

55



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES.

CAMPUS ARAGÓN

“DISEÑO Y MANUFACTURA PARA LOS MOLDES DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO”
(CASO PRÁCTICO)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :
ARMANDO ENRIQUE GUTIÉRREZ LÓPEZ DE LARA

ASESOR:
ING. FEDERIQUE JÁUREGUI RENAUD

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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.

PAGINACION DISCONTINUA

RECONOCIMIENTO ESPECIAL

A la Universidad Nacional Autónoma de México:

Por la riqueza cultural y académica proporcionada.

A la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón:

Por la formación académica, cultural y conocimientos adquiridos.

Al Ing. Federique Jauregui Renaud:

Por haber aceptado dirigir esta tesis y las facilidades otorgadas.

A mi padre:

Por haberme apoyado y dado la confianza, cariño y oportunidad de realizar mis estudios.

A mi familia:

Por su apoyo, cariño, consejos y buenos momentos que me han brindado.

A mis amigos:

Por estar ahí cuando los he necesitado y haberme brindado de forma sincera su amistad y apoyo.

A mis compañeros con el debido respeto y cariño:

Ing. Horacio León Camacho

Ing. Juan Daniel Álvarez Lucho

Ing. Lourdes Marín Emilio

Ing. Francisco Olivares Segundo

Ing. Recaredo Viggiano Olivares

Ing. Carlos Roberto Toriz Rosado

Ing. Kurt Ling Gómez

Ing. Sergio Larrañaga Mireles

Ing. Jorge Sánchez Cabrera

Ing. Enrique Flores Salazar

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DISEÑO Y MANUFACTURA PARA LOS MOLDES DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO (CASO PRÁCTICO)

INDICE

INTRODUCCION

I

CAPITULO 1

DIFERENTES TIPOS DE PLÁSTICOS Y SUS APLICACIONES

| | |
|--|----|
| 1.1 TERMOPLÁSTICOS | 1 |
| 1.2 TERMOFIJOS | 4 |
| 1.3 ELASTOMEROS | 7 |
| 1.4 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS PLÁSTICOS | 11 |

CAPITULO 2

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE MOLDES CON INYECCIÓN DE PLÁSTICOS

| | |
|--|----|
| 2.1 PARTE FIJA | 17 |
| 2.2 PARTE MOVIL | 19 |
| 2.3 MOLDE DE COLADA FRIA | 23 |
| 2.4 MOLDE DE COLADA CALIENTE | 25 |
| 2.5 DISEÑO Y FABRICACIÓN DE LOS MOLDES | 28 |

CAPITULO 3

GENERALIDADES SOBRE LA CONFORMACIÓN DE MATERIALES PLÁSTICOS POR INYECCIÓN

| | |
|---------------------------|----|
| 3.1 TEMPERATURAS | 32 |
| 3.2 PRESIONES | 35 |
| 3.3 VELOCIDADES Y TIEMPOS | 37 |

CAPITULO 4

MÁQUINAS DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO

| | |
|-------------------------------|----|
| 4.1 UNIDAD DE CIERRE DE MOLDE | 43 |
| 4.2 SISTEMA DE BOTADO | 47 |
| 4.3 UNIDAD DE INYECCIÓN | 49 |
| 4.4 PANEL DE CONTROL | 51 |

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO 5

CASO PRÁCTICO

| | |
|--|-----|
| 5.1 GENERALIDADES DEL PRODUCTO | 55 |
| 5.2 FASES DEL DISEÑO | 60 |
| 5.3 FASES DEL DISEÑO APLICADAS A ESTE PROYECTO | 63 |
| 5.4 MANUFACTURA | 105 |

| | |
|---------------------|-----|
| CONCLUSIONES | 129 |
|---------------------|-----|

| | |
|------------------|-----|
| APENDICES | 132 |
|------------------|-----|

| | |
|---------------------|-----|
| BIBLIOGRAFIA | 141 |
|---------------------|-----|

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

INTRODUCCION

DISEÑO Y MANUFACTURA PARA LOS MOLDES DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO (CASO PRÁCTICO).

INTRODUCCION.

La necesidad de dar forma (o moldear) al barro, al vidrio y a otros materiales para hacer recipientes u objetos de uso común, ha estado presente en la vida del hombre desde las más remotas civilizaciones.

Durante la segunda mitad del siglo XIX, las necesidades siempre crecientes de una civilización que se estaba desarrollando sobre bases científicas, impulsaban a químicos e investigadores hacia la búsqueda de nuevos materiales para reemplazar las resinas naturales, goma, caucho y fibras textiles, los cuales eran cada vez más difíciles de obtener.

El trabajo experimental de los investigadores, respaldado por un conocimiento más consciente de los elementos y compuestos, dio como resultado el descubrimiento, algunas veces accidental, de nuevos productos. Así, a lo largo del tiempo, las resinas naturales conocidas y usadas desde los tiempos antiguos fueron sustituidas por resinas artificiales o sintéticas que entonces aparecieron y que han sido obtenidas por reacciones químicas de sustancias no resinosas.

La industria de los plásticos dio sus primeros pasos en los Estados Unidos cuando en 1872 se comenzaron a producir barras y tubos de celuloide. Así hasta que químicos e investigadores estudiaron la estructura molecular de los polímeros y se crearon nuevos materiales sintéticos en los laboratorios de las principales industrias químicas, así como en universidades europeas y estadounidenses.

En los últimos años, el proceso de inyección de plásticos se ha convertido en uno de los mercados más variados, importantes y con más futuro en las diferentes ramas industriales (a diferencia del sople y extrusión), esto debido al desarrollo e incremento en las investigaciones de nuevos materiales para cumplir con las necesidades y expectativas de los clientes.

Por lo mismo la ingeniería que se aplica al diseño de moldes para inyección de plásticos, al diseño de piezas en plástico, mantenimiento y manufactura de moldes, operación de máquinas de inyección de plásticos y control y aseguramiento de la calidad al proceso y producto inyectado se ha incrementado notablemente al grado de existir paquetes de computo para ejemplificar el proceso de llenado en un molde.

Estos procesos son muy amplios y complejos, por lo que se ha decidido enfocar el siguiente trabajo al **diseño de un molde de inyección de plásticos y su manufactura** partiendo de los requerimientos y especificaciones de producto terminado, así como sus dimensiones. Los materiales a emplear, características críticas de control de calidad.

Lo anterior provocó mi interés por el diseño de los moldes de inyección de plásticos y me indujo a la elaboración de esta tesis que, sin agotar todos los casos especiales que con sus problemas se presentan en el mundo del plástico, sin embargo este trabajo conlleva a la finalidad de investigación, diseño y por lo mismo la obtención del título de Ingeniero Mecánico Electricista especialización Mecánica que en forma vehemente pretendo, y me permita contribuir despertando un interés para que investigaciones posteriores arrojen mayor número de datos con el fin de ampliar lo que logré plasmar en este trabajo.

Este proyecto de tesis se divide en los siguientes capítulos:

CAPITULO I

DIFERENTES TIPOS DE PLÁSTICOS Y SUS APLICACIONES

En este capítulo, tomamos como una introducción lo que es el mundo del plástico, los tipos de plásticos que hay por sus propiedades físicas y mecánicas, y conociendo sus aplicaciones que tienen debido a estas características.

Comenzando con los tres grupos principales de plásticos que hay que son termoplásticos, termofijos y elastómeros, hay una gran variedad de resinas, naturales y sintéticas.

CAPITULO II

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE MOLDES CON INYECCIÓN DE PLÁSTICOS

Veremos cual es el proceso de diseño a seguir para la fabricación de un molde, ya que no es tan sencillo como poder ir a cualquier ferretería y pedir algo estándar que no cambia según las aplicaciones, debido a que no existe una forma propia de diseño, puesto que adecuamos un molde y el proceso acuerdo a nuestras necesidades y aplicaciones.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO III

GENERALIDADES SOBRE LA CONFORMACIÓN DE MATERIALES PLÁSTICOS POR INYECCIÓN.

El proceso de la inyección de plásticos, cuales son los sub procesos que lo conforman, que incluye cada parte y cuales son las variantes que nos encontramos en cada una de las partes.

CAPITULO IV

MAQUINAS DE INYECCIÓN DE PLÁSTICOS.

Aquí veremos los tipos principales de máquinas de inyección de plásticos acorde a las necesidades de la industria, sus partes principales y cual es su principio de operación.

CAPITULO V

CASO PRÁCTICO.

Veremos el análisis real para hacer un molde de inyección en base a los requerimientos del cliente, pasando por diseño y manufactura.

CONCLUSIONES

APENDICES

BIBLIOGRAFIA

CAPITULO 1

DIFERENTES TIPOS DE PLÁSTICOS Y SUS APLICACIONES

CAPITULO I

DIFERENTES TIPOS DE PLÁSTICOS Y SUS APLICACIONES

Generalmente, los plásticos se clasifican de acuerdo con las propiedades físicas y químicas de las resinas que los constituyen, en tres grupos principales: termoplásticos, termofijos y elastómeros.

1.1 TERMOPLÁSTICOS.

Los termoplásticos son resinas con una estructura lineal (obtenida por procesos de polimerización o de 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-solidificación puede repetirse; sin

embargo, debe tenerse en cuenta que el calentamiento repetido puede dar como resultado la degradación de la resina.

En el grupo de las resinas termoplásticas (fig 1), se presenta una lista de resinas básicas más utilizadas para la producción de compuestos de molde, generalmente se abastecen en polvo o en gránulos (pellets). La lista no es completa, incluye solamente los polímeros más conocidos (resinas básicas) sin mencionar los polímeros más nuevos o las combinaciones de dos o más polímeros (copolímeros), que se han producido para aplicaciones especiales.

Si examinamos una lista típica de materiales para inyección a base de resinas poliamídicas (símbolo ISO: PA 66), encontraremos que ya existe una gran variedad de materiales granulados constituidos esencialmente por:

- resina poliamídica sin carga con diversos grados de fluidez.
- resina poliamídica con carga (o reforzada) de fibra de vidrio en diversos porcentajes (por ejemplo, con 20%, 30% o 40% de fibra de vidrio) para obtener diferentes características mecánicas.
- diversos aditivos para mejorar la estabilidad térmica, la flexibilidad, el coeficiente de rozamiento o la moldeabilidad de la masa fundida, etc.
- pigmentos orgánicos e inorgánicos compatibles con la resina básica y además que permita la selección de colores en una determinada gama.

| RESINAS TERMOPLÁSTICAS (resinas base) | Símbolo ISO 1043 | Denominación |
|--|----------------------------------|----------------------------------|
| Acrílicas | PMMA | Polimetil-metacrilato |
| Celulósicas | CA | Acetato de celulosa |
| | CAB | Acetobutirato de celulosa |
| | CP | Propionato de celulosa |
| Estirénicas | PS | Poliestireno |
| | SB | Poliestireno alto impacto |
| | ABS | Acrilonitrilo butadieno estireno |
| | SAN | Acrilonitrilo estireno |
| Vinílicas | PVC | Cloruro de polivinilo |
| | PVAC | Poliacetato de vinilo |
| Poliolefinicas | PE | Polietileno |
| | PP | Polipropileno |
| Poliacetálicas | POM | Poliacetal (polio-simetileno) |
| Poliamidas | PA 66 | Poliamida (nylon) 66 |
| | PA 6 | Poliamida (nylon) 6 |
| | PA 610 | Poliamida (nylon) 610 |
| | PA 11 | Poliamida (nylon) 11 |
| | PA 12 | Poliamida (nylon) 12 |
| Policarbonatos | PC | Policarbonato |
| Poliésteres | PBTP | Polibutilén-tereftalato |
| Termoplásticos | PETP | Polietylén-tereftalato |
| Polifenilénicas | PPO | Polióxido de fenileno |
| Poliuretanos | PUR | Poliuretano termoplástico |
| Resinas fluoro-carbónicas | FEP | Fluoro etileno-propileno |
| | ETFC | Tetrafluoroetileno-etileno |
| | PCTFE | Trifluoroetileno-políclo |

RESINAS TERMOPLÁSTICAS

(Fig 1)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.2 TERMOFIJOS.

Las resinas termofijas pueden ser fundidas una sola vez. Las resinas de este grupo, que se caracterizan por tener una estructura molecular reticulada o entrelazada, se funden inicialmente por la acción del calor, pero enseguida, si se continúa la aplicación del calor, experimentan un cambio químico irreversible, el cual provoca que las resinas se tornen infusibles (es decir, no se plastifican) e insolubles. Este endurecimiento es causado por la presencia de catalizadores o de agentes reticulantes.

El grupo de las resinas termofijas (fig 2) incluye las resinas básicas más conocidas y empleadas en la preparación de los compuestos para moldeo, abastecidos por el mercado bajo la forma de polvo o gránulos. El moldeo de estos materiales puede realizarse en máquinas de inyección automática o en prensas por transferencia o a compresión, estando la selección del método a usar ligado al tipo de molde utilizado.

Los materiales que contienen secciones de tela o hilados de fibras largas para refuerzo e impregnados de resina, representan mucha dificultad para el moldeo por inyección, por lo que usualmente se emplean los métodos de transferencia o de compresión.

Si del grupo de termofijos, analizamos una resina típica fenolformaldehído (símbolo ISO: PF), podemos ver que los productores están en posibilidades de ofrecer compuestos para el moldeo que contienen:

- resina fenólica con diversos grados de fluidez y velocidad de endurecimiento.
- agentes de curado y catalizadores (para la reacción de endurecimiento).
- rellenos o cargas de refuerzo en diversos porcentajes, por ejemplo:
 - aserrín (polvo de madera)
 - fibras textiles orgánicas (algodón, nylon)
 - fibras inorgánicas (vidrio, asbesto)
 - polvos minerales (mica, asbestos, silicatos)
- aditivos químicos (plastificantes, estabilizantes).
- pigmentos apropiados a la resina base usada, con buena estabilidad al calor y a la rapidez de la luz.

Cada carga proporciona a la pieza moldeada características particulares, sean mecánicas o físicas, tales como: elevada resistencia al impacto, buena propiedad aislante, resistencia al arco eléctrico, etcétera.

También en el caso de termofijos resulta una extensa gama de materiales de moldeo disponibles, por lo que uno puede entender lo complejo que resulta seleccionar el material idóneo para la producción en serie de una determinada pieza moldeada.

| RESINAS TERMOFIJAS (resinas base) | SÍMBOLO ISO 1043 | Denominación |
|--|-----------------------------|--|
| Fenólicas | PF | Resina fenol-formaldehído |
| Melamínicas | MF | Resina melamina-formaldehído |
| | MPF | Resina melamina-fenol-formaldehído |
| Ureicas | UF | Resina urea-formaldehído |
| Alquídicas | — | Resina alquídica |
| Alílicas | PDAP | Resina alílica (polidad-iftalato) |
| Epóxicas | EP | Resina epóxica |
| Poliésteres insaturados | UP | Resina poliéster (insaturada) |
| Poliuretanos (con estructura reticulada) | PUR | Resina poliuretánica (rígida o flexible) |
| Silicónicas | SI | Resina silicónica (rígida o flexible) |

RESINAS TERMOFIJAS

(Fig 2)

**RESAS CON
FALLA DE ORIGEN**

1.3 ELASTÓMEROS

El grupo de los elastómeros (es decir, polímeros elásticos) comprende los hules naturales (goma o caucho) y todos los hules sintéticos, y se caracterizan por una elevada elongación del orden entre el 200% y el 100%.

Las propiedades elásticas de los hules naturales y sintéticos alcanzan sus valores máximos después de un apropiado tratamiento de vulcanización o curado con azufre o con peróxidos.

La vulcanización transforma a la estructura molecular de los hules, los cuales después de ser tratados, se convierten en infusibles y más resistentes a la acción de los agentes químicos.

Las propiedades elásticas de los hules se conservan por un largo período, si las condiciones ambientales y las condiciones de trabajo se mantienen dentro de ciertos límites.

Dentro del grupo de los elastómeros, en los últimos años se han desarrollado los hules termoplásticos que tienen razonablemente buenas propiedades elásticas dentro de límites de temperatura de operación más restringidos con respecto a los hules vulcanizados.

Estos elastómeros termoplásticos no contienen agentes reticulantes y, por lo tanto, no requieren ser vulcanizados. Para moldearlos se usan las mismas técnicas que para las resinas termoplásticas y además pueden ser reprocesados para volver a usar los desperdicios.

El casual descubrimiento del proceso de vulcanización del hule natural con el azufre, hecha por el investigador Goodyear (1839) permite conocer el extraordinario comportamiento elástico del compuesto caucho-azufre, después de calentarlo a la temperatura adecuada.

Actualmente los químicos llaman a este proceso "reticulación" ya que el azufre (o cualquier peróxido adecuado) facilita la creación de uniones tridimensionales transversales a través de la molécula lineal del hule. Estas uniones transversales (o puntos) son precisamente los que dan al hule vulcanizado —o reticulado— esas características (flexibilidad, elongaciones elevadas bajo cargas pequeñas y retorno casi total a la dimensión inicial cuando deja de aplicarse la carga).

La técnica de preparación de la mezcla del hule y el moldeo a compresión de los primeros productos, hechos en moldes de acero calentados a vapor, han permitido sin lugar a duda a los primeros pasos a la naciente industria de los materiales plásticos.

La clasificación de los elastómeros obtenidos de los hules naturales esta basada en general sobre la composición química de la cadena polimérica. La norma ASTM D 1418-76 da una lista de cerca de 40 elastómeros-base

A continuación (fig 3) se listan los elastómeros reticulados más conocidos (con el correspondiente símbolo ASTM) y se presentan sus diferentes comportamientos a la acción de algunos fluidos. La composición química del elastómero-base hace que algunos hules (hule natural MR y los cuatro siguientes)

no puedan resistir a la acción de las gasolinas, aceites lubricantes o de solventes, mientras que otras calidades de hules, pueden resistir en diferente medida la acción de los fluidos citados (fig 4).

| ELASTOMEROS RETICULADOS (hules vulcanizados) | Símbolos ASTM D1418 | Resistencia a | | | Límites de temp. °C | |
|--|---------------------------|---------------|-----------|---------|------------------------|------|
| | | Ácidos | Solventes | Aceites | Min | Max |
| Hule natural | NR | 2-1 | 0 | 0 | -40 | +90 |
| Hule butílico | IIR | 2-1 | 0 | 0 | -40 | +120 |
| Hule polibutadieno | BR | 2 | 0 | 0 | -45 | +135 |
| Hule estireno- butadieno | SBR | 2 | 0 | 0 | -40 | +120 |
| Hule etileno-propileno | EPDM | 3 | 0 | 0 | -30 | +135 |
| Hule uretánico | AU-EU | 1-0 | 3-2 | 3 | -20 | +90 |
| Hule de cloropreno | CR | 3-2 | 2 | 2 | -25 | +100 |
| Hule de polietileno clorosulfonado | CSM | 3 | 2 | 2 | -25 | +120 |
| Hule de nitrilo- butadieno | NBR | 2-1 | 3 | 3 | -20 | +120 |
| Hule acrílico | ACM | 2 | 3-2 | 2 | -15 | +150 |
| Hule fluorado | FKM | 3 | 3 | 3 | -15 | +200 |
| Hule silicónico | MQ | 1 | 2 | 2 | -50 | +250 |

ELASTOMEROS RETICULADOS

(Fig 3)

| ELASTÓMEROS TERMOPLÁSTICOS (hules termoplásticos) | Nombre comercial | Resistencia a | | | Límites de temp. °C | |
|---|--|---------------|-----------|---------|------------------------|------|
| | | Ácidos | Solventes | Aceites | Min | Max |
| Estireno-butadieno | Europrene Sol-T (ENICHEM) | 2 | 0 | 0 | -40 | +50 |
| Poliuretánico | Desmopán (BAYER) | 0 | 2-1 | 3-2 | -20 | +80 |
| Etileno-propileno | Dutral TP (MONTEDISSON) | 2 | 1 | 1 | -30 | +70 |
| Poliéster | Hytrel (DU PONT) | 0 | 3-2 | 3-2 | -40 | +100 |

ELASTOMEROS TERMOPLÁSTICOS

(Fig 4)

NOTA 1 – La resistencia a la acción de diversos fluidos (ácidos, solventes, aceites lubricantes) esta valuada empíricamente como sigue 3=excelente, 2=buena, 1=ligeramente buena, 0=mala.

NOTA 2 – Límites de la temperatura (para servicio continuo): los valores son indicativos, debido a que una especial formulación de la mezcla y diversos factores ambientales (condiciones de servicio, agentes químicos y atmosféricos) pueden modificar la resistencia del producto moldeado, ya sea en bajas o altas temperaturas.

