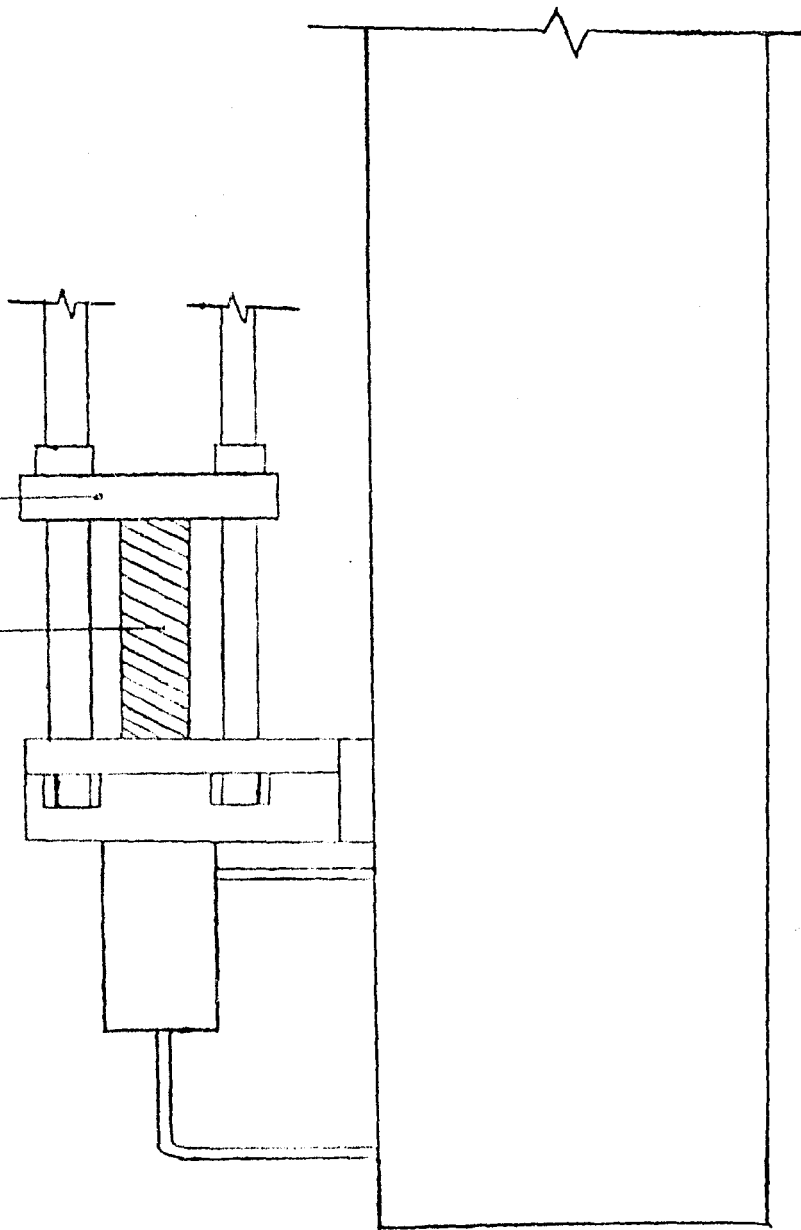
Mecanismo de Rodilla





Platina Movil

Pistón



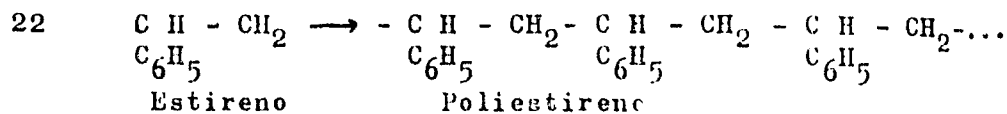
PRENSA DE PISTON DIRECTO

F E D E L R R A T A S

página Dice:

20 Un plástico es

20 condensan



21 producto

21 piensa

26 a travez

27 a travez

29 licuafacción

64  $\lambda_{t_2}$  = calor latente de

65  $\lambda_{t_2}$  = 355 K cal/Kg

65 t bulbo seco = 21° C

t bulbo húmedo = 16° C

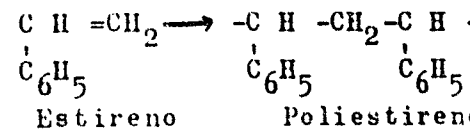
66 t bulbo seco = 75° C

t bulbo húmedo = 33° C

debe decir:

Plástico es

condensan



productos

prensa

a traves

a traves

licuefacción

$\lambda_{t_2}$  = calor latente de

$\lambda_{t_2}$  = 355 K cal/Kg

t<sub>1</sub> bulbo seco = 21° C

t<sub>1</sub> bulbo húmedo = 16° C

t<sub>2</sub> bulbo seco = 75° C

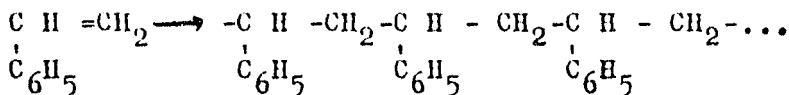
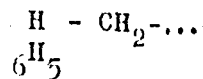
t<sub>2</sub> bulbo húmedo = 33° C

# F E D E E R R A T A S

debe decir:

Plástico es

condensan



Estireno

Poliestireno

productos

prensa

a traves

a traves

licuefacción

$\lambda_{t_2}$  = calor latente de

$\lambda_{t_2}$  = 355 K cal/Kg

$t_1$  bulbo seco = 21° C

$t_1$  bulbo húmedo = 16° C

$t_2$  bulbo seco = 75° C

$t_2$  bulbo húmedo = 33° C

**funcionamiento** de las máquinas inyectoras, con lo antes dicho queda explicado en una forma somera. Ahora, en cuanto a los diferentes diseños que se han realizado, se puede decir que básicamente las hay con el conjunto de inyección vertical, y horizontalmente dispuesto; y en cuanto al conjunto de prensa también las puede haber de cierre en disposición horizontal (la mayoría), y algunas con cierre de movimiento vertical.

Estas diferencias normalmente se aprovechan para piezas que presentan cierta complicación, y cuya manufactura se facilita con el empleo de la máquina más adecuada.

Las tres operaciones de que consta un ciclo completo en el moldeo por inyección son:

- A: Tiempo de Inyección
- B: Tiempo de enfriamiento
- C: Tiempo de apertura del molde.

**A: Tiempo de Inyección:** Es el tiempo que se toma el émbolo inyector en avanzar, sostener la presión y regresar.

**B: Tiempo de enfriamiento:** Es el tiempo que permanece el molde cerrado, enfriándose así la pieza moldeada para evitar deformaciones al separarse del molde.

**C: Tiempo de apertura del molde:** Es el tiempo que se inicia al abrirse el molde, extraer la pieza moldeada, y volver a cerrar, iniciándose inmediatamente después el primer tiempo o sea el de inyección.

En cuanto a su manejo, las máquinas inyectoras pueden ser:

- 1: Manuales
- 2: Automáticas
- 3: Semiautomáticas.

1.-Máquinas de manejo manual son aquellas en las cuales, tanto el accionamiento de la prensa como el del émbolo inyector,

se hace en una forma manual considerándose dentro de este tipo, desde aquellas, de aplicación para laboratorio, que ya se citaron, hasta máquinas de gran capacidad que a pesar de serlo se manejan manualmente, es decir con el accionamiento de válvulas que permiten el paso de un fluido para mover pistones, ya sea con botones o palancas (eléctricas o mecánicamente); por lo tanto en estas máquinas, las tres operaciones del ciclo se efectúan dándose un tiempo que el operador con su experiencia fija. En general el empleo de este tipo de máquinas, no es recomendado para el manejo de materiales delicados o moldeo de piezas que no admitan ninguna imperfección.

2:—Máquinas de manejo automático: Estas máquinas son las más completas, ya que por su manejo automático, el operador únicamente las vigila y les suministra material, pudiendo en estos casos atender 2 ó más inyectoras. En estas máquinas, por lo tanto, los tres tiempos del ciclo se efectúan uno tras otro, sin intervención del operador, teniendo únicamente que definir al principio la duración de dichos tiempos, mediante relojes eléctricos o "timers" si se trata de una máquina de controles eléctricos, o mediante el ajuste de levas que accionan válvulas en un cilindro rotatorio en máquinas automáticas de control mecánico.

En estas máquinas, es indispensable que los moldes estén contruidos para trabajar automáticamente, es decir, que el molde deberá tener un mecanismo de botado tal, que al abrirse, expulse automáticamente la pieza, mediante el botador central o lateral del conjunto de prensa.

Estas máquinas se utilizan con éxito para materiales delicados, ya que como sus tres tiempos de ciclo son siempre iguales, no permiten que el material se recaliente o queme, perdiendo así sus propiedades, pudiendo por lo tanto lograrse con estas máquinas, la obtención de piezas bien moldeadas, completas, sin defectos, no deformes, etc.