La figura anterior (fig 4) muestra los elastómeros termoplásticos con los nombres comerciales de cuatro elastómeros base producidos por importantes compañías italianas y de otros países. También en esta tabla se dan los valores empíricos de la resistencia de los hules termoplásticos a la acción de algunos fluidos y al calor. Nótese que las dos tablas reportan datos y valuaciones de un número limitado de elastómeros (12 vulcanizados y 4 termoplásticos). Respecto a la resistencia a los fluidos es conveniente consultar las publicaciones técnicas de los productores de elastómeros que muestran los resultados de pruebas hechas, sumergiendo prototipos de diversos hules en cientos de fluidos diferentes.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.4 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS PLÁSTICOS

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

Cuando en alguna aplicación los materiales plásticos deben sustituir a los metales, el vidrio, 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 plástico 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.

En general los **materiales termoplásticos con estructura lineal**, ya vistos en la Figura 1, pueden ser subdivididos en dos subgrupos con referencia a su acomodo molecular:

- polímeros con estructura amorfa
- polímeros con estructura parcialmente cristalina

La diversa estructura molecular no solo influye en el comportamiento en el proceso de fusión y solidificación, sino que también determina las propiedades físicas y mecánicas.

En los **polímeros con estructura amorfa** la fusión no se realiza a una temperatura determinada. Por lo tanto no existe un "punto de fusión" preciso, en su lugar el material pasa gradualmente a medida que la temperatura del estado sólido a un estado viscoso hasta convertirse finalmente, en un fluido.

En este amplio "intervalo de fusión" los materiales amorfos pueden obviamente ser trabajados o transformados (por inyección, extrusión; soplado, etc.) dentro de los límites de temperatura bastante grande.

En estos materiales amorfos (sin refuerzos fibrosos u otras cargas inertes), la contracción en el moldeo está limitada entre 0.3% y 0.9%. Los mismos los polímeros con cargas o refuerzos fibrosos presentan valores de contracción inferiores.

Algunos materiales con estructura amorfa son transparentes como por ejemplo las resinas metacrilicas, las poliamidas amorfas, los policarbonatos y algunas resinas estirénicas (PS, SAN) y resinas celulósicas.

Los **polímeros con estructura parcialmente cristalina**, constituidos por partes amorfas y partes cristalinas, presentan un característico "punto de fusión" que corresponde a la transición del estado sólido al estado fluido.

El intervalo útil para la transformación está por lo tanto limitado a pocos grados centígrados, ya que un poco abajo del punto de fusión, está todavía sólido y no se puede moldear o extruir. Por otra parte no es prudente superar mucho la temperatura de fusión porque puede intervenir el fenómeno de degradación térmica.

Estos polímeros con estructura parcialmente cristalina tienen una contracción en el moldeo mucho más elevada con respecto a los materiales amorfos.

La contracción para un polímero no reforzada varía del 1% al 5%. Además después del moldeo se verifican en diferente medida, fenómenos de una posterior contracción. Todos los refuerzos fibrosos y las cargas inertes (fibra de vidrio, fibra de asbesto, mica, etc.), ayudan a mejorar las características mecánicas, térmicas o eléctricas y contribuyen a reducir tanto la contracción en el moldeo como la contracción posterior.

La estructura semicristalina hace a estos materiales más resistentes a los agentes químicos (solventes, sustancias ácidas o básicas, etc.) y menos sensibles a los aumentos de temperatura en cuanto que mantienen las características de resistencia mecánica y de rigidez hasta la proximidad al punto de fusión.

La figura siguiente (fig 5) lista los materiales termoplásticos previamente mencionados subdivididos en dos subgrupos:

- polímeros con estructura amorfa
- polímeros con estructura semicristalina

Se dan también los símbolos ISO (International Standardization Organization) correspondientes, sus temperaturas o límites del punto de fusión y los valores aproximados de la contracción del moldeo.

| Termoplásticos con estructura amorfa | Símbolo ISO | Intervalo de fusión °C | Contracción en moldeo % |
|---|--------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| ABS polímero | ABS | 170-200 | 0.4-0.7 |
| Poliestireno | PS | 130-160 | 0.3-0.6 |
| Poliestireno resistente al impacto | SB | 130-160 | 0.3-0.6 |
| Acrilonitrilo-estireno | SAN | 140-170 | 0.4-0.6 |
| Acetato de celulosa | CA | 130-170 | 0.3-0.7 |
| Acetato butirato de celulosa | CAB | 130-170 | 0.3-0.7 |
| Propionato de celulosa | CP | 130-170 | 0.3-0.7 |
| Policarbonato | PC | 220-260 | 0.5-0.8 |
| Polimetil metacrilato | PMMA | 150-180 | 0.4-0.8 |
| Óxido de polifenileno (modificado) | PPO | 240-270 | 0.5-0.8 |
| Cloruro de polivinilo (rígido) | PVC | 130-160 | 0.4-0.8 |
| Termoplásticos semicristalinos | | | |
| Poliétileno (baja densidad) | LDPE | 110 | 1-3 |
| Poliétileno (alta densidad) | HDPE | 130 | 1.5-4 |
| Polipropileno | PP | 165 | 1-2.5 |
| Poliamida 66 | PA 66 | 255 | 1.2-2.5 |
| Poliamida 6 | PA 6 | 220 | 0.8-2 |
| Poliamida 610 | PA 610 | 220 | 0.8-2 |
| Poliacetal (homopolímero) | POM | 175 | 1.5-3.5 |
| Poliacetal (copolímero) | POM | 165 | 1.5-3.5 |
| Polibutileno-tereftalato | PBTP | 225 | 1.2-2.8 |
| Poliétileno-tereftalato | PETP | 255 | 1.2-2 |
| Fluorotileno-polipropileno copolímero | FEP | 270 | 3.5-5 |
| Etileno-Tetrafluoruro etileno copolímero | ETFE | 270 | 3.5-5 |

**MATERIALES TERMOPLÁSTICOS CON ESTRUCTURA AMORFA Y
CRISTALINA**

(Fig 5)

Nota - Todos los valores corresponden a polímeros sin refuerzos fibrosos ni cargas de otro tipo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO 2

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE MOLDES CON INYECCIÓN DE PLÁSTICOS

CAPITULO II

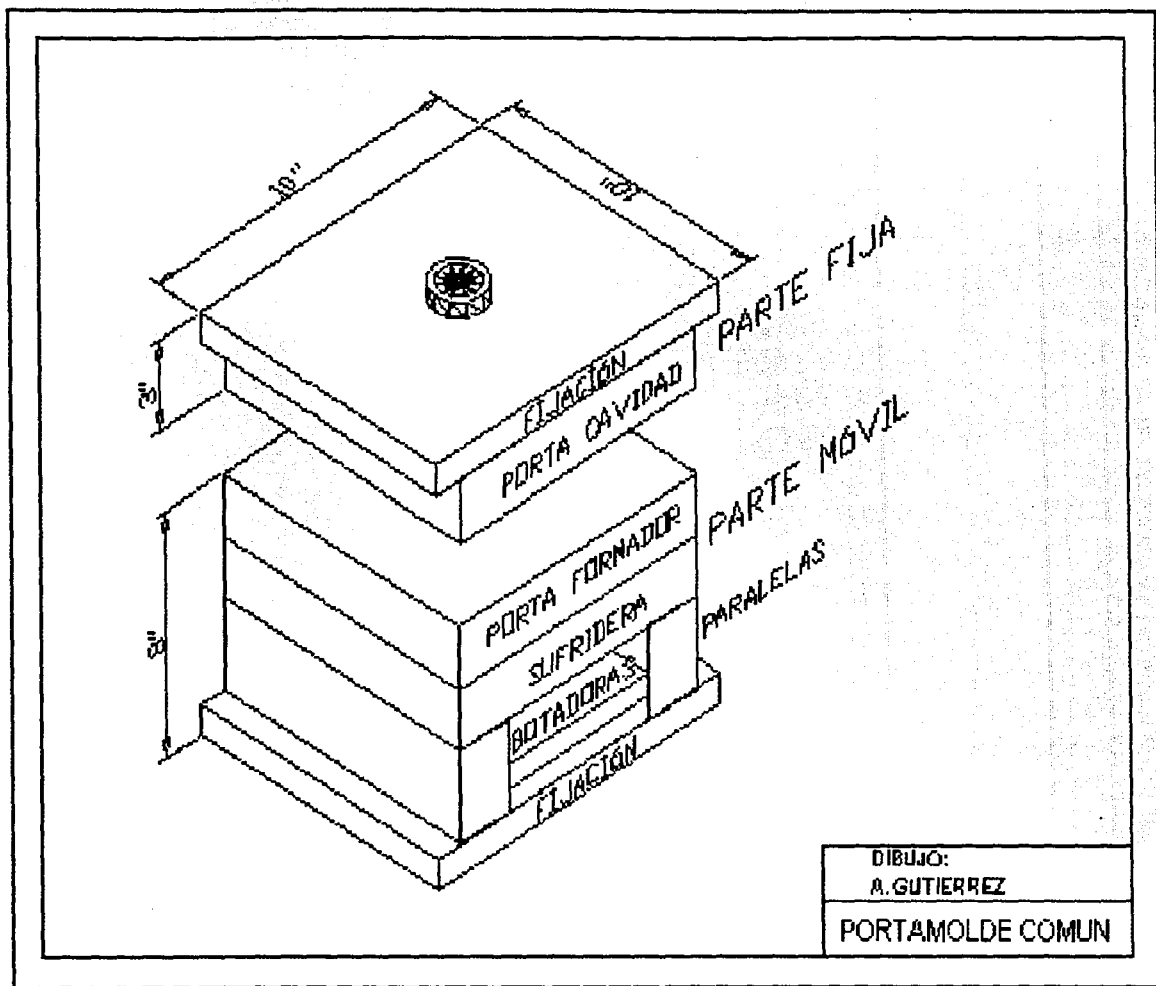
DISEÑO Y FABRICACIÓN DE MOLDES CON INYECCIÓN DE PLÁSTICOS

Antes de poder comenzar con un proceso descriptivo acerca del proceso de diseño y manufactura, tenemos que hacer una descripción general acerca de los diferentes tipos de moldes y cuales son sus partes principales.

Existen varios tipos de moldes, ya sea de una o varias cavidades y a su vez de colada caliente o fría, pero todos coinciden en este tipo básico de holder o porta molde, el cual cuenta de dos partes principales que son la parte fija y la móvil donde se efectúa la acción de botado de la pieza, así como consta de varias placas. Nos referimos a esto como holder o porta molde debido a que se considera como molde a la cavidad y al formador de este, y todo lo demás son placas que sirven para su fijación a la máquina y la inyección del material fundido dentro del molde.

Esquemáticamente un molde de inyección de plásticos consta de estas principales partes que observamos (fig 6) y describiremos a continuación.

(Fig 6)



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.1 PARTE FIJA

Se le llama parte fija, ya que es la parte del molde que no tiene movimiento alguno ya que el botado de la pieza ocurre al abrirse el molde como ya se explicó con anterioridad y esto por medio de la parte móvil del molde. Esta parte va montada a la platina fija por medio de grapas y tornillos de alta tensión. Esta parte consta de tres elementos principales, que son placa de fijación, placa porta cavidades y boquilla de alimentación.

La placa de fijación, como su nombre lo indica, es la placa que va engrapada a la platina de la máquina, en su parte de contacto con la platina, tiene un anillo de centrado para su correcta colocación en la máquina, ya que no podemos permitir que el eje del molde quede descentrado con respecto al eje del cañón. Esta placa va atornillada a la placa porta cavidades y llevan fija la boquilla de alimentación que es por donde el material fluye hacia el molde.

La placa porta cavidades recibe su nombre debido a que es en esta donde se alojan las cavidades del molde, las cuales pueden ser maquinadas en la misma placa o por medio de unos insertos que van fijados por tornillos, los cuales son más recomendados debido a que si se llega a dañar una cavidad solo se cambia la parte dañada y no toda la placa lo cual representa una optimización de tiempo y recursos. Esta placa lleva también canales de agua para refrigeración según los requerimientos funcionales de la pieza acorde al moldeo ya que para ciertos materiales se debe de trabajar el molde a cierta temperatura la cual se logra calentando este por medio de aceite.

La boquilla es un cilindro que en su interior lleva una conicidad con el lado de menor diámetro en el lado del cañón y el de mayor diámetro en la parte de la colada del molde para el adecuado flujo del material, en su parte exterior lleva un alojamiento para la boquilla o nariz del cañón, este alojamiento tiene que ir acorde al radio que tenga en la nariz el cañón para evitar fugas de material. La boquilla es el punto principal de alimentación donde va a distribuir el material fundido.

Anexo a estas partes también encontraremos pernos que nos servirán como guía para abrir y cerrar el molde, evitando así que el molde cierre mal y produzca defectos como rebaba en la línea de cierre del molde, también a su vez podemos encontrar pernos inclinados o levas para el moldeo de piezas más complejas que requieren variaciones en esta configuración básica del molde.

Más adelante (fig 7) veremos una vista superior de un molde en una máquina, donde podemos apreciar la parte fija de un molde.

2.2 PARTE MÓVIL.

Se le identifica con este nombre ya que es la parte que viaja junto con la platina móvil y es la que lleva el trabajo de botar la pieza. Consta de las siguientes partes principalmente, placa porta formadores, placa sufridera, placas botadoras, placas paralelas o zancos y placa de fijación.

La placa porta formadores como su nombre lo dice, es la placa en la que van los formadores de la pieza, estos van fijados por medio de tornillos a la placa, ya que en su mayoría de las veces son insertos, es la placa que al igual que la porta cavidades lleva los canales de refrigeración y aloja los carros, bujes y demás partes que se requieran para el moldeo directo de la pieza.

La placa sufridera es una placa de respaldo que va fija detrás de la placa porta formadores, esta placa va para respaldar y soportar el esfuerzo sufrido por la inyección, si es una placa muy delgada, puede ser doblada si la fuerza de la inyección es mayor al límite de cedencia de la placa. Aunque en la actualidad y en su mayoría de las veces se emplea solo como un respaldo o asiento para los formadores ya que el esfuerzo máximo se encuentra en la placa porta formadores como ya veremos mas adelante para efectos de diseño detallado.

Las placas botadoras son las placas que llevan los botadores, son dos placas ya que los botadores van fijos en una y llevan la otra como tapa de los botadores, estas placas viajan sobre unos pernos guía que van encajonados a la placa sufridera; Estas son las que por medio de los botadores botarán o expulsarán la pieza una vez inyectada.

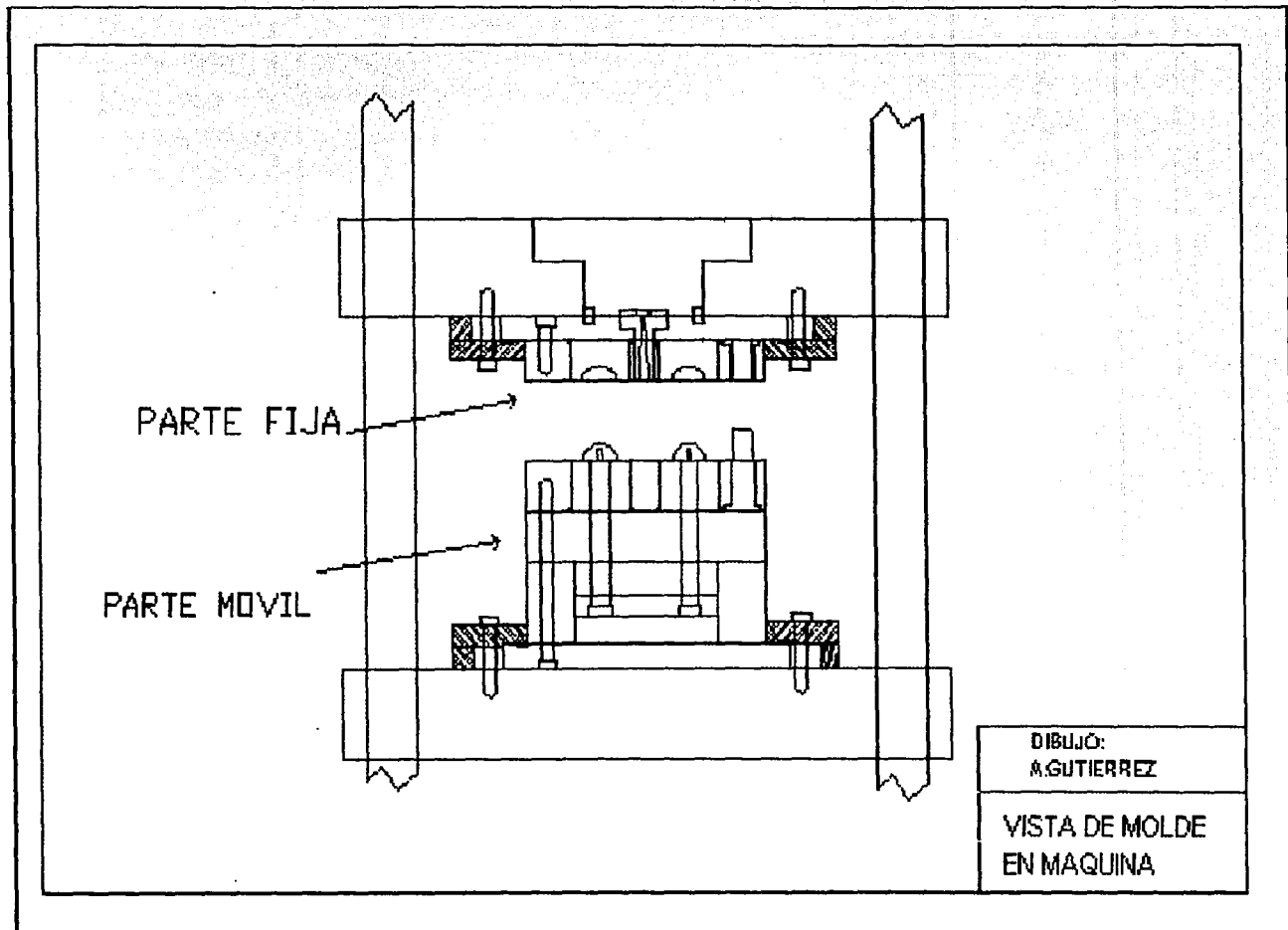
Las placas paralelas o zancos, son las placas que nos limitan la carrera de las placas botadoras, su altura va en razón directa a la altura total de la pieza a botar de los formadores, además de alojar las placas botadoras

La placa de fijación es la placa que va fija a la platina móvil, esta placa va fija a las demás por medio de tornillos que van de esta placa a la porta formadores, y es la que lleva los pernos guía de las placas botadoras que terminan en la placa sufridera, tiene en su parte posterior un barreno que nos permite acoplar una barra de botado con las placas botadores, esta barra de botado va atornillada al eyector hidráulico de la máquina en el caso que así se requiera como ya se mencionó antes.

Estas son las partes principales de un molde estándar de 9 placas, puede cambiar acorde al diseño del mismo o a las exigencias de inyectado de la pieza, los moldes pueden ser de una o varias cavidades según el tamaño de la pieza, el tamaño del molde e incluso la producción que se espera obtener del producto.

Recurrimos otra vez (fig 7) para observar la parte móvil de un molde y donde se encuentra en la máquina.

(FIG 7)



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los puntos críticos de un molde de inyección de plásticos son los ajustes que lleva, puesto que no se puede aceptar un molde que sus placas estén sin rectificar, ya que una milésima de pulgada puede afectar el funcionamiento del mismo, provocando un mal empalmado de las placas porta cavidad y porta formador y generar una pieza con rebaba en la unión de estas, otro punto importante es el tipo de punto de inyección a usar y la ramificación que se derive de la boquilla, ya que debemos de buscar que todos los puntos sean equidistantes con respecto a la boquilla, sino esto puede desencadenar en que tengamos una pieza con rebaba mientras que otra se encuentra con falta de llenado.

Los moldes pueden ser principalmente de dos tipos, según la forma de inyección, los hay de colada fría y de colada caliente, siendo el de colada fría el más común y usado en la industria ya que es mas barato y fácil de maquinar. Pero las exigencias de obtener ciclos más cortos y piezas con mejor acabado han dictaminado un camino que va hacia el uso mas frecuente de la colada caliente que antes era solo para casos especiales.

2.3 MOLDE DE COLADA FRIA.

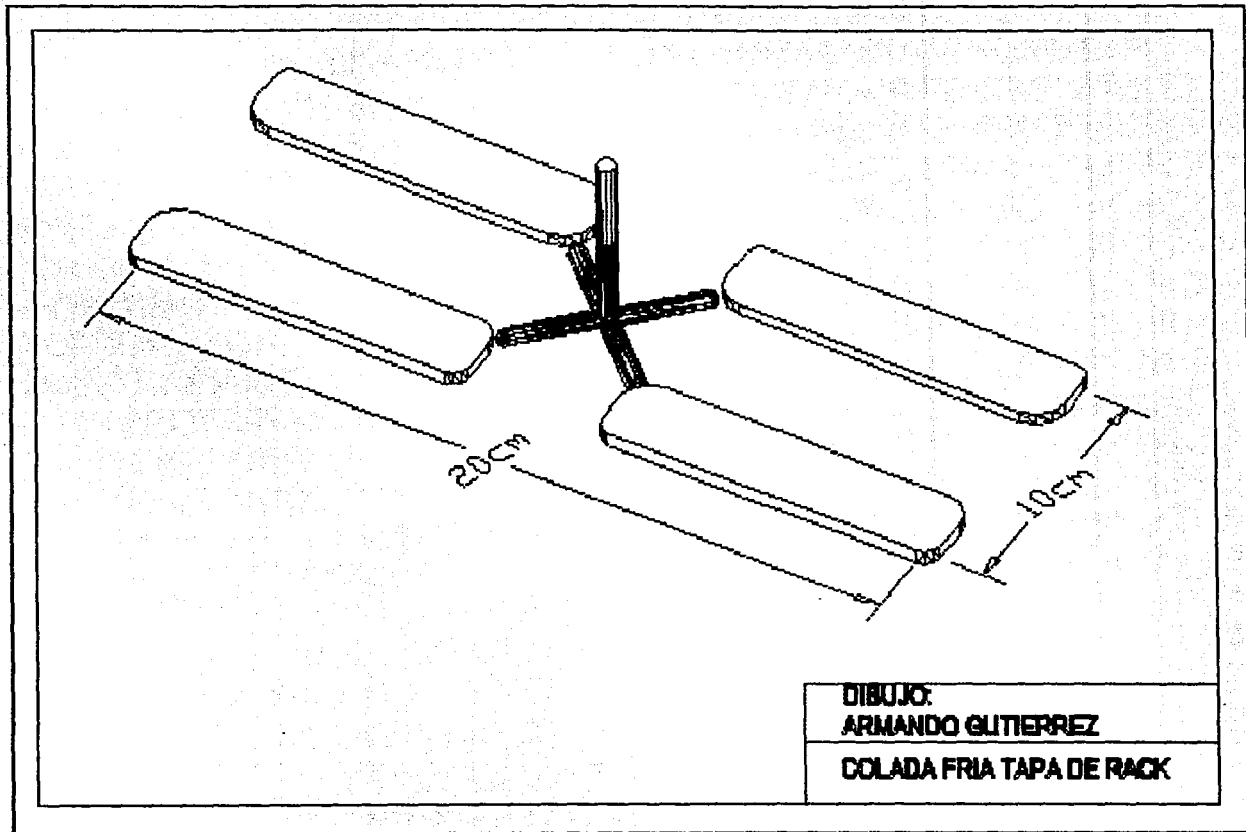
Es la forma básica de inyección y la más antigua, es en la que sale la pieza unida a la colada de inyección (fig 8), en este proceso, hay que desprender la colada de la pieza inyectada, hay varias formas de hacer una inyección en colada fría en base al punto de inyección que solo por mencionar algunos tenemos que pueden ser capilar que puede ser en combinación con un molde sin colada con un diseño especial en la boquilla, el diámetro de entrada va de 0.8 a 2.0 mm.

También tenemos inyección por diafragma que es adecuada para piezas cilíndricas que requieren buena concentricidad y una buena y resistente línea de unión de flujo. Después del moldeo requiere una operación de corte del diafragma o disco.

La inyección de película es la adecuada para piezas planas o de superficie amplia, en donde el alabeo deba reducirse al mínimo, al igual que la inyección lateral es una variante de la inyección de abanico, es usada principalmente para piezas planas y delgadas ya que asegura una distribución uniforme del polímero, la sección de entrada debe ser siempre menor a la del canal de alimentación.

También las hay más complejas como la de túnel curvo que es adecuada cuando se requiere una buena apariencia en las piezas y no deben de quedar huellas de la inyección o en piezas que requieren expulsión automática sin colada. Para la expulsión del producto, el conducto corvado requiere una buena conicidad y que no se flexione en este punto.

(FIG 8)



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.4 MOLDE DE COLADA CALIENTE.

Un molde de colada caliente adquiere su nombre debido a que alrededor de la boquilla tiene una resistencia la cual mantiene caliente el material dentro de esta, el material es distribuido dentro del molde por un "manifold" (fig 9) o revolver el cual, también tiene en su interior resistencias del tipo tubular con lo que guiará el material en forma fundente hacia las piezas en vez de llevar corredores que se enfrían por la temperatura del molde, la ventaja que se tiene con respecto a la colada fría es que la pieza sale sin colada, ya que esta se mantiene a temperatura de fusión en la boquilla y no se pega a la pieza, con lo que podemos optimizar los ciclos de inyección ya que requerimos un menor tiempo de enfriamiento y menor desperdicio de material en coladas ya que en ciertos productos estamos hablando que es mayor el peso de la colada que el peso de la pieza en sí. Este tipo de moldes se emplea cuando son varias cavidades o es muy grande la pieza a inyectar. Debido a la complejidad y tamaño del molde, son muy laboriosos y caros ya que debe de llevar un alojamiento especial para el manifold y la resistencia, sin contar que esta debe de ir conectada a un termorregulador que controlará las resistencias de las boquillas así como la o las resistencias que estén dentro del manifold.

La temperatura máxima de operación de un sistema de colada caliente es de aproximadamente 343°C (650°F), y para poder mantener esa temperatura de operación es necesario aislar este calor de la parte fría del molde (cavidades), de lo contrario existirá un excesivo flujo de calor entre el sistema de colada caliente y el molde frío perdiendo su eficiencia, por lo que se recomienda tener un adecuado aislamiento térmico hacia esta parte como hacia la platina de la máquina.

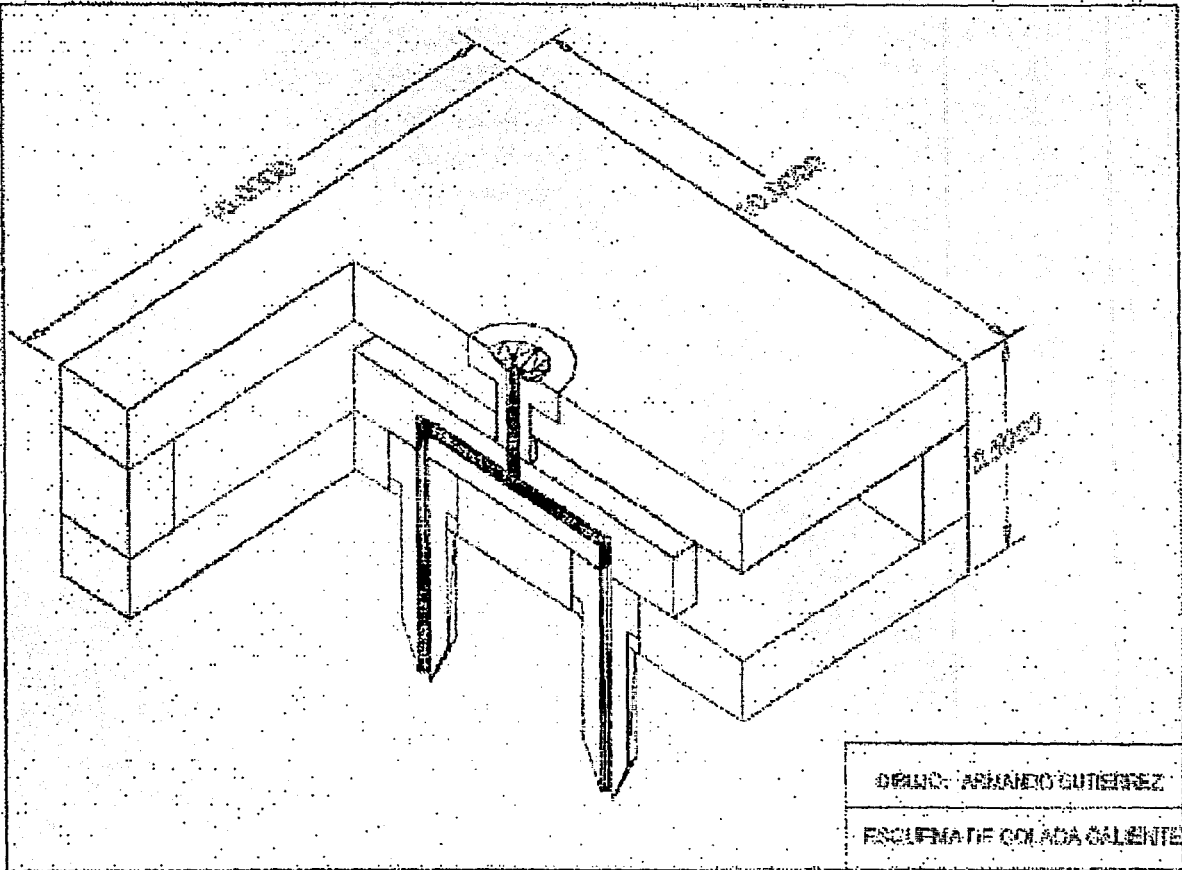
Existen varios tipos de boquillas para los moldes, que van desde una boquilla básica (que es como una extensión del cañón), hasta las que cuentan con un sistema de válvula que regula el paso de material a la cavidad, esto es muy usual en piezas muy complejas donde se requiere un acabado perfecto, así como un balance de material para el uso de la pieza.

En este tipo de moldes se debe de tener mucho cuidado con los cálculos correspondientes a las dimensiones en frío ya que el factor de expansión térmica es primordial por las altas temperaturas en que trabaja un molde de este tipo.

Cuando se va a realizar la construcción de un molde de este tipo es necesario hacer un estudio de factibilidad acorde al tipo de pieza a inyectar para tener un acomodo adecuado de las boquillas o puntos de inyección, el tipo de resina a utilizar para hacer una correcta selección de materiales para el manifold y la potencia calorífica de las resistencias, ya que algún cambio en el diseño puede llevar al éxito o aun rotundo fracaso.

A continuación vemos una vista en corte de un molde de colada caliente en el cual podemos observar el manifold y las boquillas las cuales cuenta cada una con su resistencia para el flujo adecuado de la materia prima.

(FIG 9)



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.5 DISEÑO Y FABRICACIÓN DE LOS MOLDES

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. Para una buena opción y obtener lo más adecuado, es muy útil el intercambio de información entre el técnico que diseña la pieza moldeada y el diseñador del molde. Las consideraciones preliminares deben tomar en cuenta los siguientes puntos:

1. La pieza por moldear: forma, dimensiones, tolerancias, peso, material plástico que se usará, contracción prevista;
2. Cantidad de piezas para producir en la unidad de tiempo: determinación del aspecto económico;
3. Selección del sistema de moldeo y costo de producción del producto;
4. Tipo de molde y número de cavidades: costo del molde, y
5. Selección de la máquina adecuada: tipo y características

Ciertamente el diseño y la construcción de un molde están siempre precedidos de un estudio general en el cual los datos y características están perfectamente definidos por las partes interesadas. La información que se obtiene de este estudio preliminar se registra en una hoja de datos o se asienta en un croquis que servirá para que el dibujante comience a desarrollar y a definir los planos de fabricación del molde.

Los aspectos descritos anteriormente son básicos ya que de ellos puede depender el éxito del diseño y rentabilidad del molde. Sin embargo, no debemos olvidar que durante el desarrollo del diseño se presentarán ajustes, cambios y decisiones también importantes. La garantía del buen funcionamiento y duración del molde será consecuencia de las decisiones que se tomen entre el diseñador, el fabricante del molde y el supervisor del proceso de moldeo.

Las experiencias de éxitos y fracasos anteriores pueden ayudar a la buena realización de un molde, que debe ser fabricado con mucho cuidado.

La fase de prueba del molde es la última y más 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 realidad, considerando que el molde es "una pieza costosa y complicada del equipo", construido como ejemplar único (igual que un prototipo), esta prueba es una oportunidad muy importante para los interesados. Es el momento en el cual "la información que se obtiene" (retroalimentación), deberá discutirse en equipo a fin de tomar decisiones sobre ajustes o eventuales modificaciones al nuevo molde que está apunto de entrar a producción.

Si consideramos ya definidas las condiciones que se trataron en los puntos 1-2-3-4 y 5, podemos continuar con una breve lista de otras alternativas que también deben decidirse y que en algunos casos están ligadas a las consideraciones preliminares.

6. **Sistemas de alimentación del material** a las cavidades del molde que son diversas y dependen tanto del material por usar (termoplástico o termofijo) como de la forma y número de cavidades;

7. **Sistemas de expulsión de las piezas moldeadas** y de las coladas después de la solidificación por enfriamiento (en el caso de termoplásticos) o bien después del calentamiento que provoca la reacción química de endurecimiento (en el caso de los termofijos y elastómeros vulcanizables);
8. **Sistemas de enfriamiento del molde** para termoplásticos, donde es necesario disipar la cantidad de calor que en cada moldeada el material fluido inyectado cede al molde. Cada molde debe de operar con un determinado nivel de temperatura, seleccionado en función del material por moldear.

Para el enfriamiento (o acondicionamiento) del molde, se hace circular un líquido (agua o aceite diatérmico) regulado a la temperatura necesaria y bajo presión por los barrenos previstos;

9. **Sistemas de calentamiento de los moldes** para termofijos y par hules vulcanizables. En cada ciclo, el molde debe ceder a la pieza moldeada una determinada cantidad de calor al nivel apropiado de temperatura. El calentamiento de los moldes, mediante resistencias eléctricas por banda o por cartuchos directamente aplicados o insertos en ellos, permite una buena distribución de la temperatura y una segunda temoregulación. El calentamiento indirecto por medio de placas de calentamiento interpuestas entre las platinas de la máquina y el molde son utilizadas sólo en casos particulares, ya que provocan un elevado consumo de energía y diferentes temperaturas en diversas partes del molde;
10. **Selección de los materiales para la fabricación de los moldes.** Es necesario considerar diversos factores:

- calidad del material plástico y dimensiones de la pieza moldeada;
- cantidad de las piezas por producir y duración prevista del molde;
- método elegido para la fabricación de las cavidades (maquinado en máquinas convencionales, electroerosión, estampado en frío o clavado, etc.);

- 11 Sistemas de seguridad y protección de los moldes.** Estos dispositivos pueden estar insertos en los sistemas de control de las máquinas modernas para que puedan cerrar el molde con velocidad y fuerza de cierre reducidas a los valores más bajos durante la fase de acercamiento de los medios moldes. Es posible aplicar otros dispositivos a los sistemas de expulsión del molde de manera que sean activados en el momento deseado y durante la fase correcta;
- 12 Cálculo de los esfuerzos en los moldes y la deformación** inducida por las elevadas presiones de moldeo: verificación de las condiciones de los esfuerzos y su estabilidad.

CAPITULO 3

GENERALIDADES SOBRE LA CONFORMACIÓN DE MATERIALES PLÁSTICOS POR INYECCIÓN

CAPITULO III

GENERALIDADES SOBRE LA CONFORMACIÓN DE MATERIALES PLÁSTICOS POR INYECCIÓN

En todos los procesos de moldeo, las variaciones de:

- temperaturas
- presiones
- velocidad y tiempos

pueden causar en las piezas moldeadas defectos más o menos evidentes. El conocimiento de la interacción entre estas variables puede ser de mucha utilidad cuando se tenga que probar un nuevo molde o iniciar la producción de las piezas moldeadas.

3.1 TEMPERATURAS

En los diversos procedimientos de moldeo las variaciones de temperatura de fusión o de plastificación juegan un papel diferente, según se trate de material termoplástico o de un termofijo.

Las variaciones de temperatura del polímero 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.

En el caso de materiales termofijos, la variación de la viscosidad depende tanto de la temperatura como del tiempo. De hecho el moldeo de estas resinas reactivas resulta más crítico, respecto a los termoplásticos, porque debe de hacerse en el intervalo de tiempo que ocurre entre la plastificación y la reacción de endurecimiento.

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.

Llegando a la energía térmica necesaria para la fusión, se nota que en general los materiales semicristalinos requieren mayor cantidad de calor que los materiales amorfos, pues el calor específico de los plásticos semicristalinos es mayor que el de los materiales amorfos.

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 de material por la boquilla sobre una placa aislante y ahí mismo hacer la medición con la sonda de un pirómetro o de un pirómetro de respuesta instantánea.

Las variaciones de temperaturas 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 de la estructura, elevadas tensiones internas, propiedades mecánicas de mala calidad.

Cuando se moldean materiales con estructura semicristalina debe trabajarse con moldes calientes (60-120°C). El enfriamiento lento produce en las piezas moldeadas una cristalización uniforme en casi toda la sección. De esta manera se mejoran las características mecánicas y la estabilidad dimensional de las piezas producidas.

En **el moldeo de termoplásticos** el molde se mantiene a una temperatura inferior respecto a la del polímero 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.

En **el moldeo de termofijos**, el molde ya no es un intercambiador de calor, más bien debe proporcionar la cantidad de calor necesario para la fusión del material y para la sucesiva reacción de endurecimiento o de vulcanización.

3.2 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 molde 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 las entradas al molde.
- de la longitud de la trayectoria y la geometría más o menos complicada de la cavidad que debe de producir la pieza moldeada.

A estas resistencias de naturaleza "geométrica" que el polímero fundido encuentra a lo largo de su trayectoria, se le debe de agregar el aumento de la viscosidad del material que progresivamente endurece (por enfriamiento o por reticulación) durante el flujo.

La presión de inyección corresponde a la fase de llenado del molde y su valor está determinado, por la suma de las resistencias que se opone al flujo del material inyectado en el molde. Cuando se alcanza la máxima presión de inyección, esta se cambia a valores más bajos y es llamada **presión de sostenimiento** o **pospresión**.

El 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 más compactas y se reduce la contracción.

Si se considera que los polímeros 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 delante en tanto que el husillo girando va hacia atrás. **La contrapresión sobre el husillo que gira**, tiene la función de impedir el retorno de éste, 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 o de romper las fibras de vidrio usadas para reforzar los materiales.

Para tener bajo control los efectos de la contrapresión es necesario verificar que la temperatura del cilindro de plastificación no supere los límites preestablecidos para evitar la degradación térmica del material.

3.3 VELOCIDADES Y TIEMPOS.

Cuando se habla de **velocidad de inyección** se hace una 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 el tiempo de inyección en segundos.

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 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, pueden presentarse 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 (en kg/h), pero pueden influir en la homogeneidad y la uniformidad de la temperatura del material fluido contenido en el cilindro

Los efectos positivos de este aumento de temperatura podemos resumirlos en:

- 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 rotación están expresados en revoluciones por minuto (rpm) sin hacer referencia al diámetro del husillo.

En la actualidad es más significativo y exacto considerar la velocidad periférica del husillo (expresada en metros por segundo), porque ésta es una función del diámetro y del número de revoluciones por minuto.

Los datos siguientes corresponden a velocidades periféricas del husillo para la plastificación de varios materiales, sujetos a las variaciones que la experiencia determine:

- materiales muy fluidos: 0.6 a 1.2m/s
- materiales con fluidez media: 0.3 a 0.6 m/s
- materiales termofijos o elastómeros: 0.1 a 0.3 m/s

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 tanto la productividad de la 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
- el coeficiente de conductividad térmica del material
- la temperatura del molde
- el espesor de la pieza moldeada

Para simplificar las cosas puede estimarse con cierta aproximación la duración del tiempo de enfriamiento, usando diagramas trazados para determinados materiales plásticos moldeados bajo condiciones específicas.

Los tiempos de endurecimiento de las piezas moldeadas con materiales termofijos dependen, de la propiedad intrínseca de la resina básica que constituye el "aglutinante" del compuesto de moldeo.

Existen resinas de rápido endurecimiento (vida plástica larga) especialmente formuladas para el moldeo por inyección en máquinas con cilindro de plastificación con husillo.

Las **ventajas de la plastificación de los termofijos con el husillo rotante** se han extendido en los últimos años al moldeo por compresión y, en algunos casos, también al sistema por transferencia.

De esta manera se han eliminado los problemas y los costos de precalentamiento del material en polvo o en gránulos (pellet), los tiempos de ciclo de moldeo se han reducido notablemente. En la actualidad las máquinas de moldeo para termofijos, equipadas con husillo rotante de preplastificación operan automáticamente con ciclos de moldeo definitivamente más corto que en el pasado.

También en el **proceso del hule vulcanizable** con el método más antiguo (compresión) se ha modernizado, equipando a las máquinas con la plastificación por husillo. No obstante, el moldeo por inyección del hule vulcanizable, en los casos que resulta aplicable, se prefiere por resultar más ventajoso.

Anteriormente mencionamos que los valores más o menos altos de las presiones de inyección y de sostenimiento (o pospresión 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 preferentemente en un **tiempo corto** (o sea en 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**, evitando una prolongación inútil, está basado en el control del peso de las primeras piezas moldeadas al inicio de la producción.

La determinación del tiempo de sostenimiento "óptimo" (o tiempo de pospresión) debe hacerse al inicio de cada nueva producción o de cada lote considerable por moldearse.