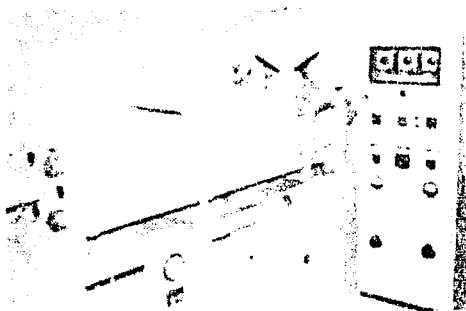
Siempre estas máquinas están protegidas en el conjunto de prensa mediante una cubierta de alambren, o lamina con un cristal en la parte de enfrente para observar la operación, protegiendo así al operador en tal forma que al correr esta protección, in-



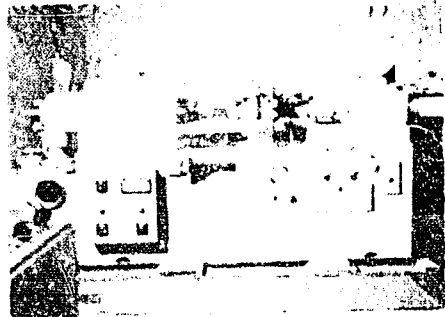
*Máquina inyectora manual con cierre de rodilla de accionamiento totalmente manual e inyección a base de pistón hidráulico.*



*Máquina inyectora manual con accionamiento hidráulico tanto en la prensa como en el inyector.*



*Máquina inyectora totalmente automática con cierre de rodilla y controles automáticos eléctricos dispuestos independientemente de la inyectora.*



*Máquina inyectora totalmente automática con cierre de pistón directo y controles automáticos mecánicos dispuestos en la misma inyectora y abajo de las palancas de mano.*

mediatamente se detiene la máquina, haciéndolo por ejemplo cuando una pieza no pudo caer por sí sola. Pero hay máquinas que aún con esta eventualidad cuenta con sistemas que no permiten que cierre la prensa hasta no caer la pieza. Estos sistemas pueden estar basados ya sea en la intercepción de un haz luminoso, o el accionamiento de un sensible switch colocado bajo una lámina sobre la que cae la pieza moldeada.

3:—Máquinas de manejo semiautomático: Son las mismas de manejo automático solo que en este caso, el ciclo es interrumpido en el momento de extraer la pieza, mediante el desplazamiento de la protección del conjunto de prensa, debido a la imposibilidad del molde para expulsar por sí mismo, a causa de la complejidad de la pieza, el artículo moldeado, o cuando por el alto costo del molde automático se prefiere trabajar en forma semiautomática, extrayendo así manualmente el producto moldeado.

## M O L D E S

Son los moldes en una planta de moldeo por inyección, tan importantes como las mismas máquinas inyectoras, pues son ellos en compañía de la inyectora, los que hacen realidad una pieza de plástico.

El éxito que pueda conseguir la operación de moldeo por inyección depende en gran parte del cuidado y esmero impuestos en la construcción de los moldes.

Es interesante considerar la influencia de los moldes en el negocio de los plásticos. El precio de los moldes en este tipo de moldeo, constituye un problema más o menos serio, pues alcanzan precios a veces tan elevados que hacen prohibitiva la producción de un artículo, si la cantidad que se va a producir no es lo suficientemente grande; sin embargo, el negocio de los plásticos es tan especial que, por ejemplo, cuando se trata de un fabricante de artículos novelties, aún con una producción relativamente pequeña puede depreciar el molde y quedarle todavía una buena utilidad; pero también existen grandes riesgos, pues hay ocasiones en que después de haber hecho gastos en moldes, al salir al mercado, se encuentra casi de inmediato una gran competencia

que hace que en poco tiempo convenga más guardar el molde.

Este problema se presenta sobre todo en piezas pequeñas, populares y que requieren gran calidad, pues hay fabricantes que con máquinas pequeñas y muchas veces hechas por ellos mismos y moldes igualmente contruidos, en él sin gastos, pueden dar precios tan reducidos, que hacen imposible la competencia. En fin como se puede ver, la influencia de los moldes es radical en un negocio de moldeo por inyección, un ejemplo es el negocio los fabrica por su cuenta, como puede ser el caso de fabricantes de artículos novedosos, y piezas en general para venta al público, hay que saber hacer muy bien la elección del molde que conviene, ya que por falta de estudio de mercado, en muchas ocasiones se puede hacer un molde de una cavidad, faltando producción, o al contrario, gastar demasiado en un molde múltiple y no haber mercado para su gran producción.

El fabricante de piezas para la industria, también tiene problemas con los moldes, pues como ya se dijo, muchas veces el cliente no puede pagar el molde por la cantidad relativamente pequeña que necesita de su artículo, no pudiendo soportar esa pequeña producción la depreciación del molde necesario.

## CARACTERISTICAS DE UN MOLDE PARA MOLDEO POR INYECCION:

Al diseñar un molde es necesario tomar en consideración los siguientes puntos que definirán sus características: número de piezas que van a moldearse en él, si va a ser trabajado manual, semiautomático o automáticamente, material plástico que se va a emplear en el moldeo, calidad en el acabado de la pieza, etc.

Al conocer estos datos, podrán definirse de inmediato algunas de sus dimensiones, y las demás, las sabremos al conocer las medidas de la máquina que se va a emplear. Entre las características que se conocen de inmediato pueden citarse: número de cavidades, material empleado en la construcción del molde, tipo de buje o colada de inyección (colada de punto o de alfiler, co-



lada caliente, colada sencilla o standard), acabado de las cavidades del molde (eromadas o simplemente abrillantadas).

Las dimensiones del molde quedan definidas parcialmente al conocer número de cavidades y dimensiones de la pieza; el resto de sus medidas como se indicó quedaran definidas al conocer las dimensiones de las platinas, distancia entre barras, abertura máxima y mínima de las platinas de la prensa etc. de la máquina que se va a emplear, quedando con ello definidas características tales como: las tres dimensiones límite del molde, forma de sujetar el molde, tipo de expulsor (central o lateral) etc.

Al conocer todas estas características, ellas deberán ser proporcionadas al diseñador del molde, el cuál dibujará con toda exactitud, las diferentes partes componentes del molde tales como placas, pernos-guías, bujes, cavidades, corazones, extractores y expulsores, etc. las cuales deberán tener las dimensiones adecuadas considerando que estarán sujetas a grandes presiones, que podrían originar deformaciones o roturas.

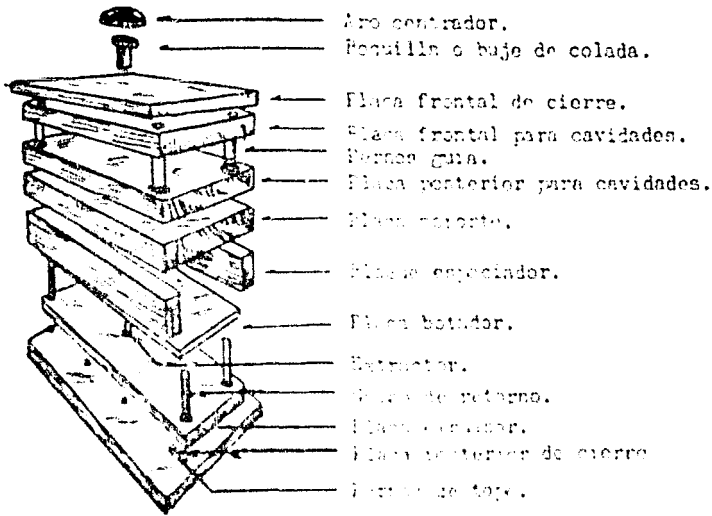
El dibujo y características del material son proporcionados al jefe de taller para que a su vez él distribuya a los mecánicos, aparatistas, ajustadores, pulidores, etc. el trabajo correspondiente; empleandose principalmente tornos, cepillos, taladros, fresas, pantógrafos, etc.

Como se puede apreciar, los gastos que hay en un taller son considerables tomando en cuenta sueldos elevados, depreciaciones del equipo, mantenimiento, gastos generales de funcionamiento, etc., de ahí el elevado costo que tienen estos moldes.

### COMPONENTES DE UN MOLDE DE INYECCION:

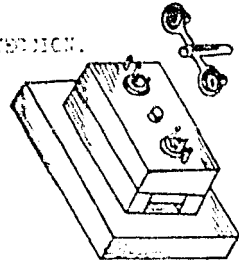
Como un ejemplo de los varios componentes de un molde típico, hacemos alusión a la fig. uno que muestra las siguientes partes:

ARO LOCALIZADOR: El cuál deberá tener un diámetro igual al espacio libre que tiene la platina fija, quedando en esta

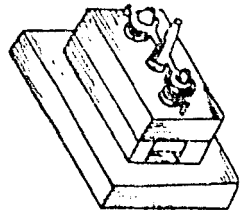


COMPONENTES BÁSICOS DE UN MOLDE PARA FUNDICIÓN POR INYECCIÓN.

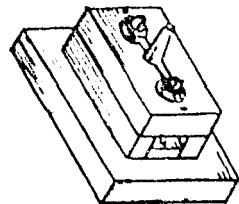
PIEZA EXPULSIONADA Y SEPARADA DEL MOLDE:

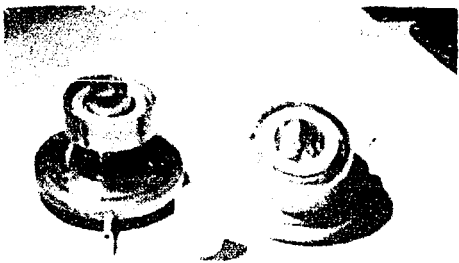


MOMENTO DE EXPULSION DE LA PIEZA:

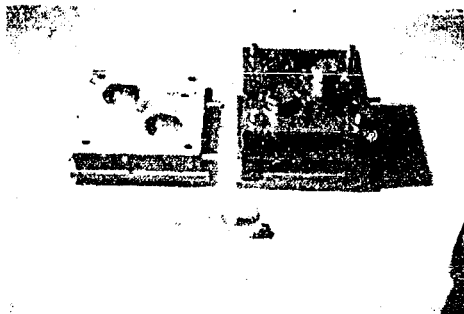


PIEZA INYECTADA ANTES DE SER EXPULSIONADA:

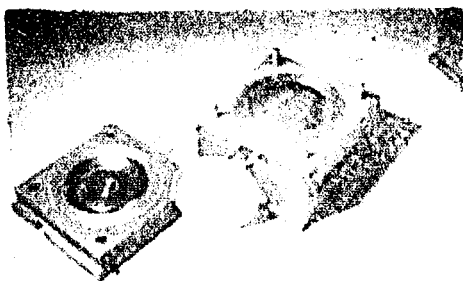




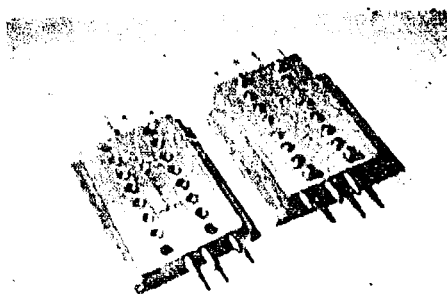
Molde de vaso con funcionamiento Automático a base de rondana botadora.