El tiempo apropiado corresponde al punto en el cual el peso de las piezas se estabiliza en un valor casi constante.

Almacenamiento de los materiales plásticos. Tanto los materiales de moldeo en gránulos como en polvo, así como los productos terminados (piezas moldeadas o semielaboradas) deberán ser conservados en lugares secos con suficiente ventilación. Por razones de seguridad (prevención de incendios), los almacenes deben de estar separados del departamento de producción (moldeo, operaciones secundarias). Las compañías que producen los polímeros de moldeo, protegen el embalaje de estos materiales, para evitar en lo posible la absorción de humedad y la contaminación.

Cuando se deba almacenar grandes cantidades de materiales de moldeo, sea en gránulos o en polvo, se recurre a grandes recipientes o "silos" provistos de dispositivos con sistemas de aspiración para transportar directamente el material desde los camiones tanque o furgones de ferrocarril. La sucesiva utilización de la materia prima, se realiza a través de tuberías que se conectan a las tolvas de las máquinas o a los secadores de material.

Secado de los materiales para moldeo. La humedad absorbida en diferente medida por los materiales plásticos durante el transporte o depositados en los almacenes, puede causar durante el proceso de fusión y de inyección, inconvenientes que se manifiestan en las piezas moldeadas:

- disminución de la resistencia mecánica
- variación de la contracción por moldeo
- defectos superficiales (hojado, ampollas, etc.)

Los productores de materiales plásticos indican que en los materiales granulados (o en los polvos) destinados al moldeo por inyección son admisibles los contenidos de humedad (expresados en porcentajes de peso) mostrados en la figura 10.

Ciertos polímeros (tales como las poliolefinas, los acetales y particularmente las resinas fluoroplásticas) muestran una tendencia a no absorber agua del aire circulante.

Esos materiales, si se almacenan en un ambiente seco y ventilado, en su empaque original (bolsa a prueba de agua o contenedores sellados), pueden usarse directamente para moldeo o para extrusión, sin necesidad de presecarlos (a menos que, por supuesto, se expongan en un ambiente húmedo).

| Materiales termoplásticos | Símbolo ISO | Humedad permisible % en peso | Temperatura y tiempo de secado |
|---------------------------|-------------|------------------------------|--------------------------------|
| Poliétileno | PE | No absorben humedad | No necesario |
| Polipropileno | PP | | |
| Poliacetal | POM | | |
| Polímeros fluorados | FEP | | |
| Resinas acrílicas | PMMA | 0.1 | 70 - 80°C - 3h |
| Resinas estirénicas | PS | 0.1-0.2 | 70 - 80°C - 2-3h |
| | SB | 0.1-0.2 | 70 - 80°C - 2-3h |
| | ABS | 0.1-0.2 | 70 - 80°C - 2-3h |
| | SAN | 0.1-0.2 | 70 - 80°C - 2-3h |
| Resinas celulósicas | CA | 0.2 | 70 - 80°C - 2-3h |
| | CAB | 0.2 | 70 - 80°C - 2-3h |
| | CP | 0.2 | 70 - 80°C - 2-3h |
| Resinas vinílicas | PVC | 0.3 | 60 - 70°C - 1h |
| Policarbonatos | PC | <0.002 | 120°C - 4-6h |
| Poliésteres | PBTP | <0.05 | 120°C - 2-4h |
| termoplásticos | PETP | <0.05 | 120°C - 2-4h |
| Polifenilos | PPO | <0.05 | 110°C - 2-4h |
| Poliámidas | PA 66 | 0.1-0.2 | 70 - 80°C - 4-6h |
| | PA 6 | 0.1-0.2 | 70 - 80°C - 4-6h |
| | PA 12 | 0.1-0.2 | 70 - 80°C - 24h |

Fig 10

CAPITULO 4

MAQUINAS DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO

CAPITULO IV

MÁQUINAS DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO

Una máquina de inyección de plásticos consta de las siguientes partes principalmente:

Unidad de cierre de molde, sistema de botado, unidad de inyección y panel de control.

4.1 UNIDAD DE CIERRE DE MOLDE.

La unidad de cierre de molde es el componente de la máquina que sostiene el molde: efectúa el cierre y la apertura, genera la fuerza para mantenerlo cerrado durante la fase de inyección, y cuando el molde se abre es expulsada la pieza.

Se han creado muchos sistemas de cierre, pero los mas conocidos y utilizados son:

- Cierre por rodillera.
- Cierre por pistón (tambien conocido como cierre directo)
- Cierre mixto rodillera-pistón.

De estos cuatro sistemas el más utilizado es sin lugar a dudas es el de doble rodillera, especialmente en máquinas con fuerza de cierre hasta de 10000kN (1000 ton).

4.1.1 CIERRE POR RODILLERA SIMPLE.

La rodillera simple es un sistema de bielas que, multiplicando la fuerza que se aplica, realiza la fuerza de cierre requerida. La relación de multiplicación varía de 15 a 25 veces en la rodillera simple y de 25 a 50 veces en la rodillera doble. En otras palabras, para obtener una fuerza de cierre de 2000kN (200ton) en un sistema de relación de 40 veces, se debe de aplicar una fuerza de 50kN (5ton).

Normalmente, los sistemas de rodillera son accionados por un cilindro hidráulico. La rodillera simple esta constituida por un sistema de bielas que actúan a lo largo del eje central del grupo de moldes, entre la platina móvil y la cabeza de moldes, accionada como ya se dijo por un cilindro hidráulico.

El sistema utilizado en la máquina donde trabajará nuestro molde es de este tipo debido a que antes se utilizaba este sistema en máquinas de hasta 2000kN (200ton). Actualmente es usado en máquinas de hasta 700kN (70ton).

4.1.2 CIERRE POR RODILLERA DOBLE.

El sistema de doble rodillera es el mas utilizado en la actualidad en Europa, particularmente para máquinas con fuerza de cierre de hasta 10000kN (1000ton).

Las razones por las cuales e emplea tanto este tipo de sistema se hallan en el hecho de que proporciona una mayor velocidad de desplazamiento a la platina móvil, acortando a la vez los tiempos de cierre y apertura del molde y, en consecuencia, reduce el tiempo total del ciclo de moldeo.

Puesto que la relación de multiplicación del sistema de doble rodillera es superior en más o menos dos veces respecto a la rodillera simple, para una misma fuerza de cierre requerimos, el consumo de energía es aproximadamente la mitad; dicho de otra forma, la fuerza generada sobre el plano móvil resulta más equilibrada respecto a la originada por el sistema de rodillera simple, en cuanto a que actúa sobre dos líneas, generalmente paralelas, con las columnas del grupo de moldes.

4.1.3 CIERRE POR PISTÓN HIDRÁULICO.

Este tipo de cierre tuvo una amplia utilización en la década 1950-1960. Actualmente en Europa lo usan pocos fabricantes, especialmente en máquinas grandes.

Comparado con el sistema por rodillera, el sistema por pistón resulta más lento, pero permite tener una carrera muy larga de la platina móvil, sin aumentar sustancialmente el costo del sistema. En este sistema, la platina móvil se acerca a la platina fija por medio de un pistón pequeño localizado en el centro del pistón principal o por medio de dos cilindros laterales al mismo pistón principal o por medio de dos cilindros laterales al mismo pistón principal, todo esto con objeto de reducir el consumo de fluido hidráulico. La fuerza de cierre real es el propio empuje del pistón principal, si queremos conocer la fuerza de cierre, basta multiplicar el área de la sección del pistón por la presión del fluido hidráulico que actúa sobre el mismo pistón.

4.1.4 CIERRE MIXTO RODILLERA – PISTÓN.

Este tipo de cierre se ha usado extensamente en Estados Unidos, en tanto que en Europa se tienen pocos ejemplos de su aplicación. Con tal sistema, que es un poco más costoso que los otros pero presenta algunas ventajas, la fase de acercamiento de las dos mitades del molde se hace por medio de la rodillera, en tanto que la compresión del molde se hace mediante el pistón que actúa sobre el mismo molde que actúa a través de la rodillera.

4.2 SISTEMA DE BOTADO.

Existen dos tipos principales de expulsión para las piezas: el mecánico y el accionado por pistón hidráulico.

4.2.1 SISTEMA MECÁNICO.

En este tipo de sistema la placa botadora del molde es accionada cuando el molde alcanza su límite máximo de apertura, cuando esto ocurre, una barra de botado fijada mediante un tornillo a la placa de botado del molde, choca con una placa situada a una altura específica de acuerdo a la carrera que debe de tener esta placa.

Cuando se efectúa el cierre del molde este debe de contar con unos pernos recuperadores para que al ir cerrando el molde estos pernos sean empujados por el mismo molde para regresar así la placa de botado a su posición original.

Este sistema de botado fue el utilizado en un principio por las máquinas de inyección, el cual fue suplantado por el sistema de pistón hidráulico.

4.2.2 SISTEMA DE PISTÓN HIDRÁULICO.

En este sistema, la placa de botado es accionada por un pistón hidráulico, el cual cuando el molde alcanza su límite máximo de apertura, este expulsa su vástago empujando así la barra de botado la cual va atornillada a la placa de botado, y al alcanzar su límite máximo de carrera es retornada a su posición original.

Este sistema presenta muchas ventajas con respecto al sistema mecánico, debido a que por su forma de operación pueden ser realizados los moldes con formas más complejas de operación debido a que ya no son necesarios los pernos de retorno. Así como se puede ajustar la máquina para que tenga más de un ciclo de botado y sea más lento o rápido según las características de la pieza. También se puede ajustar la operación del botador para que actúe al comenzar a abrirse la platina móvil y así lograr optimizar el ciclo de la máquina.

4.3 UNIDAD DE INYECCIÓN.

La unidad de inyección es la parte de la máquina que efectúa la alimentación, plastificación y la inyección al molde del material termoplástico. De su funcionamiento ya hemos hablado pero vamos a hablar de sus partes principales que son: cilindro de plastificación, cabeza de inyección y cilindro de inyección.

El cilindro de plastificación comprende el husillo, la boquilla y las resistencias eléctricas para el calentamiento del material termoplástico.

Del cilindro de plastificación, donde están los termopares (o termocoplos), parten los conductores que están conectados a los termorreguladores o controladores de temperatura, instalados en el gabinete eléctrico de la máquina.

Los termopares controlan la temperatura del cilindro de plastificación, enviando la señal a los termorreguladores ya descritos.

El cilindro de plastificación viene por lo general en tres tamaños cada uno con un diámetro diferente de husillo. El más convencional es el de tamaño medio (No. 2) el cual nos permite alcanzar presiones específicas de inyección de 1500 bar. Con estos valores de presión se moldean casi todos los materiales termoplásticos que hay disponibles en el comercio. Sin embargo, si se deben de moldear piezas con paredes delgadas empleando materiales muy viscosos en su estado fundido, como por ejemplo PVC rígido, resina metacrílica, policarbonato y otros, debe disponerse de una mayor presión específica de inyección, y por lo tanto será necesario utilizar un cilindro No. 1 que permite alcanzar presiones de 2000 bar.

Para el moldeo de materiales más fluidos, como poliestireno, polietileno o polipropileno, o cuando se deban de moldear piezas con mayor espesor que no tengan una especial exigencia, se puede emplear un cilindro No. 3, con el cual se puede moldear con presiones específicas aproximadamente de 1200 bar, suficiente para inyectar estos materiales.

A continuación hacemos una tabla comparativa de la forma en que varía el volumen máximo de inyección en función del tipo de husillo utilizado:

| | Cilindro de plastificación | | |
|---|----------------------------|-------|-------|
| | No. 1 | No. 2 | No. 3 |
| Diámetro del husillo (mm) | 60 | 70 | 80 |
| Volumen efectivo de inyección (cm ³) | 745 | 1015 | 1325 |
| Capacidad de inyección efectiva poliestireno (g) | 780 | 1065 | 1390 |
| Máxima presión específica sobre el material (bar) | 2050 | 1510 | 1150 |

El valor de la presión específica de inyección ejercida por el husillo sobre el material fundido varía según la resistencia que el husillo encuentra en el movimiento de traslación durante la fase de inyección. Este valor es directamente proporcional a la presión del circuito hidráulico medido con manómetro.

Sobre la punta del husillo de plastificación, esta instalada una válvula de no-retorno que tiene como función principal impedir que el material se regrese a lo largo del husillo durante la fase de inyección.

Generalmente el husillo empleado es del tipo universal, adecuado para trabajar con todos los materiales termoplásticos existentes en el mercado, con excepción del PVC rígido, para el cual debe sustituirse la válvula, el puntal y el asiento de la válvula por un puntal adecuado debido a que esta resina debe ser expulsada completamente de la boquilla para evitar su degradación térmica.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.4 PANEL DE CONTROL.

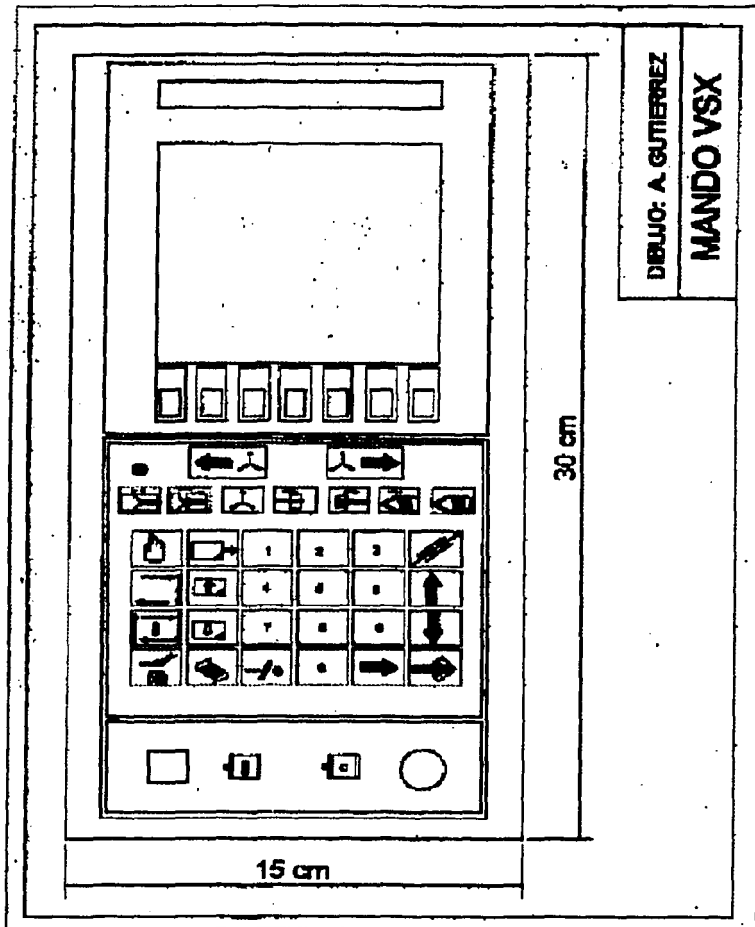
En las máquinas antiguas todos los parámetros de la inyección se ajustaban por medio de perillas que regulaban el paso de aceite a la válvula correspondiente, por lo que no era muy exacto, controlable y reproducible un ciclo de inyección para obtener piezas con un acabado perfecto, así como las carreras de apertura de molde se tenían que ajustar por medio de micro-switches ajustados manualmente que evitaban que la máquina abriera más de sí.

Hoy en día las máquinas vienen con un panel de control o mando de varios tipos dependiendo de la constructora de máquinas, pero por lo general coinciden en tener teclas para ajuste y movimiento de la máquina en general, así como menús diversos para el ajuste de las condiciones de operación de la máquina.

Las condiciones de operación pueden ser ajustadas en forma muy precisa y acorde al sistema métrico en uso del lugar de trabajo, así podemos dar tolerancias de hasta 0.1mm en posiciones, ya sea en sus correspondientes de límite de apertura de la prensa, límite de carrera del botador ya sea en su posición de botador retraído o salida, tamaño de disparo (cantidad de material a inyectar) o posición de toda la unidad de inyección. Diferenciales de 1 bar en presiones ya sea en inyección, sostenimiento o compresión acorde a los parámetros de manejo de la máquina. Variaciones de velocidad de hasta 0.5mm/s en cierre y apertura de prensa, movimientos del botador y velocidad de inyección. Incrementos de 1 segundo en los tiempos de inyección y enfriamiento. Ajustar las R.P.M. con que girará el husillo para efectuar la carga del material con variantes de hasta 1 R.P.M. Poder ajustar un set point para las temperaturas acorde a las recomendaciones precisas del fabricante de la resina grado a grado centígrado o fahrenheit y poder

ajustar la fuerza de cierre sin tener que sobrecargar el pistón de cierre con un esfuerzo innecesario con lo que podemos prolongar la vida útil de las piezas de cierre preciso de la rodillera.

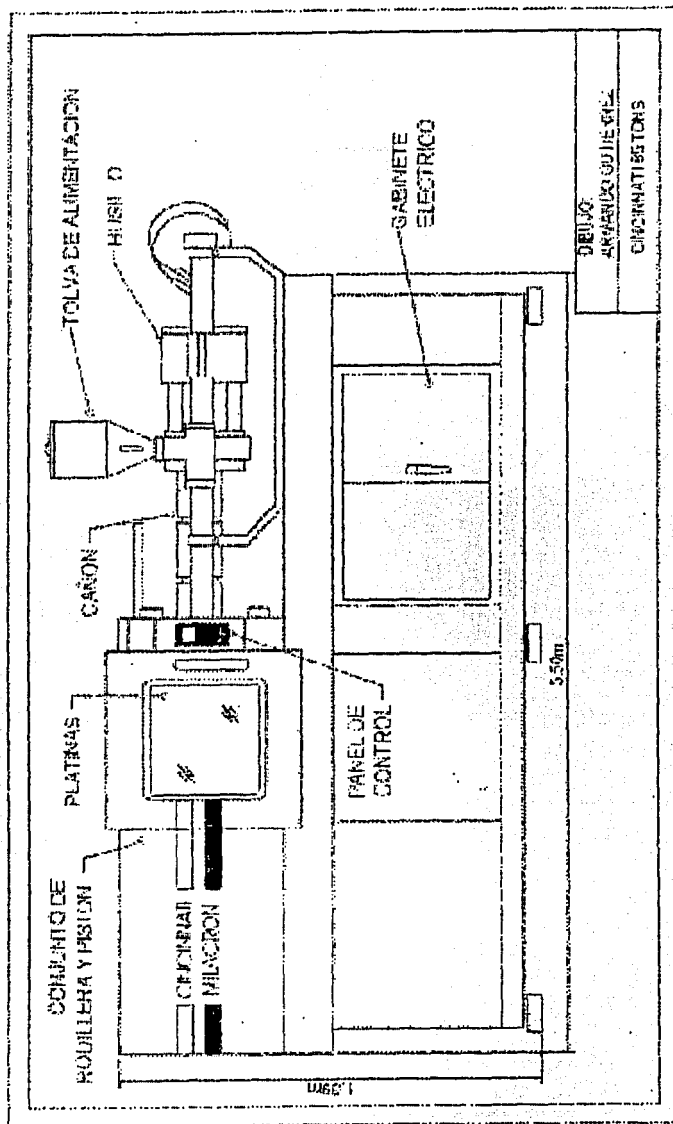
A continuación (fig 10) vemos el sistema de mando representativo que corresponde a una máquina producida por CINNCINATI, y el mando es del tipo VSX.



(FIG 10)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Como ejemplo mostramos (fig 11) una máquina CINCINNATI MILACRON VSX DE 85 TONELADAS, la máquina consta de un panel de control como el que describimos y a continuación se muestra la máquina con sus especificaciones.



(FIG 11)

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

DIMENSIONES

| | INGLÉS | MÉTRICO |
|--------------------|-----------|---------|
| <i>Largo</i> | 147.5 in | 3747 mm |
| <i>Ancho</i> | 51.7 in | 1313 mm |
| <i>Alto</i> | 82.4 in | 2096 mm |
| <i>Peso</i> | 6950.0 lb | 3152 kg |

ELÉCTRICO E HIDRAULICO

| | | |
|--|----------|-------------|
| <i>Máxima presión hidráulica del sistema</i> | 3000 psi | 172 bar |
| <i>Capacidad total de bombeo @ 100 psi</i> | 20.8 gpm | 83.27 L/min |
| <i>Motor eléctrico</i> | 20 HP | 14.9 kw |
| <i>Capacidad total de aceite de reserva</i> | 55 gal | 208 L |

REQUERIMIENTOS DE AGUA

| | | |
|--------------------------------|--------|------------|
| <i>Intercambiador de calor</i> | 10 gpm | 50.5 L/min |
|--------------------------------|--------|------------|

ESPECIFICACIONES DE LA PRENSA

| | | |
|-------------------------------------|----------------|------------|
| <i>Fuerza de la prensa</i> | 85 tons | 77 tons |
| <i>Carrera de la prensa</i> | 12.2 in | 310 mm |
| <i>Máximo espacio de luz</i> | 27.95 in | 710 mm |
| <i>Tamaño de molde max/min</i> | 15.7/5.9 in | 400/150 mm |
| <i>Tamaño de la platina (HxV)</i> | 24.0/22.2 in | 610/565 mm |
| <i>Distancia entre barras (HxV)</i> | 15.95/14.17 in | 405/360 mm |
| <i>Diámetro de barras</i> | 2.76 in | 70 mm |
| <i>Carrera del botador (max)</i> | 4.72 in | 120 mm |
| <i>Fuerza del botador</i> | 4.5 tons | 4.1 tons |

CAPITULO 5

CASO PRÁCTICO

CAPITULO V

CASO PRACTICO

5.1 GENERALIDADES DEL PRODUCTO

El producto requerido es un gotero para contener una vacuna antipoliomielítica oral trivalente atenuada tipo sabin, la apariencia de esta es líquida, cristalina con un ligero tinte rosado. Su fórmula es la siguiente:

Polivirus atenuado:

| | |
|---------------|----------------|
| I (Brunhilde) | 1,000,000 DICT |
| II (Lansing) | 100,000 DICT |
| III (León) | 600,000 DICT |

DICT = Dosis infectante en cultivo de tejido.

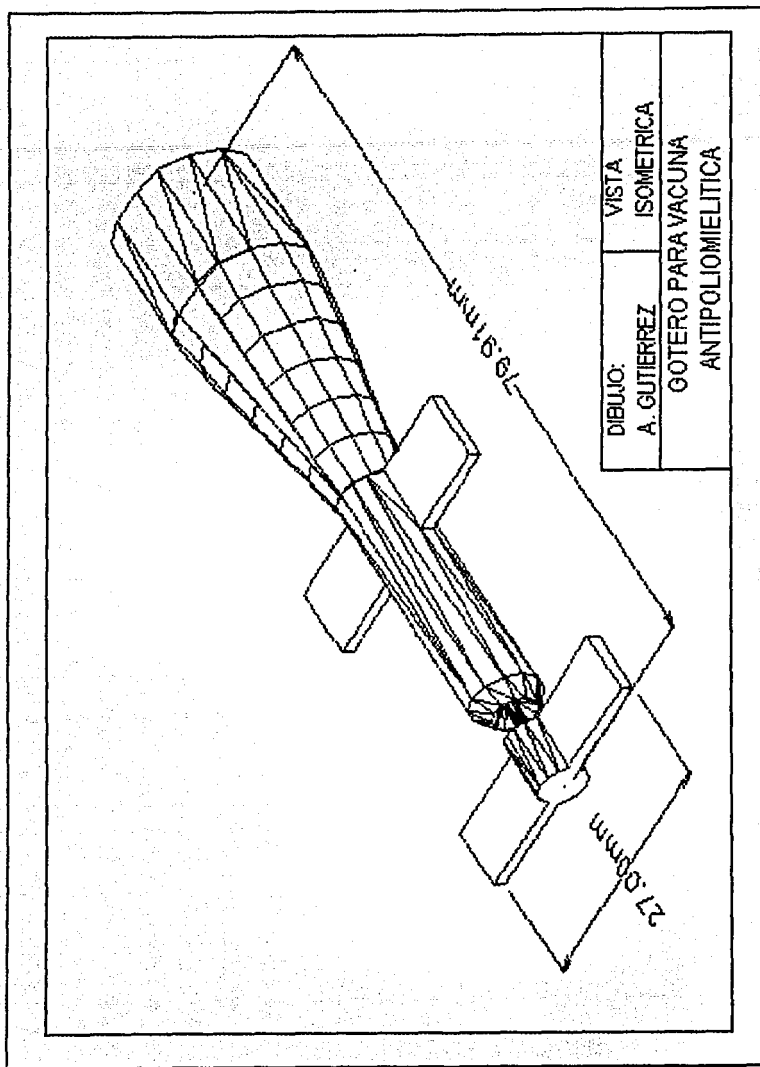
La vacuna se debe de mantener entre 2°C y 8°C, su vía de administración es oral y cada dosis consta de dos gotas.

Este es un producto de uso farmacéutico, y tiene ciertos requerimientos funcionales del cliente:

ESPECIFICACIONES TUBO GOTERO "SABIN"**CLIENTE: LABORATORIOS DE BIOLÓGICOS Y REACTIVOS DE MÉXICO, S.A.. DE C.V.**

| | |
|--------------------------|---|
| PRODUCTO: | ENVASE DE PLÁSTICO ESTERIL PARA VACUNA ANTIPOLIOMIELITICA TRIVALENTE ORAL TIPO SABIN |
| TIPO DE PLÁSTICO: | POLIETILENO LINEAL DE BAJA DENSIDAD USO FARMACÉUTICO LIMITE DE CEDENCIA :1000-2000 psi ELONGACIÓN:500-2000 % TEMP. FRAGILIDAD: MENOR A -50°C |
| VOLUMEN TOTAL: | 3.8 ml INCLUYENDO ÁREA DE SELLO; YA SELLADO 3.1 ml. EL VOLUMEN DEL LÍQUIDO EQUIVALENTE A 2.3 ml +/-0.1ml. DEBE OCUPAR EL 75% DEL MISMO Y EL 25% RESTANTE, DEBE SER ESPACIO VACÍO. |
| CARACTERÍSTICAS: | DURANTE LA VIGENCIA DEL PRODUCTO DE 2 AÑOS EN CONGELACIÓN (-20°C) Y DE 6 MESES EN REFRIGERACIÓN (2 A 8°C) DEBEN DE CONSERVARSE LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS: -NO DEBE DE AFECTAR EL Ph DEL PRODUCTO. -NO DEBE DE AFECTAR LA ESTABILIDAD BIOLÓGICA NI FISICOQUÍMICA DEL PRODUCTO. -NO DEBE DE ABSORBER NINGUNO DE LOS POLIVIRUS DEL PRODUCTO. -NO DEBE REACCIONAR QUIMICAMENTE CON EL LOS COMPONENTES DEL PRODUCTO. -NO DEBE SER TÓXICO. -DEBE SER HERMÉTICO AL LÍQUIDO Y GAS UNA VEZ QUE HA SIDO SELLADO. -NO DEBE DE PROPICIAR CONDICIONES QUE FAVOREZCAN LA FORMACIÓN DE GASES. -DEBE DE RESISTIR AL PROCESO DE SELLADO SIN SER DAÑADO POR ESTE PROCESO. -EL VOLUMEN DE LA GOTTA DEBE SER CALIBRADO A 0.05ml MÍNIMO Y 0.055ml MÁXIMO. -LOS GOTEROS SE FABRICARÁN EN TIRAS DE 5 GOTEROS CADA UNA CON UNA DISTANCIA ENTRE CENTROS DE 27 mm Y UN LARGO DE TIRA DE 136 mm Y UNA ALTURA DE 80 mm |

La apariencia del gotero será algo similar a este modelo (fig 12) de acuerdo a los requerimientos funcionales del cliente.



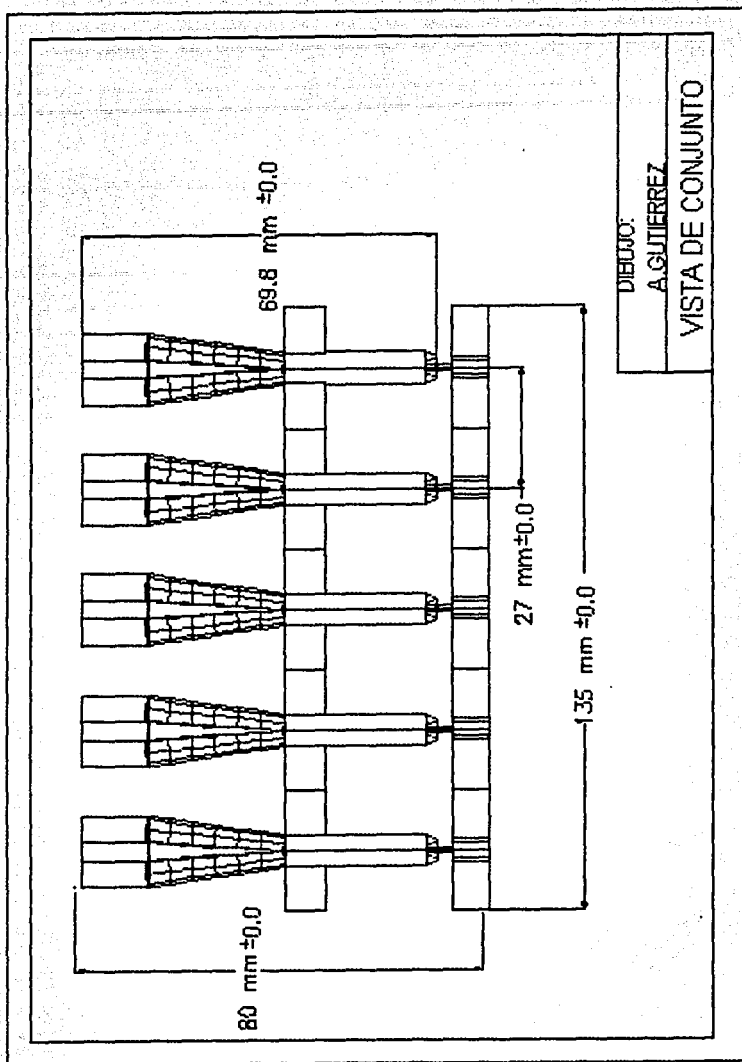
(Fig 12)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El producto inyectado (envase) esta integrado por 5 goteros los cuales deben de ser almacenados en un rack, el cual contiene 30 tiras de gotero dentro de una bolsa sellada, a su vez esta bolsa va en otra bolsa general con 15 racks y en una caja de cartón de doble corrugado cerrada con cinta cristal, la caja lleva un cultivo de esporas junto con un sello para validar el proceso de esterilización con rayos gamma, después del esterilizado pasa a llenado y sellado.

El gotero diseñado tiene un largo total de 80mm debido a la capacidad de llenado de la máquina, así como una distancia entre centros de 27mm y un largo total de la tira de 135mm.

El producto inyectado así como se describió con anterioridad, esta compuesto por una tira de cinco goteros, por lo que se debe de entregar de la siguiente manera, y es una condicionante primordial el que cumpla con las características dimensionales que se incluyen en el plano. Por lo que se vera de esta manera (fig 13) en su manera previa al empaque.



(FIG 13)

El pedido anual es de aproximadamente 1'000,000 tiras al año con un costo aproximado de inyección de \$5.00 por tira (dato obtenido por el fabricante), por lo que el ciclo optimo debe de trabajar aproximadamente entre 15 y 20 segundos, produciendo 2 tiras de gotero por inyección.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5.2 FASES DEL DISEÑO

George Dietter en su libro Engineering Design hace referencia a los pasos del diseño acorde a los siguientes puntos:

Reconocimiento de una necesidad.

Definición del problema.

Reunión de la información.

Conceptualización.

Evaluación.

Comunicación del diseño.

En la teoría, el proceso de diseño debe de ser llevado de esta manera, pero en la práctica en el diseño de moldes, algunos pasos son llevados paralelamente unos con otros y realimentándose de esta misma forma dependiendo de la complejidad del molde y la pieza.

Un proyecto típico de diseño, se divide en varias fases, las cuales deben ser tomadas en consideración para lograr un diseño óptimo:

Estudio de factibilidad: En este punto se debe de validar la necesidad, y encontrar un número de posibles soluciones y hacer una verificación, tomando en cuenta la dificultad de la realización física y económica, a este diseño le podemos llamar diseño conceptual.

Diseño preliminar: Esta fase nos da las bases para un buen diseño, se le llama también etapa experimental, la cual incluye la realización de varios modelos experimentales desde el uso de un paquete de diseño por computadora. Esta es una de las partes más importantes del diseño, ya que en la mayoría de las veces cuando se tiene un diseño conceptual, tiende uno a ir directamente a un diseño detallado antes de que el concepto sea debidamente revisado y sean tomadas en cuenta posibles implicaciones que se presenten durante el maquinado y realización de este.

Diseño detallado: En este punto se hace una descripción detallada del producto al nivel de ingeniería, en donde lo primordial son las dimensiones, tolerancias, acabados, tratamientos y propiedades de las superficies para cada una de las partes que conste el molde, ya sean las placas, postes bujes, botadores, cavidades, formadores etc.

Planeación para la manufactura: Se debe de proveer una planeación detallada para la producción de un diseño, se debe de establecer un método de manufactura adecuado para cada componente del sistema. Cuando ya se ha establecido un procedimiento de fabricación, este debe de incluir una lista secuencial de las operaciones de manufactura que deben de ser llevadas acabo para lograr el componente, la información de este procedimiento, hace posible la estimación de costos y tiempos de fabricación del componente. Si los costos son muy elevados, pueden indicar la necesidad del cambio de algún material o un cambio básico del diseño.

Planeación para la distribución: Un importante punto en los negocios y de la tecnología es proveer de una correcta y efectiva distribución del producto para hacerla llegar hacia el consumidor. Es un punto crítico la forma en que va a ser empacado el producto, transportado y almacenado, ya que si no existe una forma de hacerlo, se debe de diseñar alguna como es el caso de este gotero. Si el producto es de uso para almacenamiento o consumo inmediato, se debe de hacer un estudio de mercadeo en base a sondeos y análisis.

Planeación para su uso: El uso del diseño por el cliente es lo más importante y como reaccionará el consumidor ante el nuevo diseño. Los tópicos específicos que se identifican y orientan hacia el usuario incluyen: facilidad de mantenimiento, que sea un producto seguro, de uso conveniente, con apariencia estética y la duración de este producto.

Planeación para el retiro del producto: El paso final del diseño es disponer del producto cuando se ha terminado su vida útil, esta es determinada por la deterioración y uso hasta el punto en el cual el diseño ya no trabajará más, o en su caso se vuelva un diseño obsoleto, que en el caso de productos de consumo se deberán hacer cambios en apariencia o uso.

5.3 FASES DEL DISEÑO APLICADAS A ESTE PROYECTO.

El estudio de factibilidad se basa a los requerimientos funcionales del usuario, que como ya se mencionaron al principio, el gotero debe de contener un total de 2.2 ml, más un 25% de cámara de aire, más un área de sellado de seis mm de largo. Además el gotero debe de ir en una tira de 5 goteros, cada uno a una distancia entre centros de 27 mm, un alto total de 80 mm y un largo total de la tira de 135 mm. Esto se basa a que la máquina donde se llena el gotero con la vacuna, tiene estas características y si el gotero no cumple con dichas estaría fuera de especificaciones y sería un producto inservible.

El estudio de factibilidad del molde se basa en el pedido que se está manejando, por lo que estamos hablando de un diseño que va a cubrir una necesidad, por lo mismo se necesita un molde que soporte un uso continuo durante un año por lo menos en un ciclo de 25s aproximadamente.

El diseño preliminar del molde se basa en la forma o ensamble de un molde estándar, tomando en cuenta la forma de moldeo y de posición de los formadores y cavidades, con lo cual se pasa directamente al diseño detallado, esto debido a que existen muchas estandarizaciones con respecto a materiales y componentes para moldes (bujes, pernos guía, botadores, tornillos, placas, etc.).

A un principio se presentó una tabla con algunas especificaciones de materia prima que requiere el cliente, después de un estudio realizado a las principales manufactureras de materia prima hay tres clases de polietileno que cumplen con esas características (fig 14):

| MATERIAL POLIETILENO LINEAL DE BAJA DENSIDAD | | |
|---|--|--|
| MANUFACTURERA: DOW PLASTICS | MANUFACTURERA: EQUISTAR | MANUFACTURERA: NOVA CHEMICAL INC. |
| GRADO: DOWLEX 2517 | GRADO: PETROTHENEGA574-000 | GRADO: SCLAIR: 8111 |
| GENERAL: PROCESO: INYECCION ESPECIFICACION: FDA 21 CFR, 177.1520 | GENERAL: PROCESO: INYECCION ESPECIFICACION: FDA 21 CFR, 177.1520 | GENERAL: PROCESO: INYECCION ESPECIFICACION: FDA 21 CFR, 177.1520 |
| P. FISICAS: GRAVEDAD ESPECIFICA: <i>0.9170</i> FLUIDEZ (190°C/2160 gm): <i>25.10</i> | P. FISICAS: GRAVEDAD ESPECIFICA: <i>0.926</i> FLUIDEZ (190°C/2160 gm): <i>50.00</i> | P. FISICAS: GRAVEDAD ESPECIFICA: <i>0.925</i> FLUIDEZ (190°C/2160 gm): <i>19.00</i> |
| P. MECANICAS: ELONGACIÓN: <i>850.0%</i> LÍMITE DE CEDENCIA: <i>1200 psi</i> | P. MECANICAS: ELONGACIÓN: <i>2000.0%</i> LÍMITE DE CEDENCIA: <i>2000 psi</i> | P. MECANICAS: ELONGACIÓN: <i>552.0%</i> LÍMITE DE CEDENCIA: <i>1510 psi</i> |
| P. TÉRMICAS: TEMP. DE FRAGILIDAD: <i>-76°C</i> | P. TÉRMICAS: TEMP. DE FRAGILIDAD: <i>-76°C</i> | P. TÉRMICAS: TEMP. DE FRAGILIDAD: <i>-70°C</i> |

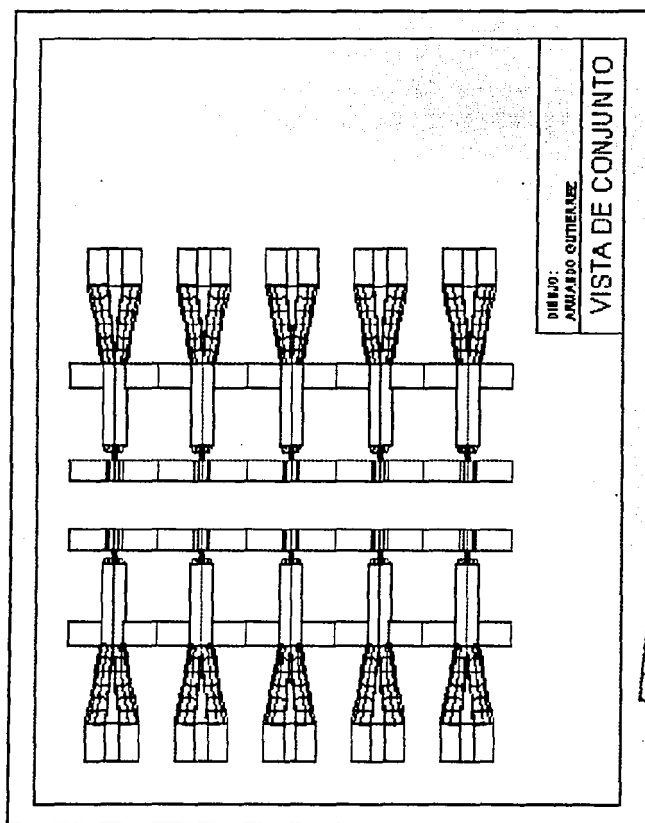
(Fig 14)

De estos 3 materiales solamente el Dowlex 2571 y el Sclair 8111 se pueden encontrar por medio de una distribuidora en México, el Dowlex 2517 en Polyone (antes Hanna de México) y el Sclair 8111 en Ashland Chemical. Ambos como vimos están dentro de los requerimientos del cliente como vimos en el capítulo 5.1, pero el Dowlex 2517 tiene un precio de \$2.65 el Kg y el Sclair 8111 un precio de \$4.10 el Kg por lo que la decisión más viable es utilizar el Dowlex 2517 para inyectar nuestro producto.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En nuestro diseño detallado, basándose en la necesidad de optimizar el uso del molde, inyectaremos dos tiras de gotero por ciclo, las cuales están encontradas una con otra y tenemos un corredor central donde correrá el plástico en estado fundente y alimentará a cada uno de los goteros por medio de una variante de inyección capilar debido al pequeño espacio que tenemos para hacer el punto de inyección.

A continuación (Fig 15) vemos el acomodo de las tiras de gotero en una vista superior que tomaremos como punto de partida para hacer la construcción del molde y distribución de las placas.



(FIG 15)

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

En el campo del diseño de molde de inyección de plásticos, no existe un camino propio para definir la forma de inyección, tipo de colada u otros factores, esto en cuanto a piezas que tienen figuras caprichosas o irregulares, debido a esta situación esta es la forma más sencilla de hacer la inyección del producto.