Molde para coladera de dos cavidades, automático a base de placa botadora.



Molde para plato automático con placa de anillo botador.



Molde para pieza especial de doce cavidades automático, placa y anillos botadores.

forma centrado el buje de colada en dicha platina fija de la prensa, y por lo tanto coincidiendo fácilmente buje de colada y nariz o tobera del conjunto de inyección.

**BUJE DE COLADA:** Es el canal principal por el cuál entra directamente el material al molde.

**PLACA FRONTAL DE CIERRE:** Cuya función es fijar el molde a la platina fija de la prensa, mediante el uso de tornillos o grapas en la mayoría de las veces.

**PLACA FRONTAL PARA LA O LAS CAVIDADES:** Como su nombre lo indica, su función es sostener las cavidades.

**PERNOS GUIAS:** Cuya misión es mantener alineadas las dos mitades del molde.

**PLACA POSTERIOR PARA LA CAVIDAD O CAVIDADES:** Que cumple la misma función que la placa frontal para las cavidades, pero colocada ya en la parte móvil de la prensa.

**PLACA SOPORTE:** Encargada de sostener la placa anterior.

**BLOQUE ESPACIADOR:** Para proporcionar espacio en el movimiento de la placa botadora.

**CONJUNTO DE PLACA BOTADORA Y PERNOS DE RETORNO O RECAPERADORES:** Mecanismo encargado de expulsar la pieza.

**PLACA POSTERIOR DE CIERRE:** Que fija o sujeta esta mitad del molde a la platina móvil de la prensa.

Tanto las dos placas para cavidades como los insertos que van en ellas deberán tener los barrenos necesarios para la circulación de agua.

Podría hablarse bastante más acerca de características de componentes de moldes, como pueden ser: detalles en dispositivos de botadores, conicidad, bujes de colada, canales en moldes

múltiples, pernos angulares, retirada de coladas, etc. pero sería motivo de un estudio demasiado especializado, cosa que no se pretende, dando a conocer únicamente lo primordial y básico.

## EQUIPO EMPLEADO EN LA PREPARACION DEL MATERIAL

Este equipo de preparación del material está formado propiamente por: molinos, hornos secadores y mezcladores para pigmentado en seco, formando todo ello parte del equipo empleado en una planta de moldeo por inyección.

### MOLINOS

Los molinos en una planta de moldeo por inyección son utilizados para recuperar el material procedente de piezas incompletas o defectuosas, coladas, y en general todo el desperdicio de material plástico producido durante el moldeo. Como es lógico todo el material sucio, contaminado, quemado, etc. deberá separarse antes de pasarlo por el molino, y el material molido limpio, en general será mezclado en mayor o menor proporción con el material virgen para su posterior uso.

Estas máquinas son en realidad bastante sencillas y únicamente haremos notar que constan de una tolva por donde se alimenta el material, el cual cae directamente a unas cuchillas rotatorias que trituran y cortan el material, pasando finalmente a través de una criba que selecciona el tamaño de partícula.

Al ser cribado el material es conveniente que el tamaño de su partícula sea igual al del material virgen o lo más aproximado posible, pues al mezclarse con él lo hace más uniformemente.

Las cribas de los molinos suelen ser desmontables fácilmente, facilitando así la limpieza de ellas al cambiar de material o color, evitando con ello contaminaciones indeseables que traen como consecuencia piezas moldeadas de consistencia defectuosa.

## MEZCLADORES PARA COLOREADO EN SECO

Hay básicamente dos formas para proporcionar color a un material termoplástico. Una de ellas, muy sencilla y económica, mediante tambores que mezclan material virgen y pigmento, coloreándolo así; la otra forma es mucho más delicada y costosa, pero desde luego se consigue una completa uniformidad en el color al ser moldeado el material, evitando en las piezas moldeadas defectos en la coloración tales como líneas de mayor o menor intensidad, puntos de color, como producto de apelmazamientos en el pigmento que pasan así a la moldeadora, piezas jaspeadas, etc.

Este segundo procedimiento de coloración consiste básicamente en extruir el material previamente coloreado en seco y peletizarlo posteriormente, lográndose en el extruder una completa homogenización de color. Este procedimiento es utilizado casi exclusivamente por los fabricantes de materia prima, mientras que el coloreado en seco lo utilizan prácticamente todos los moldeadores.

En el coloreado en seco, la distribución de color es menos regular cuando se emplean pigmentos poco finos. Los defectos ocasionados por una mala pigmentación en muchas ocasiones pueden ser solucionados con el uso de dispersores en el cilindro de licuefacción, colocados entre la nariz y torpedo de este. Pueden también usarse la comúnmente llamada colada de punto o afiliter ya que así se logra una mayor homogeneidad al pasar el material en una forma restrictiva por ella.

La maquinaria y el equipo para mezclar en seco son muy sencillos, ya que estas unidades constan básicamente de uno o dos tambores que únicamente se limitan a girar, mezclando en esta forma material y pigmento.

Estos tambores normalmente son cargados con 50 a 75 Kg. de material girando a una velocidad de 20-30 R.P.M. durante 15 ó 20 minutos. Es bastante conveniente disponer cuando menos de dos juegos de tambores, resolviéndose en esta forma el problema de los cambios de color.

## HORNOS DE SECADO

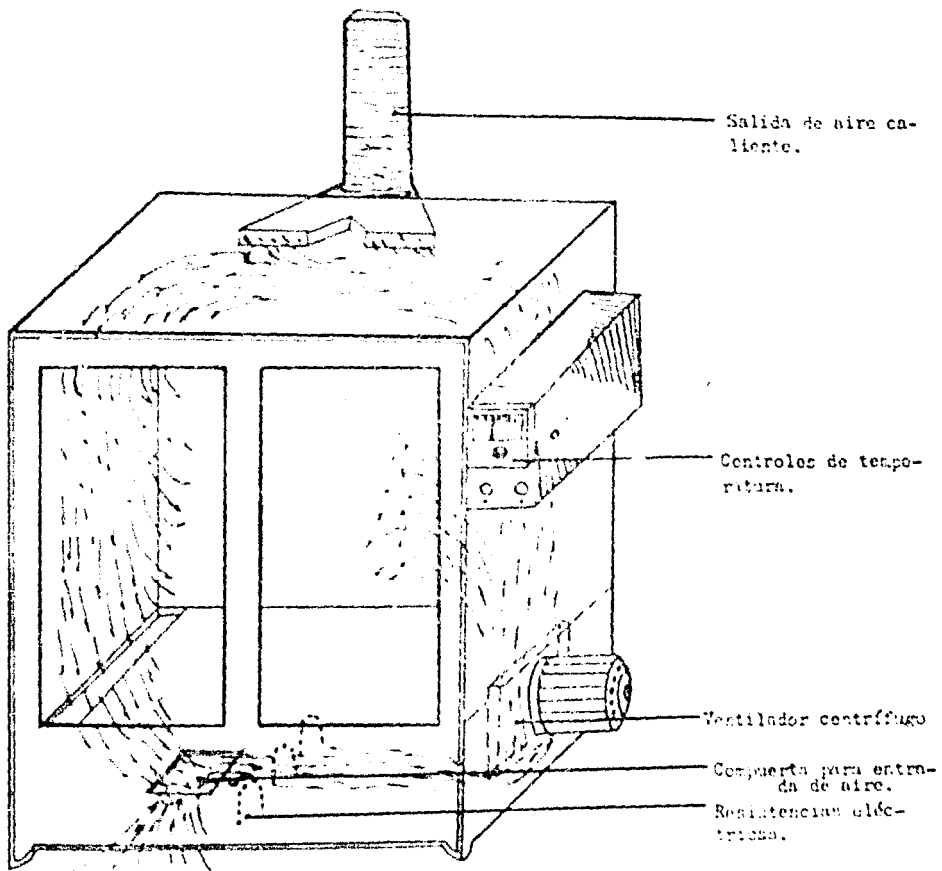
El horno de secado constituye una parte del equipo de moldeo por inyección, el cuál es necesario cuando se manejan materiales higroscópicos a los cuales hay que reducir su contenido de humedad hasta porcentajes, en general menores a un 1%, pues de no hacerlo así, se presentarían en las piezas moldeadas defectos como estelas plateadas y burbujas, principalmente.

El horno con que se cuenta en la planta donde se realiza el presente estudio es del tipo de circulación de aire caliente. Este horno cuenta con una serie de charolas, las cuales en el presente caso son perforadas, facilitando así el secado del material; ellas van colocadas ordenadamente dentro del horno y una arriba de la otra formando dos columnas.

El aire que circula mediante un ventilador, a travez de las charolas, (en la forma como lo indica la fig.) lo hace cerrando un ciclo dentro del horno y por las paredes laterales del mismo. La entrada del aire se regula mediante una compuerta colocada en la parte de abajo del horno, y en la parte posterior del mismo se encuentra una doble salida que desemboca a la chimenea.

Cuenta el horno además con un control termostático de temperaturas que debe mantener al mismo en general a temperaturas no superiores a 75-80 °C, pues mayores podrían ocasionar un reblandecimiento del material termoplástico, además de poder provocar pérdidas de sus plastificantes. Los espesores en las charolas varían de 15 a 45 mm, según el material de que se trate, la forma física del mismo y el tiempo de secado.