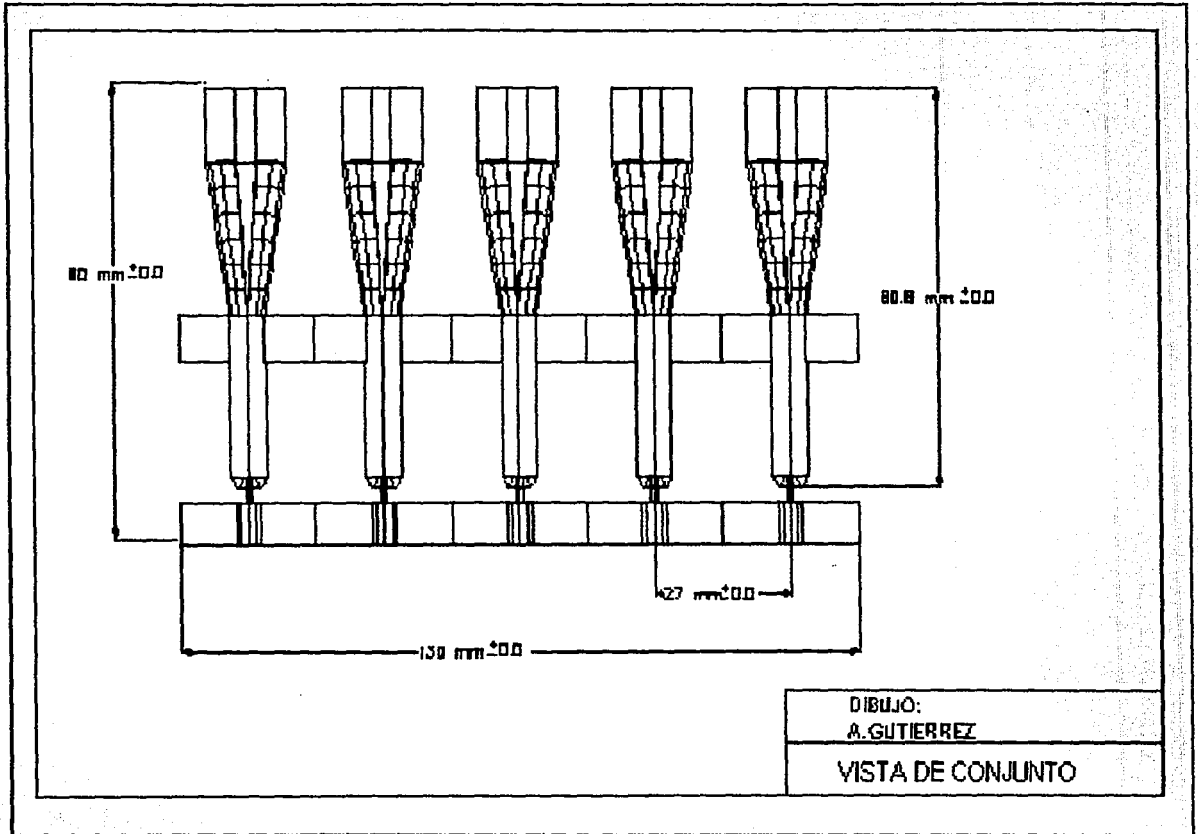
En el mundo de los plásticos debemos de tomar en cuenta que cada material sufre una contracción al enfriarse y pasar de estado líquido o pastoso al estado sólido, para esto se cuenta con tablas de aproximaciones estandarizadas para obtener el factor de contracción que se refiere a cada material.

En este caso el material es un polietileno lineal de baja densidad tipo DOWLEX 2517, según la enciclopedia del plástico moderno en su número de noviembre de 1993 y su sección referente al polietileno en la página 209, tenemos que entre sus propiedades de proceso un factor de contracción de 0.020 a 0.022 in/in por lo que tenemos una media de 0.021 in/in que equivale al 2.1%.

Esto nos afecta de la siguiente manera, todas las medidas de cavidad y formador que manejemos deben de tomar en cuenta este factor para que al enfriar el plástico obtengamos una pieza dentro de las medidas deseadas, por lo que todas las medidas de la pieza para su maquinado deben de ser multiplicadas por 1.021 para así obtener las medidas que deberá de tener el metal.

Así pues tenemos que si nuestra pieza tendrá las siguientes medidas (fig 16):
(Mostraremos en este caso las medidas principales o características de control de la pieza a inyectar).

(FIG 16)



| | |
|--------------------------------|-----------------|
| Largo total: | 80mm +0.0/-0.5 |
| Distancia entre centros: | 27mm +0.0/-0.5 |
| Largo del formador: | 70mm +0.0/-0.5 |
| Largo total de la tira: | 135mm +0.0/-0.5 |
| Medidas exteriores en la base: | 12 x 15mm |
| Espesor de pared: | 0.5mm |

Por lo que ahora tendremos lo siguiente:

Medida final =(medida original)(factor de contracción)=medida final

Largo total = (80)(1.021)=81.68mm

Distancia entre centros = (27)(1.021)=27.567mm

Largo del formador = (70)(1.021)=71.47mm

Largo total de la tira = (135)(1.021)=135.835mm

Medidas exteriores en la base = (12)(1.021)=12.252mm y (15)(1.021)=15.315mm

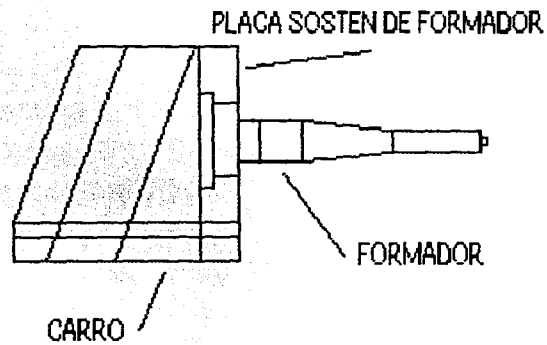
Espesor de pared = (0.5)(1.021)=0.5105mm

El incremento es mínimo pero como ya vimos en las tolerancias manejadas por el cliente que son muy cerradas debemos de hacer las respectivas modificaciones a las partes directamente afectadas por este cálculo,

Dentro del concepto del diseño de la fabricación de un molde, no hay un tipo de molde definido completamente para todo tipo de piezas dependiendo del diseñador y constructor del molde, así pues podemos ver que para una misma pieza hay varios tipos de realizar el moldeo que van desde diseños mal planeados y que obligan a construcciones innecesarias y costosas hasta moldes muy sencillos que optimizan al 100% el tiempo y costo de fabricación.

En este caso vemos (fig 17) uno de los formadores montado sobre un carro.

(FIG 17)



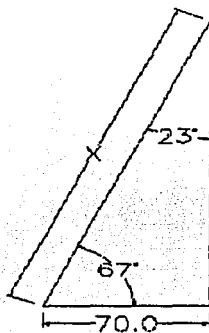
DIBUJO:
ARMANDO GUTIERREZ

VISTA ESQUEMATICA
DE CARRO Y FORMADOR

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La carrera que tendrán estos carros va directamente proporcional al largo del formador y el ángulo del perno inclinado, ya que el formador debe de liberar completamente al gotero para que este pueda ser liberado no tenga problemas en el ciclo de botado. Como vemos en la figura, el carro debe de recorrer una distancia de por lo menos 70 mm que es el largo total del formador de la pieza, para que la esta salga sin problemas. Este carro como ya se explicó antes, se moverá por medio de unos pernos inclinados, que tendrán el efecto de guiar el carro según se abra y cierre el molde, se recomienda que estos pernos tengan una inclinación no mayor a los 25°, por lo que emplearemos 23° ya que nos interesa que la pieza se empiece a liberar en cuanto el molde se vaya abriendo.

El largo del perno se calcula basándose en el Teorema de Pitágoras como se muestra a continuación:



TRABAJOS CON
FALLA DE ORIGEN

Para calcular x tenemos:

$$\cos x = \frac{\text{cat. ad}}{\text{hip}}$$

$$\text{hip} = \frac{\text{cat. ad}}{\cos x} = \frac{70}{\cos 67^\circ} = 179.151$$

El largo de la carrera del perno será de 179.151mm, a este largo se le debe de sumar el ajuste que deberá de tener en las placas del molde.

Los espesores de placa vienen estandarizados para la mayoría de los casos, y maneja moldes en tamaños estandarizados e inclusive en la actualidad existen softwares que complementan paquetes de diseño como Autocad para realizar una simple selección de los materiales.

A continuación haremos una descripción de las placas a emplear junto con sus componentes de partes para molde.

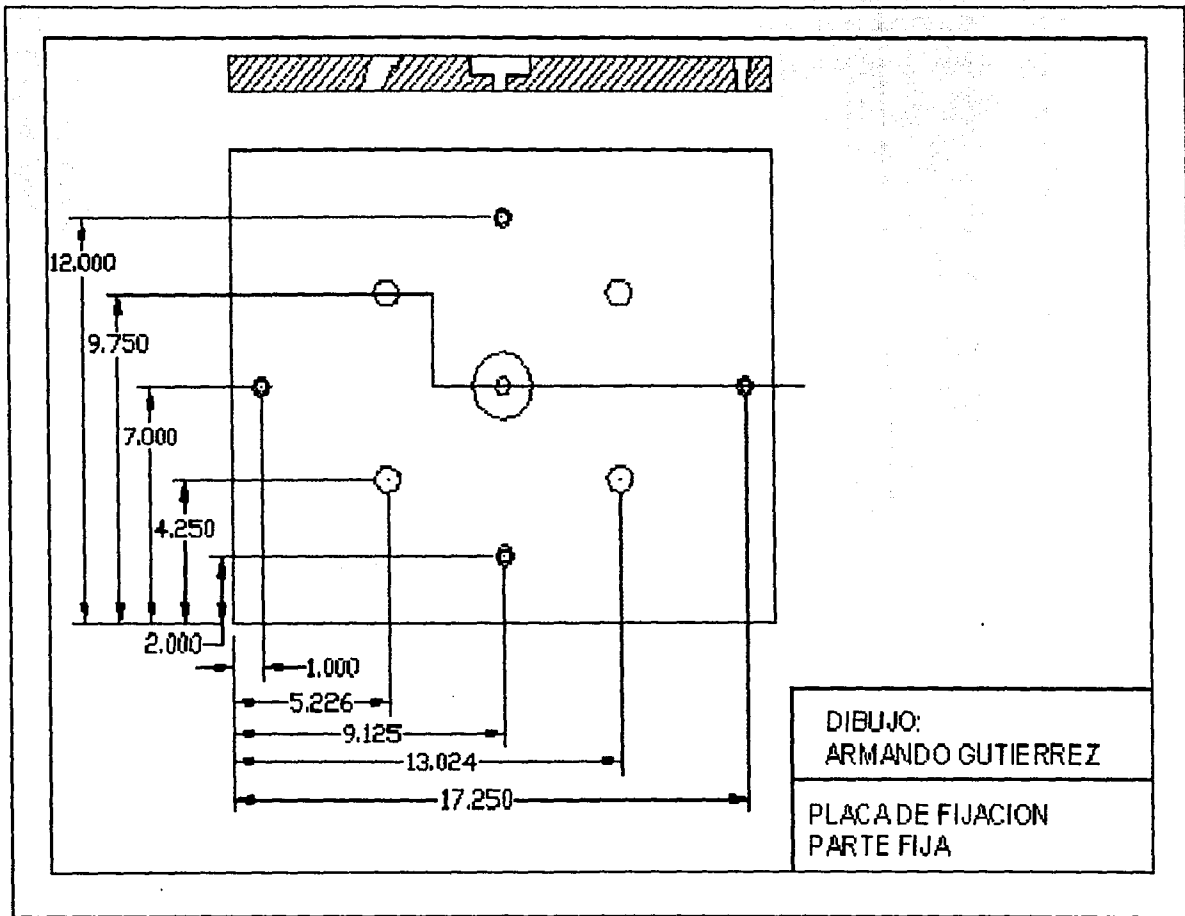
Placa de fijación a la platina fija.

Según los catálogos de partes para moldes de DME y el catalogo de portamoldes de Polimold, observamos que el espesor de placa que manejan es de 1", el material que recomiendan es un acero tipo AISI-1045, el cual tiene cualidades para poder hacer componentes para máquinas y herramientas.

Entonces podemos definir que la placa de fijación será de acero 1045 y medidas de 1" x 14" x 18.25" que va a requerir barrenos para tornillos de 3/8" con cabeza de 9/16" por 3/8" de largo para la fijación con la placa porta cavidades o número 2, para la boquilla un barreno rimado a 1/2" y los barrenos para los pernos inclinados, los cuales van a 23° y van rimados a 0.750".

A continuación vemos la placa de fijación (fig 18).

(FIG 18)



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

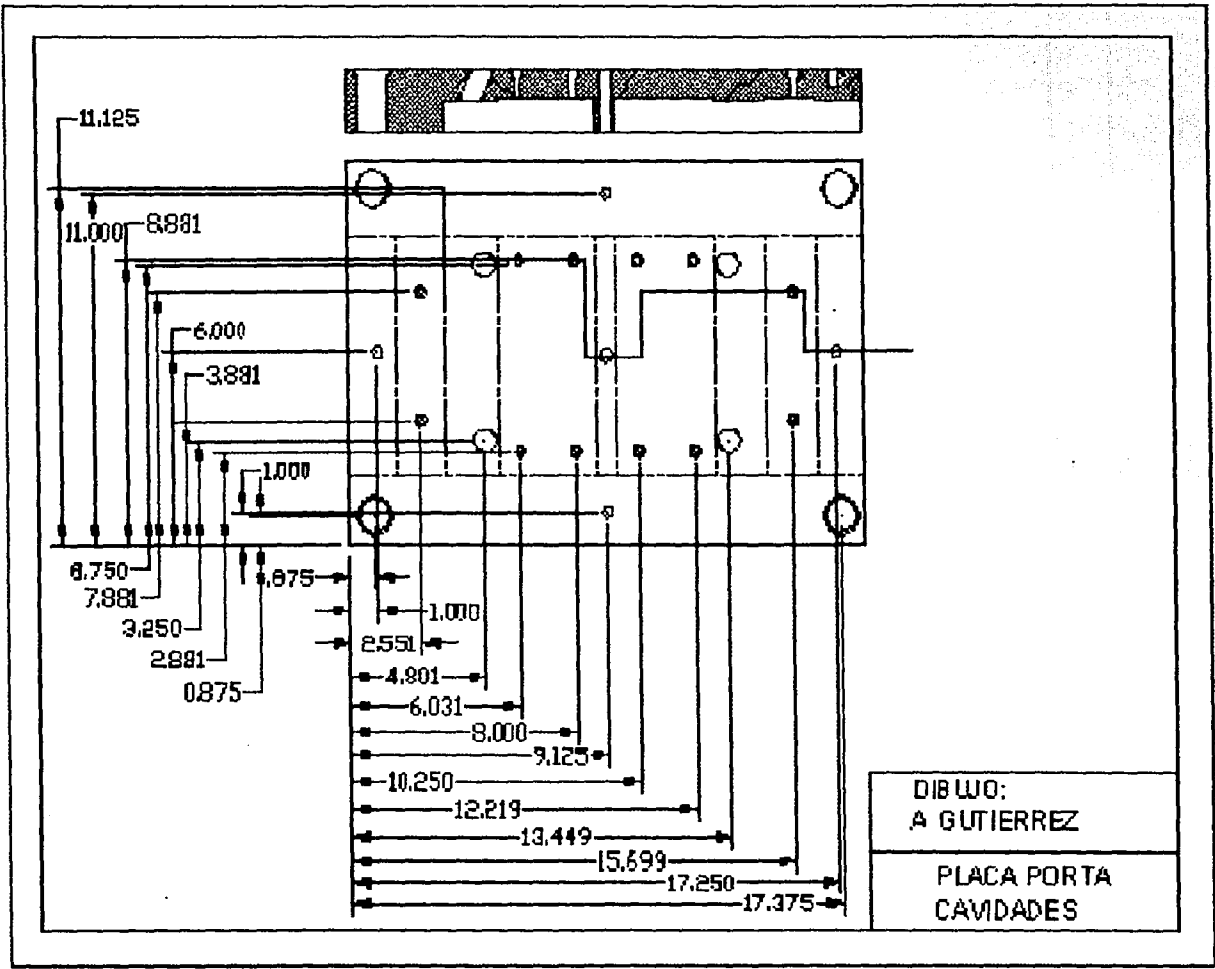
Placa número dos o porta cavidades.

Para las placas de cierre o porta cavidades y porta formadores se recomienda un acero tratado AISI-9840 ó AISI-4140 que según las normas es un material altamente recomendado para trabajos en caliente, sus medidas son 2" x 12" x 18.25", en esta placa buscamos que tenga un espesor para poder hacer el alojamiento de las cavidades y levas que se requieren para el moldeo adecuado de nuestra pieza.

Aparte de esto nuestra placa va a necesitar barrenos con cuerda de 3/8" para fijarla a la placa #1, un barreno pasado rimado a 1/2" para la boquilla, sus cuatro barrenos rimados a 0.750" y a 23° de inclinación, barrenos pasados para tornillos de 1/4" con cabeza de 3/8" x 1/4" que sujetaran los insertos que llevan conformadas las cavidades y las levas de presión que harán el ajuste con los carros porta formadores y también los barrenos rimados con caja para la colocación de los postes

Podemos observar (fig 19) la placa porta cavidades con sus desalojos para los elementos que lleva.

(FIG 19)



Placa porta formadores o número tres:

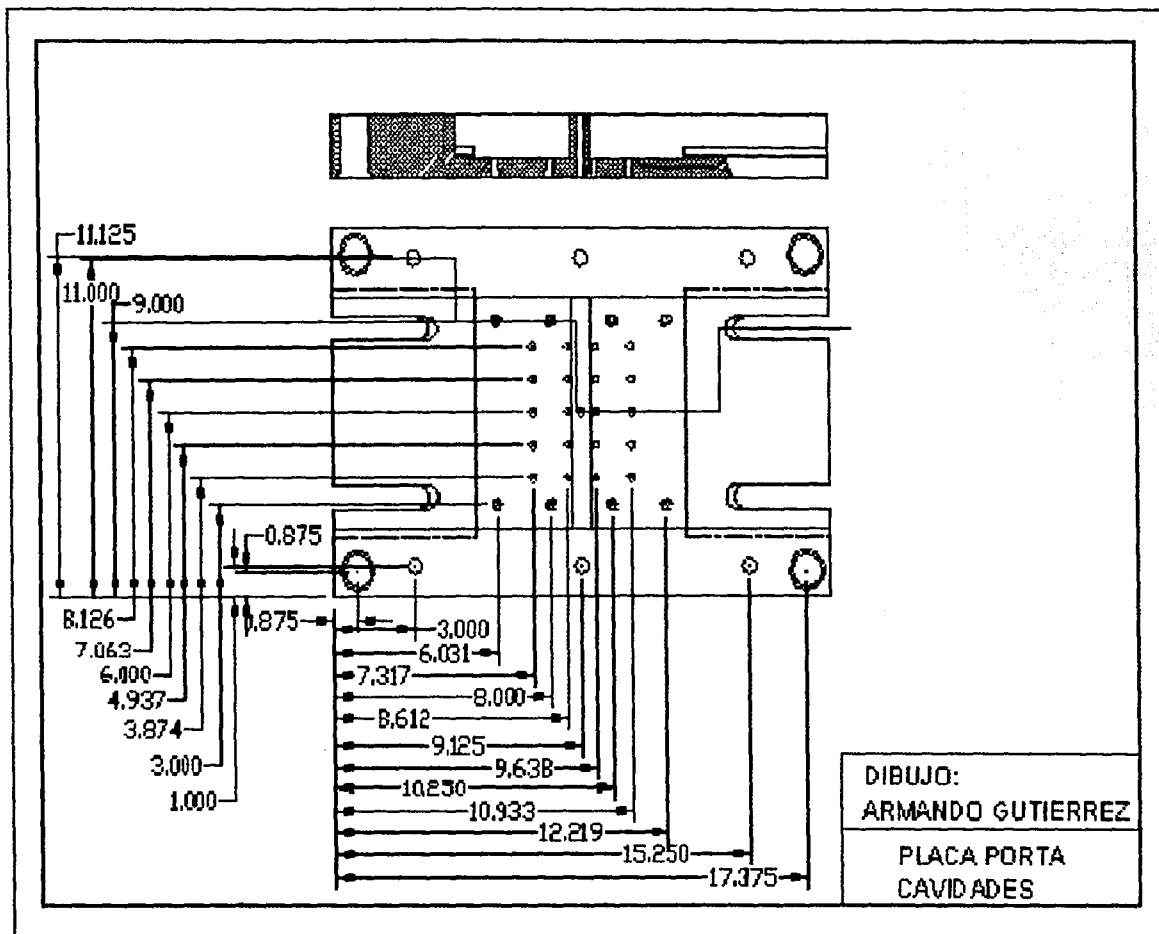
Esta placa también será de acero tratado AISI-4140 y tendrá por medidas 2" x 12" x 18.25", debe de llevar alojamientos para los bujes, tornillos de fijación para los insertos, barrenos pasados para los botadores tanto de pieza como el central, y las guías de las correderas para los carros, también debe de llevar un alojamiento con salida para los pernos inclinados y barrenos con cuerda para tornillos de media para cerrar el sándwich.