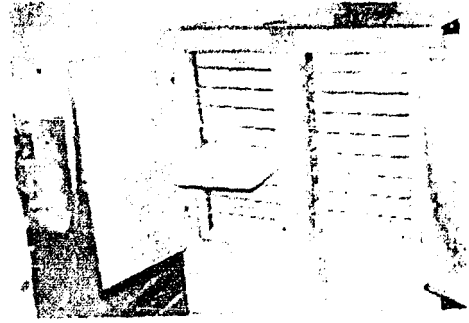
Como el horno en general ha de servir a varias moldeadoras, se procurará colocarlo en la proximidad de las mismas, teniendo cuidado al sacar y meter charolas, llevar un cierto orden para darles a todas el mismo tiempo de secado. El material seco ya vertido sobre la tolva de la máquina inyectora, se procurará mantenerlo con una lámpara de rayos infrarrojos, sobre todo si la humedad relativa del aire ambiente es alta.







*Horno secador.*



*Horno secador mostrando disposición de las charolas.*



*Molino*

Algunas fábricas secan estos materiales en una forma más rudimentaria, pues hacen uso únicamente de unas canastillas, que al girar revuelven el material, reduciendo la humedad del mismo, mediante el calentamiento producido por lámparas de rayos infrarrojos.

### TALLER MECANICO

El taller mecánico podría no considerarse propiamente como una parte del equipo empleado en el moldeo por inyección, ya que en realidad no forma parte de la operación de moldeo, pero indirectamente se considera indispensable por el servicio que presta, ya que aún en las fábricas más pequeñas se cuenta cuando menos con algunas herramientas de las más indispensables.

Las grandes plantas moldadoras incluyen en su taller mecánico, maquinaria para fabricar completamente moldes y equipos, yendo desde el diseño en el departamento de ingeniería, hasta la terminación total de los mismos.

## CAPITULO IV.

### CALCULOS Y CONSIDERACIONES RELATIVAS A UN HORNO DE SECADO PARA MATERIALES HIGROSCOPICOS.

Como ya se hizo notar en el capítulo anterior, un horno para secado es parte del equipo empleado en una planta de moldeo por inyección, y en la planta donde se efectúa el presente estudio se cuenta con él, ya que en ella se manejan materiales plásticos higroscópicos (En México comercialmente se moldean materiales plásticos higroscópicos, tales como Nylon, acrílico-nitril poliestireno, acetato de celulosa, etc).

En esta planta de moldeo se utiliza con bastante frecuencia el acetato de celulosa, y en el presente estudio se considerará para realizar algunos cálculos y consideraciones al ser secado.

El horno en cuestión como ya antes se indicó, es del tipo de charolas perforadas, y resulta de gran interés, con el fin de conocer su máxima capacidad, determinar el espesor máximo de acetato que en cada charola puede secarse en el mínimo de tiempo en una forma eficiente, es decir que el material ya pasado por el horno contenga un mínimo de humedad, de modo que evite en las piezas moldeadas, defectos como burbujas, estelas plateadas, etc.

La humedad máxima permisible que puede contener el acetato después de haber sido secado, se ha determinado experimen-

talmente, moldeando varias muestras con diferentes humedades después de haberse pasado por el horno, obteniéndose como resultado que 0.3% de humedad es la mayor concentración de humedad que puede contener el material, para que al ser moldeado en las inyectoras, no presenten los artículos obtenidos los defectos ya mencionados.

Las concentraciones de humedad se determinaron por el método clásico de secado hasta peso constante y obtención de la humedad contenida por diferencia de los pesos antes y después de secarse.

Para la determinación del espesor máximo de acetato en cada charola se realizaron pruebas consistentes en secar partidas de acetato con espesores que varíen de una a otra prueba en 1 cm. de altura y con una temperatura en el horno de 75° C; se ha elegido esta temperatura, ya que una mayor temperatura ocasionaría un reblandecimiento del material formandose apelmazamientos que obstruirían la "garganta" en la tolva de la inyectora; por otra parte una menor temperatura haría más lento el ciclo de secado resultando por lo tanto más costoso.

El tiempo de secado se ha fijado en una hora y media ya que por experiencia se ha visto que es el tiempo mínimo para secar una cantidad lógica de este material.

Por lo antes dicho y resumiendo, la experiencia consistirá en variar espesores en las charolas manteniendo constantes, tiempo y temperatura, y vigilando la humedad del material después de secado en tal forma, que no sobrepase el 0.3% admitido. El número de pruebas que se efectúen, se detendrá en el momento en que el contenido de humedad después de ser secado el acetato, sobre pase a 0.3%.

### RESULTADOS OBTENIDOS:

#### 1a. PRUEBA:

Espesor de acetato en la charola: 1 Cm.

Dimensiones de la charola en la base: 46 × 34 cm.

Volumen de acetato en la charola:  $46 \times 34 \times 1 = 1564 \text{ cm}^3$   
Densidad aparente del acetato:  $0.811 \text{ gr/cm}^3$   
Peso del acetato en la charola:  $1564 \text{ c.c.} \times 0.811 \text{ gr/cm}^3$   
 $= 1268 \text{ gr.}$   
Humedad del acetato antes de secado:  $3.267\%$   
Peso de acetato después de secado:  $1229.6 \text{ gr.}$   
Agua eliminada en el secado:  $1268 - 1229 = 39 \text{ gr.}$   
Porcentaje de agua eliminada:  $3.075 \%$   
Contenido de humedad después de secado:  $3.267\% - 3.075 = 0.192 \%$   
Como se puede apreciar, el contenido de humedad es bajo, y amerita realizar una segunda prueba.

### 2a. PRUEBA:

Espesor de acetato en la charola:  $2 \text{ cm.}$   
Dimensiones de la charola en la base:  $46 \times 34 \text{ cm.}$   
Volumen de acetato en la charola:  $46 \times 34 \times 2 = 3128$   
 $\text{c.c.}$   
Densidad aparente del acetato:  $0.811 \text{ gr/c.c.}$   
Peso de acetato en la charola:  $3128 \text{ c.c.} \times 0.811 \text{ gr/c.c.}$   
 $= 2536 \text{ gr.}$   
Humedad del acetato antes de secado:  $3.267 \%$   
Peso de acetato después de secado:  $2459 \text{ gr.}$   
Agua eliminada en el secado:  $2536 \text{ gr} - 2459 \text{ gr} = 77 \text{ gr.}$   
Porcentaje de agua eliminada:  $3.036 \%$   
Contenido de humedad después de secado:  $3.267 \% - 3.036 = 0.231 \%$   
El contenido de humedad sigue estando dentro del límite permisible y por lo tanto se efectuará una prueba más.

### 3a. PRUEBA:

Espesor de acetato en la charola  $= 3 \text{ cm.}$   
Dimensiones de la charola en la base:  $46 \times 34$   
Volumen de acetato en la charola:  $46 \text{ cm} \times 34 \text{ cm} \times 3$   
 $\text{cm} = 4692 \text{ c.c.}$   
Densidad aparente del acetato:  $0.811 \text{ gr/c.c.}$

Peso de acetato en la charola:  $4692 \times 0.811 = 3805$  gr.  
Humedad del acetato antes de secado: 3.267 %  
Peso de acetato después de secado: 3692 gr.  
Agua eliminada en el secado:  $3805 \text{ gr} - 3692 = 113$  gr.  
Porcentaje de agua eliminada: 2.970 %  
Contenido de humedad después de secado:  $3.267 \% - 2.970 \% = 0.297 \%$

El contenido de humedad realizando la prueba con un espesor de acetato en las charolas de 3 cm. según se puede ver es el más cercano a 0.3% que no lo sobrepase, considerando que con un espesor de 4 cm. fácilmente lo sobrepasara.

Con el objeto de completar esta experiencia, determinaremos la humedad en el acetato después de ser pasado por el horno, considerando un espesor de 4 cm.

#### 4a. PRUEBA:

Espesor de acetato en la charola: 4 cm.  
Dimensiones de la charola en la base:  $46 \times 34$  cm.  
Volumen de acetato en la charola  $46 \times 34 \times 4 = 6256$  cm<sup>3</sup>.  
Densidad aparente del acetato: 0.811 gr/c.c.  
Peso de acetato en la charola  $6256 \text{ c.c.} \times 0.811 \text{ gr/c.c.} = 5073$  gr.  
Humedad de acetato antes de secado: 3.267 %  
Peso de acetato después de secado: 4925 gr.  
Agua eliminada en el secado:  $5073 - 4925 = 148$  gr.  
Porcentaje de agua eliminada: 2.917 %  
Contenido de humedad después de secado:  $3.267 \% - 2.917 \% = 0.350 \%$

Con la humedad que se presenta en esta prueba, ya en los artículos moldeados aparecen ligeras manifestaciones del exceso de humedad en el acetato.

El objeto de estas pruebas ha sido determinar la capacidad máxima de secado en material acetato de celulosa para moldear por inyección y con estas pruebas se ha concluido que con 3 cm. de espesor en las charolas, se logra secar con eficiencia en 1.5 hrs. este material.

Por lo tanto se concluiría que su máxima capacidad considerando 20 charolas en el secador es:

$$\begin{aligned} 20 \times 3805 &= 76.100 \text{ Kg/1.5 hrs.} \\ &= 50.73 \text{ Kgr/hr.} \end{aligned}$$

MAXIMA CAPACIDAD EN ACETATO DE CELULOSA DEL HORNO EN ESTUDIO = 50.73 Kg/hr.

### BALANCE ENERGETICO

En el estudio del horno secador en cuestión, es interesante conocer la forma como es empleado el calor suministrado por las resistencias eléctricas de este mismo, y para ello se efectuará un balance de energía calorífica, contando para esto con datos obtenidos, por una parte de las experiencias realizadas anteriormente (cantidad de acetato, tiempo de secado, temperatura de secado, etc.), por otra parte, con datos suministrados por tablas y gráficas, así como especificaciones del mismo horno, determinaciones directas y finalmente con datos que se obtendrán por medio de cálculos.

El calor empleado en el secador puede considerarse en la siguiente forma:

$Q_1$ : calor necesario para calentar el acetato de celulosa seco, desde la temperatura de entrada ( $t_1$ ) hasta la temperatura existente en el interior del secador ( $t_2$ ).

$Q_2$ : Calor necesario para calentar la humedad ( $w_1 - w_2$ ) que debe eliminarse del acetato de celulosa desde la temperatura de entrada de la misma ( $t_1$ ), hasta la temperatura de evaporación del agua en el interior del secador, ( $t_2$ ).

$Q_3$ : Calor necesario para evaporar el agua contenida en el acetato de celulosa, con el objeto de reducir su humedad hasta el límite deseado.

$Q$ : Calor necesario para calentar el agua ( $w_2$ ) remanente en el

acetato de celulosa, desde la temperatura de entrada ( $t_1$ ) hasta la existente en el interior del secador ( $t_2$ ).

$Q_2$ : Calor necesario para calentar el aire desde la temperatura ambiente ( $t_1$ ) hasta la temperatura de salida por la chimenea ( $t_2$ ).

$Q_6$ : Calor perdido durante el proceso (conducción, radiación, convección).

$\sum Q$ : Calor cedido por las resistencias eléctricas que forman el equipo de calefacción.

Resumiendo algebraicamente:

$$Q_1 = w_{acet} C_p (t_2 - t_1)$$

$$Q_2 = (w_1 - w_2) C_p \text{ agua } (t_2 - t_1)$$

$$Q_3 = (w_1 - w_2) \lambda t_2$$

$$Q_4 = w_2 (t_2 - t_1) C_p \text{ agua}$$

$$Q_5 = G.S. (t_2 - t_1)$$

$$Q_6 = \text{obtenido por diferencia.}$$

$$\sum Q = P \times T \times \text{factor de transformación a K cal.}$$

en donde:

$Q$  = calor en K cal.

$w_{acet}$  = peso de acetato en Kg.

$w_1$  = contenido de humedad del acetato de celulosa, antes de ser secado, dado en Kg. de agua.

$w_2$  = cantidad de humedad remanente en el acetato después de ser pasado por el horno, dado en Kg. de agua.

$C_p$  = calor específico en K. cal/kg.  $^{\circ}C$ .

$t_1$  = Temperatura ambiente en  $^{\circ}C$ .

$t_2$  = Temperatura en el interior del secador en  $^{\circ}C$ .

$\lambda t_2$  = Calor latente de evaporación del agua a  $t_2$  en K. cal/Kg.

$G$  = cantidad de aire en Kg.

$S$  = calor húmedo en K.cal/Kg. aire seco.  $^{\circ}C$

$T$  = Tiempo de secado en horas.

$P$  = Potencia de calentamiento dada en Kw.



## DATOS:

La temperatura ambiente fue determinada por medición directa .....  $t_1 = 21^\circ\text{C}$

La temperatura dentro del horno se determinó experimentalmente .....  $t_2 = 75^\circ\text{C}$ .

El calor específico del acetato de celulosa fue obtenido en tablas de la Monsanto Chemical Co.  $C_p \text{ acet.} = 0.35 \text{ K. cal/Kg } ^\circ\text{C}$

El calor específico del agua es practicamente la unidad  
 $C_p \text{ agua} = 1 \text{ K. cal/Kg. } ^\circ\text{C}$ .

El calor latente de evaporación del agua fue localizado en gráficas .....  $\lambda t_2 = 355 \text{ K. cal/Kg}$ .

El tiempo de secado ya ha sido determinado anteriormente  
 $T = 1.5 \text{ hrs}$ .

Las especificaciones del horno señalan la potencia de calentamiento .....  $P = 6 \text{ Kw}$ .

El calor húmedo del aire se considerará como un promedio de los calores húmedos en las condiciones del interior del horno y la entrada del mismo, debido a que se va calentando hasta alcanzar los  $75^\circ\text{C}$ . Obteniendose por medición directa las temperaturas de bulbo húmedo y seco, y por medio de la gráfica psicrométrica, sus respectivos calores húmedos.

$$S = \frac{S_1 + S_2}{2}$$

Para  $S_1$ :

$t \text{ bulbo seco} = 21^\circ\text{C}$

$t \text{ bulbo húmedo} = 16^\circ\text{C}$

Obteniéndose graficamente:  $S_1 = 0.245$  K. cal/Kg. °C

Para  $S_2$ :

$$t \text{ bulbo seco} = 75 \text{ °C}$$

$$t \text{ bulbo húmedo} = 33 \text{ °C}$$

Obteniéndose en gráficas  $S_2 = 0.261$  K. cal/Kg. °C

$$S \text{ medio} = \frac{S_1 + S_2}{2}$$

$$S \text{ medio} = \frac{0.245 + 0.261}{2} = 0.253$$

$$S = 0.253 \text{ K. cal/Kg. °C}$$

En el cálculo de  $w_1$ , (Contenido de humedad en el acetato de celulosa, antes de secado) se conoce que el porcentaje de humedad que contiene antes de secarse es de 3.267 %, ahora conociendo el peso de acetato húmedo que contiene el secador, en base a 3 cm. de espesor por charola, y que es de 76.100 Kg., conoceremos los Kg. de acetato seco.

$$\begin{aligned} \text{Peso de acetato seco en el horno} &= 76.100 \times (1.00 - 0.03267) \\ &= 73.614 \text{ Kg. (secados cada 1.5 hrs.)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Peso del material seco procesado por hora} &= 73.614 / 1.5 \\ &= 49.07 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

$$w_{\text{acet}} = 49.072 \text{ Kg. hr}$$

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de agua que acompañará al acetato a la entrada} &= 76.100 \times 0.03267 \\ &= 2.486 \text{ Kg. (C/1.5 hr.)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Peso de agua que acompañará al acetato procesado por hr} &= 2.486 / 1.5 \\ w_1 &= 1.65 \text{ Kg. hr.} \end{aligned}$$

Cantidad de agua que acompañará al acetato a la salida (tomando en consideración el porcentaje máximo de humedad permiscible en el acetato seco o sea 0.3%)

$$0.003 = \frac{w_2}{49.07 + w_2}$$

$$w_2 = 0.003 (49.07 + w_2)$$

$$w_2 = 0.003 w_2 = 0.14721$$

$$0.997 w_2 = 0.14721$$

$$w_2 = \frac{0.14721}{0.997}$$

$$w_2 = 0.1476$$

$$w_2 = 0.1476 \text{ Kg./hr.}$$

Para calcular G, partimos de la ecuación:

$$w_1 - w_2 = G (H_2 - H_1)$$

$$G = \frac{w_1 - w_2}{H_2 - H_1} \quad (1)$$

En la cual:

$$w_1 = 1.65 \text{ Kg./hr.}$$

$$w_2 = 0.1476 \text{ Kg./hr.}$$

$H_1$  es la humedad ambiente, que es determinada por medio de la gráfica psicrométrica, conociendo:

$$t_1 \text{ bulbo seco} = 21^\circ\text{C}$$

$$t_1 \text{ bulbo humedo} = 16^\circ\text{C}$$

obtenido graficamente:

$$H_1 = 0.012 \text{ Kg agua/Kg. aire seco.}$$

$H_2$  se determina en la misma forma, obteniendo.

$$H_2 = 0.024 \text{ Kg. agua/Kg. aire seco}$$

Sustituyendo estos datos en la ec. (1):

$$G = \frac{1.65 - 0.1476}{0.024 - 0.012} = 125.2 \text{ Kg/hr.}$$

$$G = 125.2 \text{ Kg. hr.}$$

Una vez obtenidos los datos anteriores, procederemos a efectuar el balance energético

$$Q_1 = w a c p (t_2 - t_1)$$

$$Q_1 = 49.07 \text{ Kg.} \times 0.35 \frac{\text{K. cal}}{\text{Kg. } ^\circ\text{C}} \times (75-21) ^\circ\text{C}$$

$$Q_1 = 927.42 \text{ K. cal.}$$

$$Q_1 = 927.0 \text{ Kcal/hr}$$

$$Q_2 = (w_1 - w_2) C_p \text{ agua } (t_1 - t_2)$$

$$Q_2 = (1.65 - 0.1476) \text{ Kg.} \times \frac{1 \text{ Kcal}}{\text{Kg. } ^\circ\text{C}} \times 54 ^\circ\text{C}$$

$$Q_2 = 81.162 \text{ Kcal}$$

$$Q_2 = 81.0 \text{ Kcal/hr.}$$

$$Q_3 = (w_1 - w_2) \lambda t_1$$

$$Q_3 = 1.503 \text{ Kg.} \times 355 \text{ Kcal}$$

\_\_\_\_\_

Kg.

$$Q_3 = 533.565 \text{ Kcal}$$

$$Q_3 = 533.5 \text{ Kcal/hr.}$$

$$Q_4 = w_2 (t_2 - t_1) C_p \text{ agua}$$

$$Q_4 = 0.1476 \text{ Kg.} \times 54 ^\circ\text{C} \times 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg. } ^\circ\text{C}}$$

$$Q_1 = 7.9704 \text{ Kcal}$$

$$Q_2 = 8.0 \text{ Kcal/hr.}$$

$$Q_3 = G \times S (t_2 - t_1)$$

$$Q_3 = 125.2 \text{ Kg.} \times 0.253 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}} \times 54 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_3 = 1710.5 \text{ Kcal/hr.}$$

$$Q_4 = 1710.5 \text{ Kcal/hr}$$

El calor que suministran las resistencias que forman la unidad de calentamiento del horno queda expresado por la siguiente ecuación:

$$Q = (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6)$$

Como anteriormente se indicó:

Calor cedido por la unidad de calentamiento =  $Q = P \times T \times$   
factor de transformación (de Kw a K.cal).