En esta placa no podemos conformarnos con el simple hecho de basarnos en los espesores que diga el manual por lo que debemos de realizar un cálculo pertinente para verificar que la placa soportará la presión de inyección sin sufrir daño alguno.

Lo primero que tenemos que calcular es el diámetro del canal de alimentación como nos lo explican los autores Gianni Bodini y Franco Cacchi Pessani en su libro Moldes y máquinas para la transformación de plásticos.

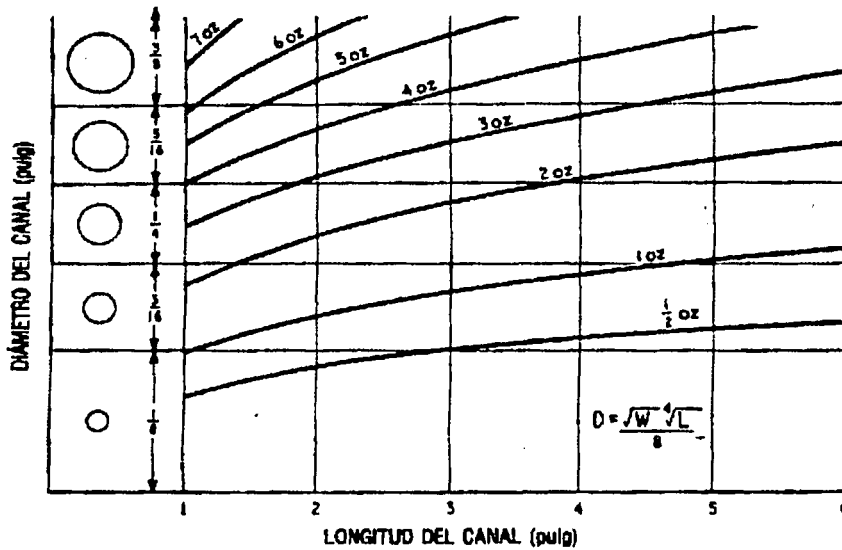
Tomando como algo preliminar tenemos el plan de corte y barrenado (fig 20) para esta placa siendo que puede cambiar acorde a los cálculos requeridos.

(FIG 20)



TESIS UCM
FALLA DE ORIGEN

Tenemos que en base al largo que tiene el canal, que son 5.315" y al peso de nuestra inyección que son 21g (0.7oz) nuestro diámetro del canal será de 0.250" según la tabla que vemos a continuación o también por la fórmula que nos dice que el diámetro del canal es igual a la raíz cuadrada del peso por la raíz cuarta del largo del canal entre ocho, según la tabla (fig 21).



(FIG 21)

$$D = \frac{\sqrt{W} \sqrt{L}}{8} = \frac{\sqrt{1} \sqrt{5.315}}{8} = 0.189''$$

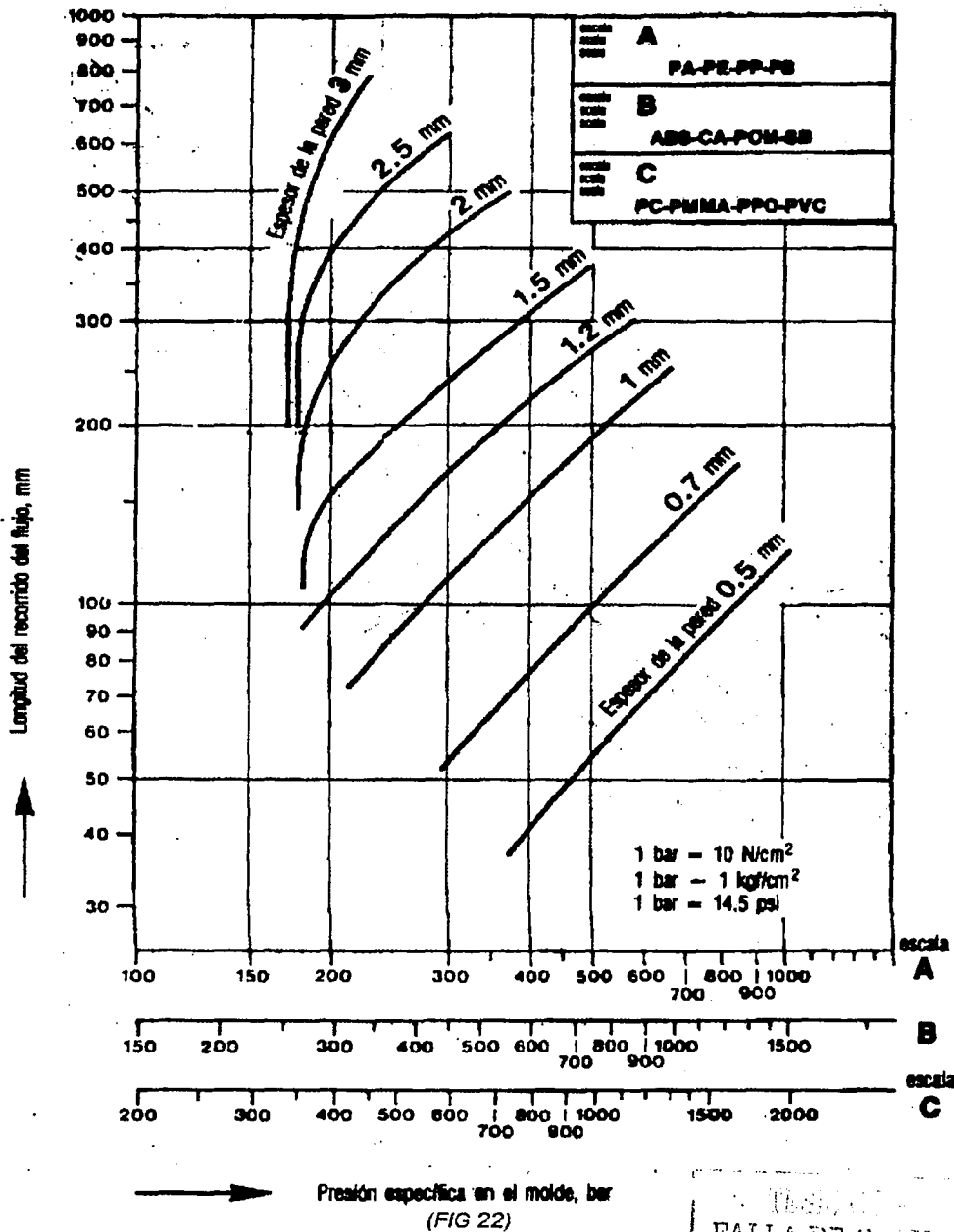
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El valor más cercano inferior que tenemos es 3/16" pero nos vamos al inmediato superior por razones de evitar un exceso de presión en el molde.

Para calcular cuanta presión tendremos en el molde durante el proceso de inyección vamos a la siguiente tabla donde empleamos la escala A para polietileno.

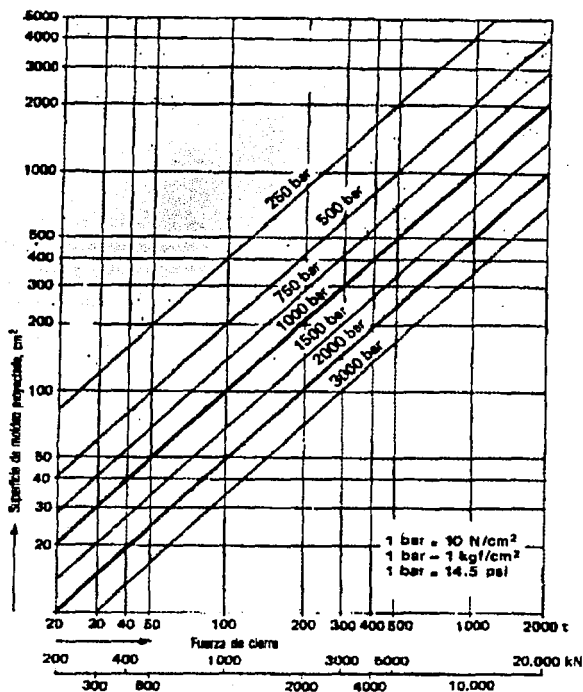
El recorrido máximo que tendremos en el molde es de 135mm que es desde la boquilla hasta el punto más lejano del gotero pero el largo de la pieza es de 80mm, por lo que tomaremos este ya que es donde se generará la mayor presión. El espesor de pared del gotero es de 0.5mm como ya se había visto anteriormente. Así que con esos datos tenemos que la presión máxima generada en el molde es de 650bar = 6kN/cm².

A continuación vemos una gráfica (fig 22) para obtener la presión generada en el molde en base al largo del recorrido del material y el espesor de pared de la pieza para el polietileno de baja densidad en este caso corresponde al parámetro A, siendo B para media densidad y C para alta densidad.



FALLA DE ORIGEN

Teniendo este factor, podemos calcular si es posible realizar la inyección en base al área proyectada de moldeo. Tenemos que la fuerza de cierre de la máquina es de $85t = 850kN$ y con el dato de la presión generada en el molde que es de $650bar$ podemos calcular que la superficie máxima de moldeo que podemos tener es de $150cm^2$, según la tabla (fig 23).



(FIG 23)

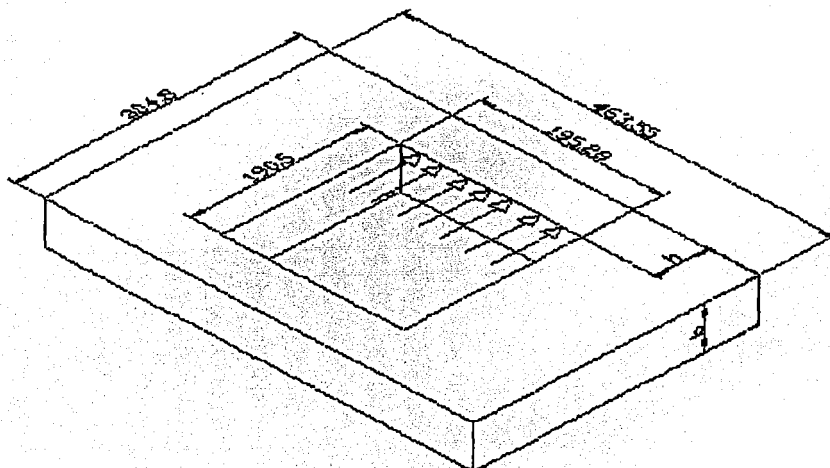
Verificando esto con los valores reales de la pieza, tenemos que la superficie real de la pieza es de $8.7233in^2 = 56.276cm^2$ para cada tira de gotero por lo que para dos tiras tendremos un total de $112.558cm^2$, por lo que verificamos que estamos dentro del valor estimado en tablas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En base a esto podemos deducir que en nuestra máquina de 85t de fuerza de cierre, tendremos una presión máxima en el molde de 650bar en un área máxima de 150cm² para una pieza que la inyección completa pesará un aproximado de 21g.

Ahora que conocemos la presión máxima dentro del molde podemos calcular el esfuerzo y deformación elástica en la placa porta formadores que como sabemos es de acero AISI 4140, que tiene una caja al centro de 195.2752mm X 190.5mm y con una presión específica interna de 650bar = 65N/mm².

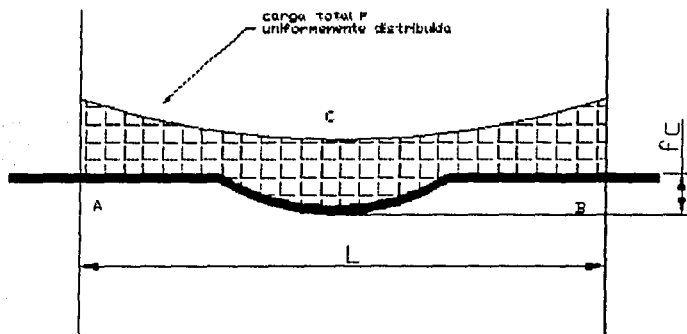
A continuación vemos la fuerzas generadas sobre la placa (fig 24).



(FIG 24)

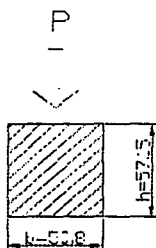
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tenemos una carga supuesta: una viga empotrada en los extremos con carga uniformemente distribuida (fig 25).

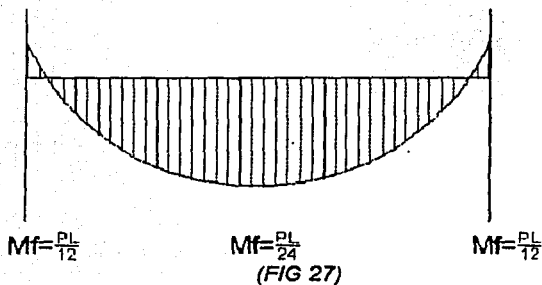


(FIG 25)

Sección transversal de la viga (fig 26)



(FIG 26)



(FIG 27)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Momento de inercia

Modulo de resistencia

$$J = \frac{bh^3}{12}$$

$$W = \frac{bh^2}{6}$$

En el análisis de la carga se puede considerar uno de los lados largos como una viga fijada por los extremos con carga uniformemente repartida. La presión de la inyección dentro del molde se supone alcanza valores aproximadamente de 650bar (65N/mm²) por lo cual, sobre la pared interna de la cavidad, existe una carga total de:

$$P = L \cdot 195.2752 \cdot b \cdot 50.8 \cdot \text{pres.int.} \cdot 65 \text{ N/mm}^2 = 644798.71 \text{ N} = 644.798 \text{ kN}$$

Momento máximo de flexión (fig 27) al centro de la viga (en el punto C equidistante a los puntos de fijación):

$$M_f = \frac{PL}{24} = \frac{(644.79 \text{ kN})(195.2752 \text{ mm})}{24} = 5246.38 \text{ kNmm}$$

Cálculo de la deflexión máxima que ocurre en la mitad de la viga (en el punto C):

$$f_c = \left(\frac{1}{348}\right) \left(\frac{PL^3}{EJ}\right) = 0.0026 \left(\frac{PL^3}{EJ}\right) [\text{mm}]$$

En donde: E es el módulo elástico para el acero (210kN/mm²) y J es el momento de inercia de la sección transversal de la viga.

La sección transversal de la viga (fig 26) es un rectángulo con las siguientes dimensiones:

Alto h = 57.15mm y ancho b = 50.8mm.

El momento de inercia para una viga de sección rectangular respecto al eje neutro está dado por:

$$J = \frac{bh^3}{12} = \frac{(50.8)(57.15^3)}{12} = 790189.34mm^4$$

Así que desarrollando f_c , la deflexión máxima será:

$$f_c = 0.0026 \left(\frac{(644.79)(195.2752^3)}{(210)(790189.34)} \right) = 0.075mm$$

Esta flexión de 0.075mm con respecto a la pared más larga de la placa de la cavidad no resulta excesiva.

El diseñador debe además considerar que cuando la placa de la cavidad está flexionada, y deja de estar sujeta a la fuerza (o sea la presión interna) que ha causado la deformación, esa fuerza es devuelta íntegramente, regresando la cavidad a su condición primitiva (pared plana sin flexión).

De esta manera, es posible comprender las razones que a veces impiden la apertura de un molde después de la inyección del material plástico. La pieza moldeada se solidifica y se mantiene bloqueada entre el corazón y la cavidad externa, porque cuando se interrumpe la presión de inyección que provocó la flexión de la cavidad, esta misma empuja con igual fuerza en sentido opuesto (hacia el centro del molde) oprimiendo la pieza moldeada sobre el corazón.

La comprobación de los esfuerzos aquí realizados sobre la placa puede completarse calculando el esfuerzo de tensión a la flexión en la pared larga de 195.2752mm ya considerada en los cálculos anteriores.

El módulo de resistencia (módulo de sección) de la sección transversal de la cavidad (50.8 X 57.15mm) está dado por:

$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{(150.8)(57.15^2)}{6} = 27153.1705 \text{ mm}^3$$

El esfuerzo máximo ocurre en los puntos más alejados al eje neutro y está dado por:

$$\sigma = \frac{Mf}{W} \text{ (esfuerzo en la fibra externa)}$$

Refiriéndonos al diagrama de los momentos de flexión, se nota que los correspondientes a los extremos fijos A y B, tienen valores del doble respecto al ya calculado C (a la mitad de la pared).

Introduciendo en la ecuación anterior el valor de los momentos de flexión:

$$Mf \text{ en C} = 5246.38 \text{ kNm}$$

$$Mf \text{ en A y B} = 10942.76 \text{ kNm}$$

Encontramos que el esfuerzo máximo de tensión (en las zonas tensionadas) o de compresión (en las zonas comprimidas) es:

$$\text{A la mitad de la pared en el punto C } \sigma = 0.1897 \text{ kN/mm}^2 = 189.72 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{En los extremos fijos A y B } \sigma = 0.3794 \text{ kN/mm}^2 = 379.94 \text{ N/mm}^2$$

Si se considera que el acero especial de aleación Cr Mo utilizado para fabricar la placa de la cavidad tiene un esfuerzo a la tensión de 900-1100 N/mm², el valor del esfuerzo calculado permite un buen margen de seguridad:

$$\text{Factor de seguridad en C} = \frac{\sigma_b}{\sigma} = \frac{900}{189.72} = 4.74$$

$$\text{Factor de seguridad en A y B} = \frac{\sigma_b}{\sigma} = \frac{900}{379.44} = 2.37$$

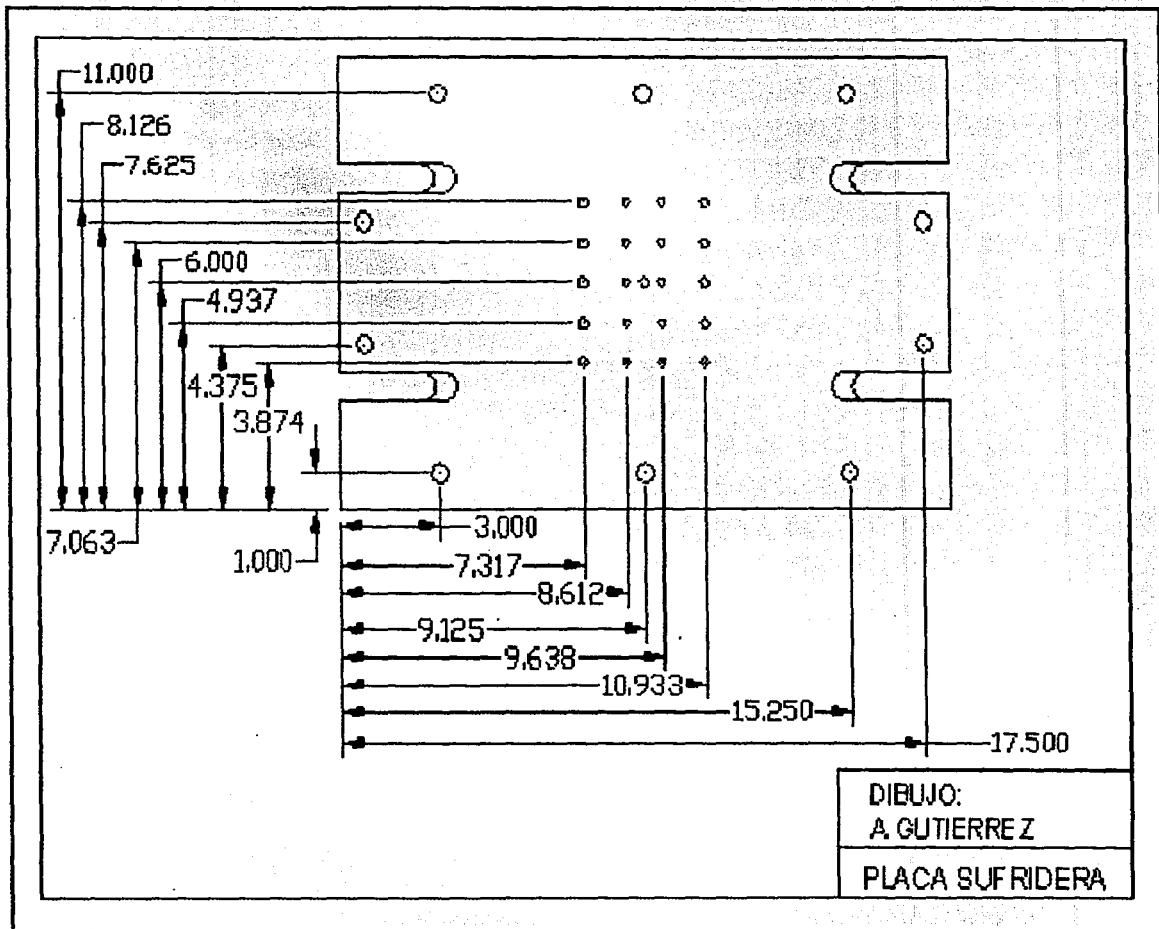
En realidad la placa de la cavidad no está sometida a una flexión estática sino a una flexión alternada debido a que en cada ciclo de moldeo la placa se flexiona (se alarga) cuando el material fundido se inyecta a presión (internamente), para después adquirir la dimensión original. Esta flexión alternada que se repite decenas y centenas de veces al día (tantas como el número de ciclos de moldeo se realicen), puede ser considerada como un esfuerzo a la fatiga.