En donde  $P = 6 \text{ Kw.}$

$T = 1.5 \text{ hrs.}$

factor de transformación de Kw-Hr a K.cal = 860

Por lo tanto:

$$Q = 6 \times 1.5 \times 860$$

$$Q = 7740 \text{ K.cal/1.5 hr.}$$

$$Q = \frac{7740}{1.5} = 5160 \text{ K cal/hr.}$$

El horno en las condiciones de trabajo se mantiene prendido un 65 % del tiempo.

$$5160 \times 0.65 = 3354 \text{ K.cal/hr.}$$

$$\sum Q = 3354 \text{ K.cal/hr.}$$

$Q_6$  será obtenido por diferencia:

$$Q_6 = \sum Q - (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5)$$

$$= 3354 - 3260$$

$$Q_6 = 94 \text{ K.cal/hr.}$$

$$Q_6 = 94 \text{ K.cal/hr.}$$

Los porcentajes que corresponden son los siguientes:

$$Q_1 = 27.64 \%$$

$$Q_2 = 2.41 \%$$

$$Q_3 = 15.90 \%$$

$$Q_4 = 0.02 \%$$

$$Q_5 = 50.90 \%$$

$$Q_6 = 2.80 \%$$

El secador trabaja con un gran volumen de aire  $G$ , con el objeto de acelerar el secado del material, razón por la cual  $Q_5$  es el que mayor magnitud tiene.

Las humedades  $w_1$  y  $w_2$  que se manejan, son muy bajas, razón por lo cual  $Q_2$ ,  $Q_4$  y  $Q_6$  son bajas también.

## CAPITULO V.

### DISPOSICION RACIONAL DE LA PLANTA DE MOLDEO.

En la disposición de una planta de moldeo por inyección, nos referiremos al recorrido del material plástico, desde el momento en que entra a la planta, hasta salir ya moldeado de ella, haciendo referencia a los diferentes departamentos por los que pasa. Así pues el presente capítulo tendrá por objeto exponer algunas consideraciones practicas acerca de la disposición racional en estos departamentos, a modo de que el recorrido del material plástico resulte funcional de principio a fin.

Los departamentos por los cuales pasa o puede pasar el material en su recorrido de producción, son básicamente los siguientes:

- 1.-Recepción.
- 2.-Almacén de materia prima.
- 3.-Departamento de preparación del material antes de moldearse (pigmentado y secado).
- 4.-Departamento de molido.
- 5.-Sala de moldeo con taller mecánico anexo)
- 6.-Departamento de acabado.
- 7.-Departamento de inspección y empaque
- 8.-Almacén de artículo terminado.
- 9.-Expedición.

Con el fin de comprender la lógica en la disposición de la planta, explicaremos brevemente, el objeto o fin de cada departamento.

- 1.- El departamento de recepción de material plástico, no tiene realmente ningún problema, ya que se establece únicamente con el objeto de recibir y comprobar el material que llega a la planta.
- 2.- El material ya recibido, es dispuesto en la bodega o almacén de materia prima, quedando en esta forma ya a disposición de los requerimientos de producción.
- 3.- Al pasar una orden de producción, el material en bodega, salvo pocas excepciones es pasado por un departamento de preparación, donde se colora, precalienta o seca, según el plástico de que se trate.

El material podría pasar de bodega a moldeo directamente, si el material plástico a moldear no tuviera necesidad de ser pigmentado, es decir moldearse en su color natural que suele ser, blanco, transparente, o con ligeras coloraciones, según el material de que se trate, cuando el artículo así lo requiera. Podría también pasar directamente sin secarse o precalentarse, siendo este el caso de muchos materiales plásticos, sobre todo los más comerciales, como son: polietileno, polipropileno y poliestireno, en la mayoría de las veces.

- 4.- El departamento de molinos tiene como objeto recuperar el material plástico producto de piezas defectuosas, caídas, purgas de las máquinas, etc., que estas mismas producen en su natural y práctico funcionamiento. Las personas encargadas de este departamento, deberán tener el debido cuidado para separar los materiales en colores, tipos y calidades, así como vigilar que al introducir el material plástico en la tolva del molino, no pasen por él piezas metálicas, ya que estropearían las cuchillas de éste, y más adelante obstruirían la nariz de la inyectora; para ello, muchos moldeadores acostumbran disponer manos a la entrada del molino evitando así estos problemas.

El material ya molido, será más tarde mezclado en la debida proporción con material virgen, en el departamento de preparación de materiales.



- 5.- El material plástico ya en condiciones de ser inyectado, pasa a la sala de moldeo, quedando a disposición de la máquina que va a trabajarlo.

En este departamento se encuentran las máquinas inyectoras en sus diferentes capacidades, habiéndolas desde 28 grs. ó menos, hasta 20 Kgr. de capacidad (entendiéndose esta capacidad, como la cantidad máxima de material que se puede moldear en cada inyección) todas ellas, con una sola función, que es la de inyectar plástico variando entonces únicamente en estas, el molde que se necesite emplear.

En realidad este departamento se considera el principal de la planta, ya que aquí es donde se efectúa la operación propiamente de moldeo, además de representar la mayor inversión de capital, motivo por el cuál se requerirá mayor cuidado en su planeamiento.

Adjunto a este departamento suele haber un pequeño local en donde se guardarán los moldes.

Al planear la disposición de la planta, habrá que tomar en cuenta la situación del taller mecánico, debiendo ser localizado adjunto a la sala de moldeo, pero fuera de la línea de producción. La capacidad de taller mecánico será proporcionada a la magnitud que la capacidad y necesidades de la planta lo requiera, ya que en algunas fábricas se prefiere mandar hacer los moldes fuera, teniendo entonces este departamento solo para mantenimiento de máquinas y moldes, con una inversión relativamente pequeña. Si los moldes se van a fabricar en la misma planta, como suele ocurrir en las plantas de mayor capacidad, el equipo empleado en el taller, puede llegar a ser tan completo, cuanto las necesidades de producción de moldes y calidad de los mismos lo pidan, representando en general esta inversión una parte también bastante importante del capital.

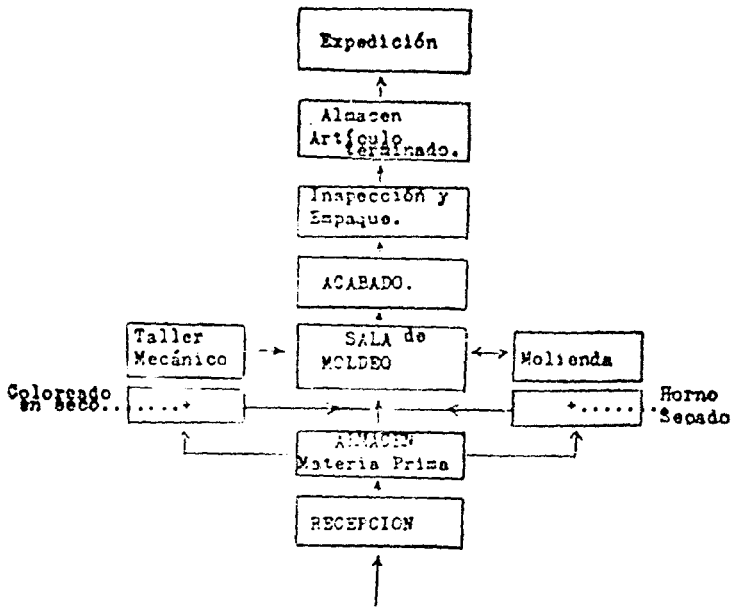
- 6.- Los artículos moldeados en la sala de máquinas pasarán posteriormente al departamento de acabado, variando este departamento de una fábrica a otra según el tipo de artículos

que se moldeen, ya que hay piezas que en realidad no necesitan ningún acabado o casi ninguna, pudiéndolo en este caso darlo el mismo maquinista, pasando así directamente la producción a inspección y empaque. Hay fábricas, como las de juguete por ejemplo, en donde el departamento de acabado puede ser sumamente extenso, es decir, aquí puede haber desde un simple departamento en donde únicamente se "rebabean" piezas con ligeros defectos, hasta un departamento donde ya hay, aparte de "rebabeo" y corrección de defectos producidos al moldearse la pieza, una división para armado y pegado de las partes que forman el artículo, decorado del mismo, que en realidad ya podría formar un departamento aparte. Otra ocupación que podría tener este departamento, sería la de la presentación del artículo, pudiendo ser por ejemplo el montado en cartulina, o haciendo uso de película de polietileno o acetato.

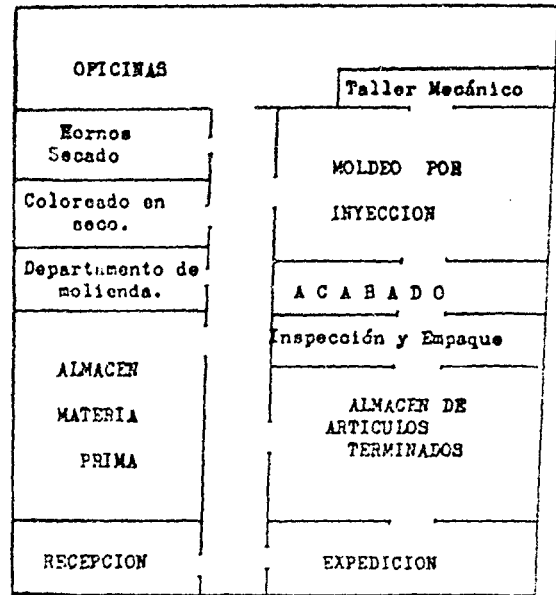
- 7.- En el departamento anterior podría decirse que la producción se ha terminado, pasando ahora al departamento de inspección y empaque, en donde los artículos fabricados se revisan por última vez y se empaquetan, quedando ya en esta forma la producción en condiciones de almacenarse y ser expedida.
- 8 y 9.- Los departamentos de almazón de artículo terminado y expedición, en general no presentan problemas especiales, motivo por el cual, no ameritan ninguna explicación.

Conociendo la función de cada departamento y el recorrido que normalmente debe seguir el material plástico, podría haber diferentes formas funcionales de presentar en un plano el conjunto de departamentos, cumpliendo siempre con el requisito del recorrido lógico del material.

En la figura presentamos un sencillo esquema en el que se puede apreciar la forma como conviene que estén situados los diferentes departamentos uno con respecto a otro, pudiendo apreciarse que se ha tomado en consideración el "curso de producción" desde que llega a la planta el material, hasta que sale de ella ya moldeado.



Curso de Producción.



Esquema de la Distribución de los Departamentos de una planta de moldeo por INYECCION.

En realidad se trata de un sencillo esquema, y no de un plano, ya que en él no se consideran proporciones y solo se toma en cuenta esquemáticamente la parte relacionada con producción, ayudando el esquema en esta forma a definir la disposición de la planta.

## CAPITULO VI.

### CONSIDERACIONES ECONOMICAS COSTOS.

Tomando en consideración el aspecto económico de una empresa dedicada a moldear por inyección, es de primordial importancia conocer con la mayor exactitud, los gastos que en ella se van a presentar, permitiendo saber en esa forma el costo de cada pieza moldeada, y poder así mismo definir el precio de venta sin temor a error.

En general la mayoría de los pequeños fabricantes sobre todo, hacen el presupuesto de un artículo sin saber el costo real de él, es decir, lo hacen sin conocer muchas veces siquiera los gastos que tienen, o conociéndolos muy superficialmente. Así por ejemplo algunos moldeadores cotizan un artículo partiendo del peso de la pieza, y considerando que su peso en gramos multiplicado por tres, dá el precio de venta del artículo en centavos, razonando en forma tal que una tercera parte les cubre el costo del material (que en general y aproximadamente es de \$ 10.00 Kg), otra tercera parte cubrirá el costo de maquila y gastos en general, y la última tercera parte la reservan como utilidad.

Como se puede ver esto es algo que en poquísimas circunstancias corresponderá a la realidad, (en ocasiones podría tomarse esto para tener una idea aproximada del precio de venta) arriesgando estos moldeadores a perder un cliente por dar un precio demasiado elevado, o por el contrario perder en la fabricación del artículo, dando como resultado que el fabricante nunca sabe si está perdiendo o ganando.

Esto, en realidad como ya se dijo, sucede más bien en el medio de pequeños moldeadores, aunque no es difícil verlo también en los de regular importancia; y se presenta con frecuencia sobre todo, debido a que como es un tipo de industria que se puede iniciar con un capital muy reducido, entonces en estas circunstancias en general se dedican a este negocio personas que no conocen el aspecto económico del mismo, ni el técnico en ocasiones, y por ignorancia en la mayoría de los casos prefieren ahorrarse el sueldo de un contador, haciéndolo a su modo.

Resulta interesante por lo tanto, conocer cuando menos en principio la base sobre la cual se hace un presupuesto, dejándolo mejor en manos de una persona especializada, la solución completa a este problema.

Haremos a continuación un estudio indicando hasta donde es posible, los diferentes gastos que normalmente suele tener una planta de moldeo por inyección de mediana capacidad.

Se tomará en consideración una planta que cuenta con 7 inyectoras casi en su totalidad automáticas y todo el equipo necesario para moldear en cualquier material termoplástico las piezas que se deseen que no sobrepasen los 250 gr. de peso.

El presente estudio económico se efectuará tomando en consideración la experiencia y datos que proporciona la planta donde se hace el presente estudio.

Los costos y gastos que se incluirán, estarán en general reduciéndolos a una cantidad, y en algunas ocasiones se agruparán algunos de ellos en un solo concepto, no importando esto, ya que para el objeto del presente estudio no hace falta detallarlos, debido a que en realidad la idea principal es presentar una forma de secuencia de consideraciones para obtener el costo de máquina en cada máquina, pudiendo con ello determinar en parte el costo de la pieza.

Antes de indicar los gastos y costos que puede tener la planta, diremos que los gastos pueden ser fijos y variables, considerándose como fijos aquellos causados independientemente de la

producción y variables aquellos que dependerán en sí del volumen de dicha producción.

Los gastos fijos los dividiremos en:

- a).- Aquellos causados por amortizaciones o depreciaciones del capital invertido en activo fijo (edificio, instalaciones, maquinaria y todo el equipo en general).
- b).- Los gastos de carácter fijo que se originan con el funcionamiento de la planta (sueldos, alumbrado, gastos fijos de oficina, renta, publicidad, etc.)

Los gastos variables, a su vez los dividiremos en la siguiente forma:

- a).- Causados en producción, es decir hasta el momento de salir de la inyectora., (Material, pigmentos, molienda, secado, etc.)
- b).- Ocasionados por los gastos de presentación de la pieza fabricada (rebabeo, decorado, impresión, envoltura, presentación de la pieza en sí, etc.)
- c).- Gastos motivados por la venta del artículo (comisión agente vendedor, facturación, cobranza, etc.)

### GASTOS FIJOS

En la siguiente consideración de costos tomaremos como base un mes de 25 días es decir 600 horas.

- a).-GASTOS FIJOS MENSUALES POR AMORTIZACION Y DEPRECIACIONES.

Construcciones e instalaciones en propiedad ajena.

Importe: \$ 195,000.00

Amortizado a 10 años (duración del contrato de alquiler del terreno) \$ 1,625.00

Instalación hidráulica y eléctrica		
Importe: \$ 75,000.00		
Depreciado a 10 años		625.00
Torre de enfriamiento, tanque subterráneo e instalación requerida para ello.		
Importe: \$ 22,000.00		
Depreciado a 10 años		184.00
7 Inyectoras (250, 150, 100, 100, 75, 75, 30 gr. de capacidad).		
Importe: \$ 900,000.00		
Depreciado a 10 años		7,500.00
2 Molinos, horno, mezcladora-pigmentadora.		
Importe \$ 58,000.00		
Depreciado a 10 años.		484.00
Taller Mecánico		
Importe \$ 255,000.00		
Depreciado a 10 años		2,125.00
Equipo bodegas y depto. acabado (Muebles, estantería)		
(Máquinas e implementos de trabajo)		
Importe \$ 40,000.00		
Depreciado a 10 años		333.00
Oficina (muebles, máquinas, etc.)		
Importe: \$ 75,000.00		
Depreciado a 10 años		625.00
Camioneta, motocicleta, etc.		
Importe: \$ 45,000.00		
Depreciación a 5 años		188.00

**GASTOS FIJOS POR AMORTIZACIONES Y DEPRECIACIONES:**

13,689.00/mes



b).- GASTOS FIJOS MENSUALES POR FUNCIONAMIENTO DE LA FABRICA:

Renta terreno:	\$ 5,000.00
Sueldos (gerentes, contador, secretarías, jefe producción, supervisores, maquinistas, personal bodega y acabado, mecánicos, etc)	55,000.00
Mantenimiento general de la planta 3 % anual sobre el costo del equipo instalado	4,100.00
Oficina (Papelería, teléfono, gastos correo y telégrafo)	1,200.00
Publicidad (revistas, gastos representación, etc)	5,000.00
Varios (Alumbrado, agua, gasolina, seguro fábrica, etc).	2,000.00

GASTOS FIJOS POR FUNCIONAMIENTO FABRICA 72,300.00/mes

GASTOS FIJOS TOTALES \$ 85,989.00/mes

= 3,439.56/día  
 = 143.30/hora  
 = \$ 2.40/min.

GASTOS VARIABLES

a).- GASTOS OCASIONADOS AL PRODUCIR:

- 1.- Material plástico empleado (Según el peso de la pieza)
- 2.- Gastos de preparación del material plástico. (secado y pigmentado)
- 3.- Energía eléctrica (el costo promedio en esta planta, es de \$ 0.29 el Kw-hr.

4.- Premios a operarios (variables según la máquina sea de accionamiento manual, semiautomático o automático, según la mayor o menor dificultad en la extracción de la pieza del molde, y en general problema que se presenten en la producción).

5.- Molienda de material.

6.- Mermas (desenidos del operador, material quemado o contaminado al cambiarse plástico o pigmento, etc.)

b).- GASTOS OCASIONADOS EN LA PRESENTACION DE LA PIEZA MOLDEADA: rebabeo, decorado, ensamblado, pegado, impresión, presentación de la pieza en cartulinas, cajas, película de acetato o poliestileno, empaque del artículo en sacos de papel o cajas para pasar a bodegas.

c).- GASTOS MOTIVADOS POR LA VENTA DEL ARTICULO:

1.- Gastos de facturación

2.- Comisión venta.

3.- Gastos cobranza, (cobrador, abogados, riesgos, etc)

4.- Gastos derivados de la concesión de créditos por los intereses correspondientes.

### PRORRAT O O DISTRIBUCION DE GASTOS FIJOS:

El porcentaje que cada máquina debe absorber de los gastos fijos totales, se determinará principalmente en base al importe y capacidad de la máquina, tomando en consideración, que con los porcentajes asignados a cada máquina se pueda obtener un precio de venta que compita con éxito en el mercado.

Así por ejemplo, en la planta donde se efectúa este estudio, los porcentajes que puede absorber cada máquina de los gastos fijos totales son los siguientes:

Inyectora 250 g.	24 %	costo de maquila por min. \$ 0.5760
„ 150 „	21 %	0.5040
„ 100 „	19 %	0.4560
„ 100 „	19 %	0.4560
„ 70 „	17 %	0.4080
„ 70 „	17 %	0.4080
„ 30 „	10 %	0.2400

Como se puede observar los porcentajes suman 127 %; este 27 % extra se otorga para compensar los gastos ocasionados durante paros, ya sea por descomposturas, falta de trabajo, cambio de moldes, etc.

Conociendo en esta forma el costo por minuto de operación en cada una de las máquinas, y conociendo así mismo el número de cavidades del molde que se emplea y la velocidad de moldeo, (es decir el número de inyecciones por minuto) será fácil obtener el costo de cada pieza moldeada por concepto de gastos fijos, los cuales sumados a los gastos variables y a un porcentaje de margen de seguridad dará como resultado el costo total de la pieza.

### COSTO DE UNA PIEZA EN PARTICULAR

Calcularemos a continuación el costo de un vaso moldeado en material poliestireno con un peso de 35 gr. e inyectado en un molde de una cavidad con funcionamiento totalmente automático. El enfriamiento del molde y el diseño del vaso garantizan una velocidad de moldeo de 4 piezas por minuto.

Para este artículo haremos uso de una inyectora de 70 g. de capacidad, ya que desde luego la más pequeña de 30 g. no llenaría la pieza, y la de 100 g. ocasionaría mayor costo. Dicha prensa de 70 g. tiene suficiente capacidad de plastificación de material para lograr 4 piezas de 35 g. por minuto, así mismo la presión de la prensa es suficiente para no abrir el molde.

El molde cuenta con un sistema de colada caliente que permite que el vaso salga de la inyectora sin la prolongada colada de inyección que normalmente sacan las piezas con bujes de colada standard, quedando en esta forma ya sin necesidad de ningún acabado, pudiendo así el mismo operario tener tiempo de envolverlo.

### GASTOS FIJOS:

Como ya anteriormente se determinó, los gastos correspondientes a esta máquina son de: \$ 0.408/min.

Como se va a moldear a una velocidad de 4 vasos por min: /  
 $\$ 0.408/4 = \$ 0.102/\text{vaso} \dots \dots \dots$

Costo gastos fijos: 10.20 ¢/vaso

### GASTOS VARIABLES:

a).- Gastos ocasionados al producir:

1.- Material poliestireno 35 g. a razón de \$ 7.95/Kg:  
 $\approx 27.8 \text{ ¢/vaso}$

2.- En cuanto a secado y pigmentación, el vaso será totalmente cristal, es decir no se pigmentará y además se trata de un material que no necesita secado, por lo tanto no habrá gastos por estos conceptos.

3.- Gastos de energía eléctrica:

la energía eléctrica tiene un costo promedio, en la planta de 29 ¢ el Kw-hr.

La máquina consta de un motor de: 7 H.P.  $\approx$  5.22 kw:

1/4 H.P.  $\approx$  0.18 Kw:

4 resistencias de 1 Kw. c/u  $\approx$  4 Kw.

Las resistencias se mantienen prendidas un 70% del tiempo:

$4.00 \text{ Kw} \times 0.70 = 2.80 \text{ Kw}$

8.20 Kw

8.20 kw. a razón de 29 ¢/kw-hr = \$ 2.38 hr.

$$= 3.97 \text{ ¢/min.}$$

Energía Eléctrica 0.99 ¢/vaso

4.— Premios a operarios:

Se repartirán en este caso 2 premios, uno de \$200.00/ mes y otro de \$100.00/ mes, entre los 3 operarios de esta máquina (ya que son 3 turnos). logrando con ello, si nó aumentar la producción (ya que se ha profijado automáticamente la velocidad), cuando menos mantenerla al ritmo deseado.

$$\$300.00/25 \text{ días} = \$12.00/\text{día.}$$

$$= 50 \text{ ¢/hr.}$$

$$= 0.93 \text{ ¢/min.}$$

$$0.93 \text{ ¢}/4 = 0.23 \text{ ¢/vaso:}$$

Premios: 0.23 ¢/vaso

5.— Gastos correspondientes a molienda;

Realmente se consideran despreciables, ya que como trabaja el molde con el sistema de colada caliente, no habrá coladas que moler, teniendo que hacerlo únicamente con los vasos que no llenaron, los cuales son muy pocos, ya que solo saldrán al principio unos cuantos (15 ó 20), que comparados con el volumen de producción, se considerarán despreciables.

6.— El concepto de mermas tampoco lo tomaremos en cuenta

ya que sería tan despreciable que no tendría objeto considerarlo (la operación de moldeo, cuando se realiza con el debido cuidado no deberá tener mermas). Tanto el punto anterior como éste quedarán incluidos en el margen de seguridad.

**GASTOS TOTALES OCASIONADOS AL PRODUCIR**  
= 29.02 ¢/vaso

b).— Gastos ocasionados en la presentación de la pieza:

En este concepto incluiremos el costo del papel que se emplea para envolverlo y el valor de la caja en que se empacan.

Costo del papel de protección al vaso: = 0.45 ¢/vaso

Costo caja de empaque (700 vasos/caja)

= \$ 4.00

0.57 ¢/vaso

\$4.00 / 700 =

1.02 ¢/vaso

**GASTOS PRESENTACION: 1.02 ¢/vaso**

c).— Gastos motivados por la venta del artículo:

Considerando que el precio de venta es de \$0.60 pieza, los gastos por este concepto serán los siguientes, comisión venta (10% sobre \$0.60). 6.0 ¢/vaso

facturación y cobranza, (abogados y riesgos) (16% sobre \$0.60). 3.60 ¢/vaso

La operación se considerará de contado, motivo por el cual no habrá gastos de financiamiento.

**GASTOS VENTA: 9.60 ¢/vaso**

La suma de gastos variables por los tres conceptos anteriores es de 39.64 ¢/vaso.

Costo gastos variables = 39.64 ¢/vaso.

**MARGEN DE SEGURIDAD:**

En este concepto quedarán incluidos todos los pequeños gastos por riesgos, eventual-

lidades, etc., que no se han considerado y que pueden estimarse en un 2% del precio de venta.

$$60 \text{ €} \times 0.02 = 1.2 \text{ €/vaso}$$

Margen de seguridad: 1.2 €/vaso.

COSTO TOTAL DEL VASO: = costo gastos fijos + costo gastos variables + margen de seguridad.

$$\text{COSTO TOTAL DEL VASO} = 49.96 \text{ €}$$

## CAPITULO VII

### CONCLUSIONES

Resumiremos en este capítulo, las conclusiones y resultados de mayor interés obtenidos en el presente estudio.

Primeramente, y como una conclusión experimental, se obtuvo en el estudio de secado del acetato de celulosa, el máximo grado de humedad permisible en el acetato después de secado, correspondiendo a un 0.3%. Así mismo se concluyó después de una serie de experiencias, que el espesor máximo de acetato en las charolas del horno no deberá sobrepasar a 3 cms. en las condiciones de 75° C como temperatura de secado, y 1.5 hrs. como tiempo del mismo para obtener acetato con una humedad que no sobrepase al 0.3% permisible.

Mediante calculos, y con ayuda de las conclusiones experimentales, se obtuvo como la capacidad máxima eficiente del horno, en el secado de este material será de 59.73 kgr./hr.

Puede concluirse en el capítulo de costos, que es de primordial importancia, el hacer un correcto prorratio de los gastos fijos entre las inyectoras, pues de no hacerlo en una forma balanceada, traería como consecuencia que se obtendrían costos correctos en los productos moldeados, pero que darían precios de venta que podrían ser demasiado bajos en piezas moldeadas en una máquina inyectora, y muy altos en piezas moldeadas en otra; de ahí la importancia de hacer estos prorratios con un absoluto conocimiento del negocio, es decir considerando: costos de la maquinaria inyectora, conocimiento técnico del equipo con que se cuenta, conocimiento del mercado en los productos de plástico, etc.



CAPITULO VIII.  
B I B L I O G R A F I A

- 1.- BARRON HARRY.  
Plásticos Modernos.  
Editorial Gustavo Gili, S. A. (Barcelona 1952)
- 2.- BROADS M. DANIEL, RETZLAFF VERNA, BARRON HARRY, LERVE LORETTA.  
Modern Plastics (Encyclopedia Issue for 1961)  
Vol. 38 Núm. 1 A.  
Frados Joel (Editor)
- 3.- BROWN GRANGER GEORGE  
Ingeniería Química  
Manuel Marín y Cia.
- 4.- DELMONTE JOHN  
Moldeo de Plásticos.  
Editorial José Montesó (Barcelona 1958)
- 5.- FLECK H. RONALD.  
Plásticos su estudio científico y tecnológica.  
Editorial Gustavo Gili, S. A. (Barcelona 1953)
- 6.- GOLDING BRAGE  
Polymers and resins.  
Princeton, N. J. D. Van Nostrand Company, Inc, 1959,
- 7.- PERRY JOHN H.  
Chemical Engineers' Handbook  
Mc. Graw - Hill Book Company, Inc.
- 8.- PLASTIC ENGINEERING HAND BOOK  
Society of Plastics Industry.  
3a. ed. New York, Reinhold 1960.
- 9.- VIAN A. y OCON J.  
Elementos de Ingeniería Química.  
Aguilar, S. A.
- 10.- WALKER, LEWIS MC ADAMS AND GILLILAND.  
Principles of Chemical Engineering.  
Mc. Graw - Hill Book Company, Inc.
- 11.- WINDIG C. CHARLES.  
Polymeric Materials.  
New York, Mc. Graw Hill, 1961