Cuando los esfuerzos reales no están bien determinados no deben de adoptarse factores de seguridad mas elevados pues esto incrementa el costo del diseño, la fabricación, los tiempos de producción, etc.; es entonces cuando debemos recurrir a la optimización y simulación o al análisis por elemento finito.

Placa número cuatro o sufridera:

Esta placa va a ser de acero AISI-1045 al igual que la de sujeción, que como ya mencionamos es un material recomendado para la construcción de componentes de maquinaria, sus medidas van a ser de 1.5" x 12" x 18.25", como vimos antes el mayor esfuerzo recae sobre la placa anterior por lo que esta solo sirve como respaldo para postes y tornillería. Por lo que esta placa debe de llevar los barrenos para que pasen los botadores, tornillos de sujeción del holder o sándwich, los alojamientos o salidas para los pernos inclinados y los alojamientos para las guías de las botadoras. (fig 28).

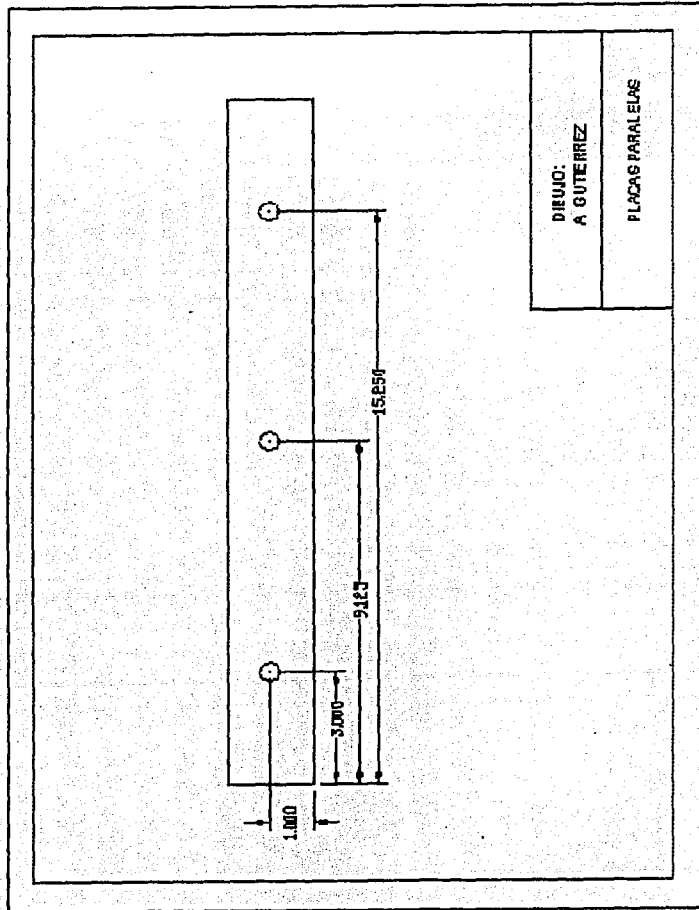
(FIG 28)



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Placas paralelas o números 5 y 6.

Estas placas puesto que su función es dar la altura de la carrera de las placas botadoras, deben de llevar los barrenos para que pasen los tornillos de media que sujetan todo el holder, sus medidas son 2" x 2.5" x 18" y su fabricación debe de ser en acero AISI-1045. (fig 29).

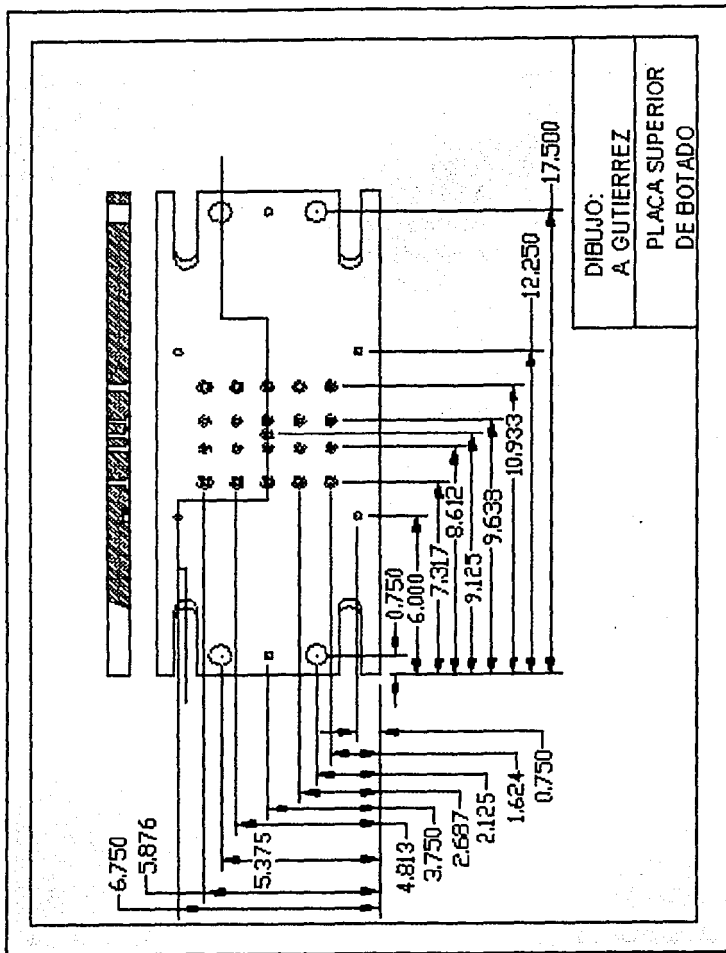


(FIG 29)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Placa de botado número siete.

Esta placa es la que contiene a los botadores, llevará barrenos con cuerda para tornillos de $\frac{1}{4}$ " puesto que con estos sujetaremos las dos placas, tambien lleva un alojamiento para los pernos inclinados y un alojamiento para el buje que va a servir de corredera para las dos placas de botado sus medidas son 0.750" x 7.5" x 18.25" al igual que las paralelas y el holder en general es de acero AISI-1045 (fig 30)

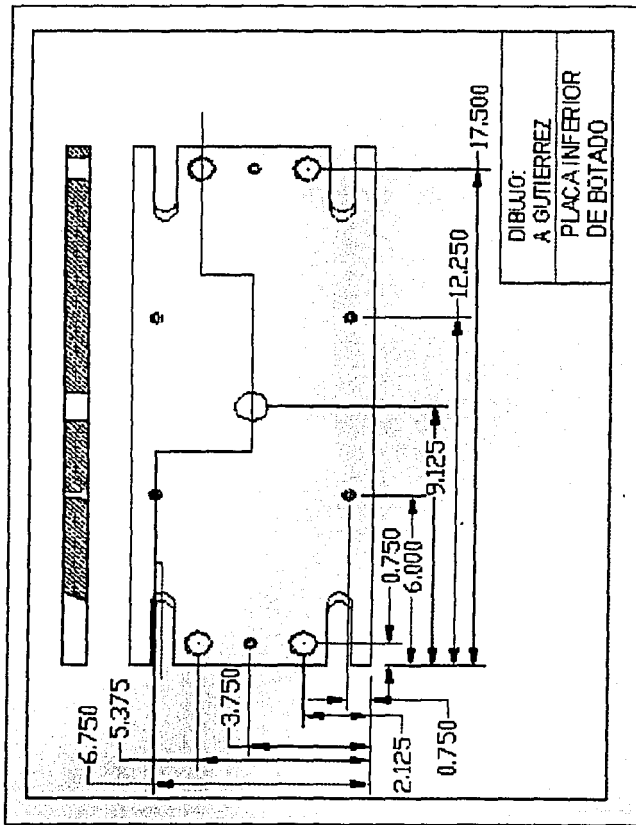


(FIG 30)

TEJIS CON
PALLA DE ORIGEN

Placa de botado numero ocho.

Esta placa tambien es de acero AISI-1045 y mide 0.750" x 7.5" x 18.25", debe de llevar los alojamientos para los tornillos de 1/4" con su cabeza y los alojamientos para los bujes que servirán de correderas de las placas botadoras y tambien sus alojamientos para los pernos inclinados, y como ya se habia mencionado antes, este molde va a trabajar en una máquina que cuenta con sistema de botador hidráulico por lo que esta placa debe de llevar un barreno al centro con cuerda de 1"-14 que es una cuerda estandarizada para los botadores de casi todas las máquinas y fabricantes de moldes que fabrican y trabajan moldes en máquinas de botados hidráulicos.(fig 31)

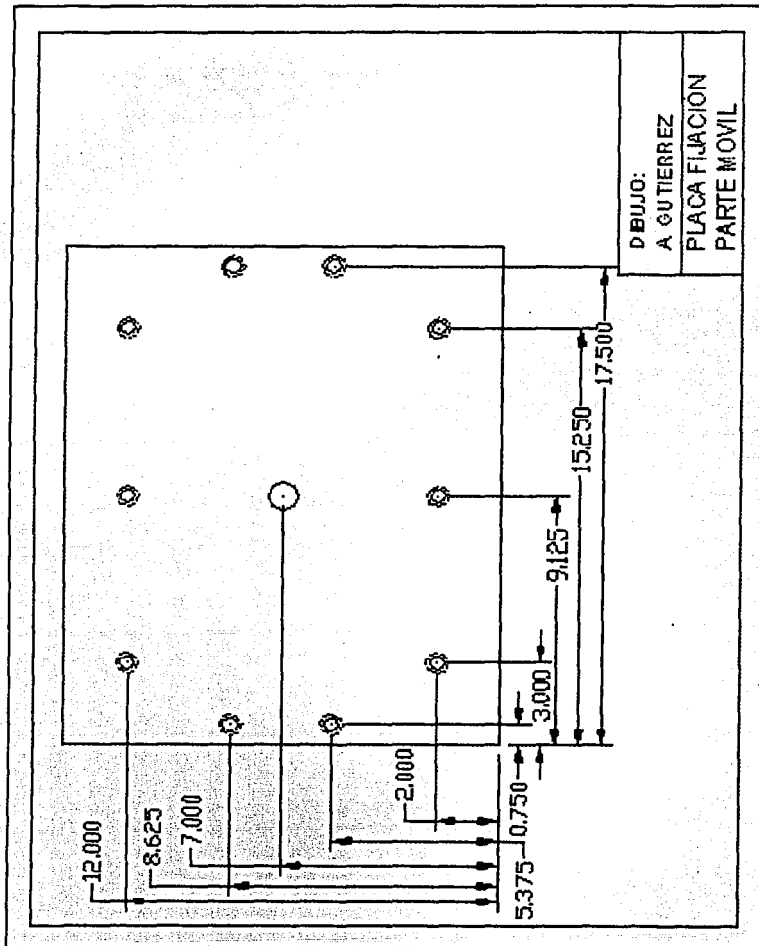


(FIG 31)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Placa de fijación o número nueve:

Esta placa es de acero AISI-1045 al igual que la placa 1, mide 1" x 14" x 18.25" esta placa debe de tener los alojamientos para los tornillos de media que servirán para cerrar el holder, los alojamientos para los botadores de media que servirán como guías para las placas botadoras y un barreno pasado de 1.250" de diámetro donde entrará el botador de la maquina que se atornillará en las placas de botado. (fig 32)



(FIG 32)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Insertos:

Los insertos son las partes que llevan grabadas las cavidades normalmente se maquinan en acero H-13, que es el recomendado para continuos choques térmicos, y además van templados para evitar que sufran daños por efectos de la oxidación ya que son las partes del molde que llevarán el agua para el enfriamiento del molde, son cuatro piezas en total, dos que van en la placa número dos (fig 33) y dos que van en la placa tres (fig 34), estas son las placas donde se encontrará el cierre preciso del molde, ya que si no se encuentra perfectamente rectificada alguna de estas placas, tendremos problemas de rebaba en la línea de cierre del molde, como ya mencionamos antes, son las piezas donde se encontrará la refrigeración del molde.

Hablando un poco de la expresión "enfriamiento del molde" significa: necesidad de circular un líquido alrededor de las cavidades de un molde afin de asegurar la disipación del calor acumulado por la masa fundida inyectada en el molde en cada ciclo de trabajo.

Sería más correcto utilizar la palabra "termorregulación" o control de temperatura de acuerdo a las necesidades y según las circunstancias, considerando líquidos "fríos" (de 0° a 10°C) o líquidos "calientes" (de 50° a 100°C) que son circulados bajo presión en los moldes para termoplásticos.

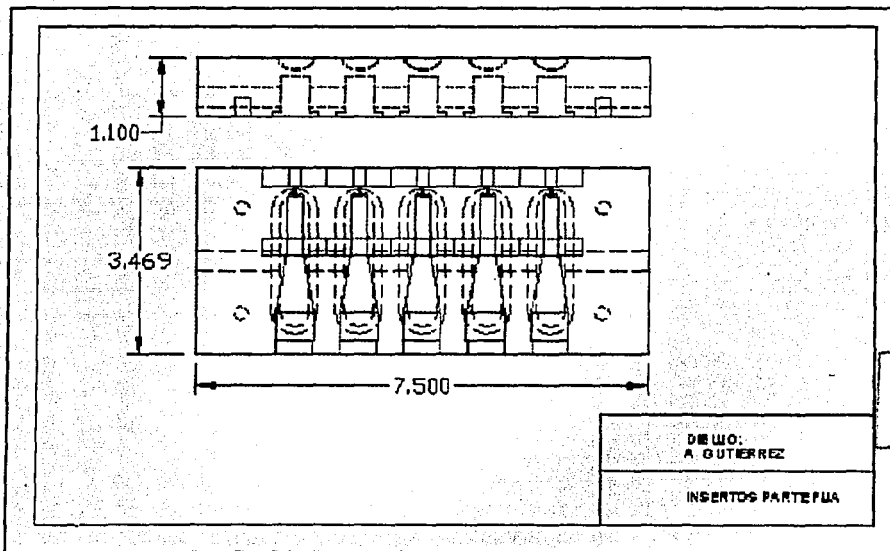
En general, para los moldes más sencillos se utilizan dos circuitos separados para los dos medios moldes: el medio molde montado en el lado de inyección de la máquina (platina fija) y el medio molde montado en el lado de extracción (platina móvil). Sin embargo, para moldes grandes o complicados, no son suficientes dos circuitos de enfriamiento.

Según los catálogos de proveedores de plásticos, la distancia mínima a la cual puede estar el líquido refrigerante (en este caso agua a 10°C) es de 0.125" con respecto a la pieza, realmente nunca se especifica como debe de ser el

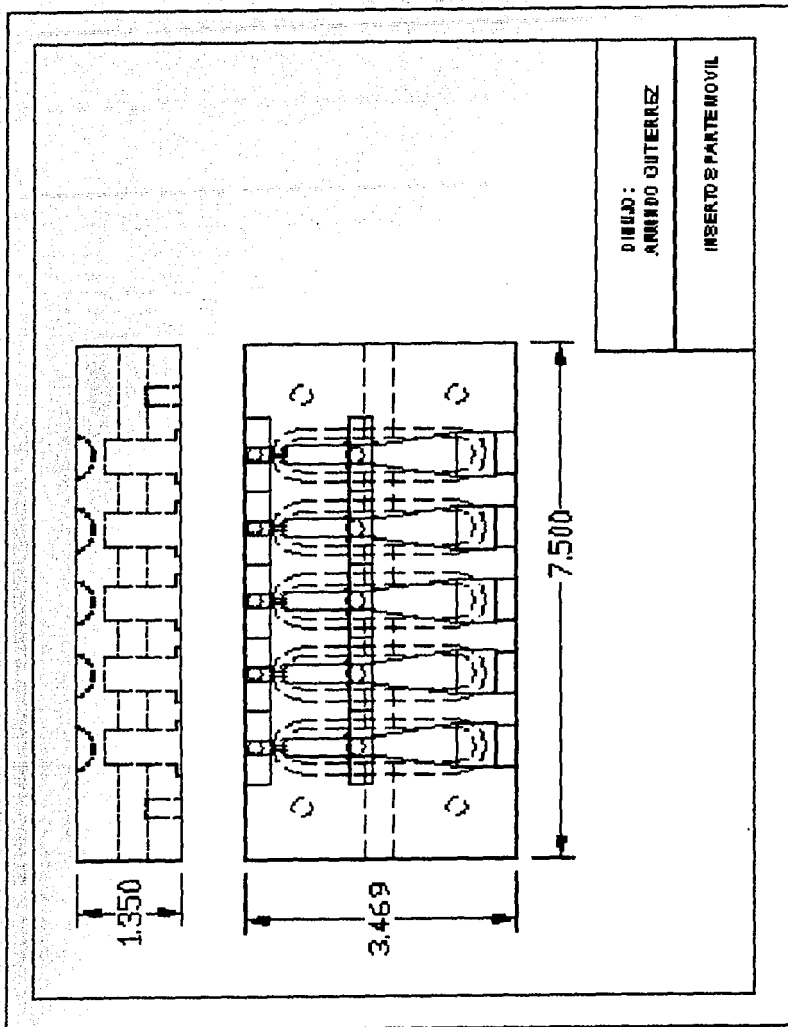
sistema refrigerante de un molde, en este caso usaremos el sistema de cajas de agua conectadas entre sí para que sean dos circuitos separados por cada parte del molde, deben de llevar un alojamiento para un arosello o liga que evite la fuga de agua y aparte un sello de silicón a la placa donde estén apoyados.

Según el catalogo de arosellos Parker, usaremos un aro de cloropreno, con una temperatura de trabajo de -54°C a 149°C , diseñado para un alojamiento estático, su diametro nominal es de $3/32''$, con un diámetro interior de $5.487''$, y su código Parker es el 2-161. Además los insertos llevaran acceso a estas cajas de agua barrenos para tubos de $1/8''-27\text{NPT}$ y fijaremos los insertos con tornillos de $1/4''$. La medida de estos es de $1.1'' \times 3.469'' \times 7.5''$ para los insertos de la parte fija y $1.350'' \times 3.469'' \times 7.5''$ para la parte móvil.

A continuación vemos los planos de ambas piezas con sus respectivos barrenos y maquinados para cavidades.



(FIG 33)



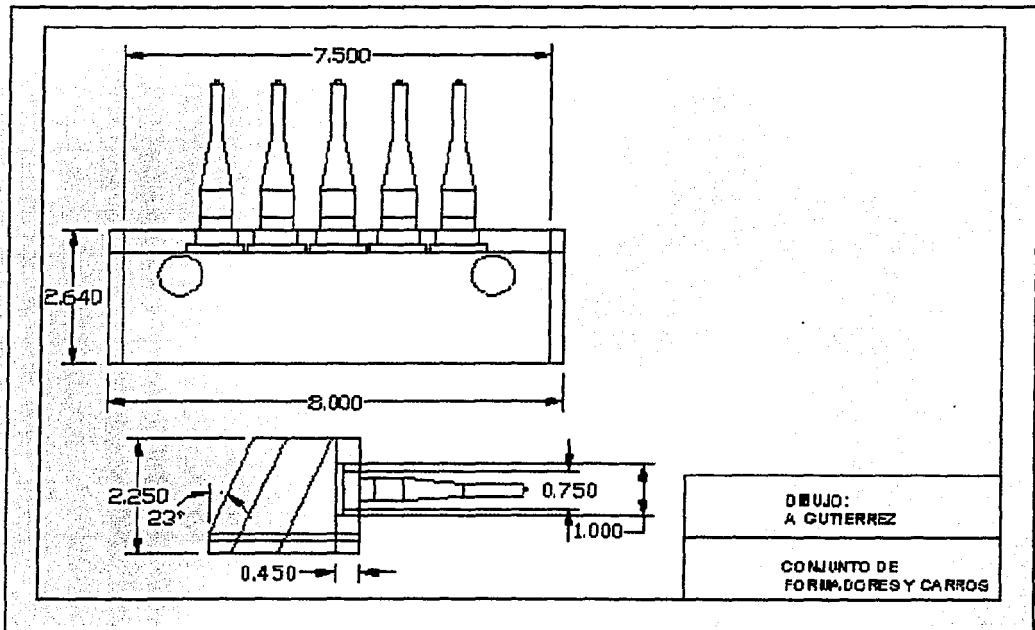
(FIG 34)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Carros porta formadores y formadores:

Los carros como ya se mencionó, tienen un movimiento a lo largo del molde para extraer los corazones de las piezas y poder botarlas, se fabricarán en acero H-13 ya que también reciben el choque térmico debido a que son los que hacen el cierre del molde en esa parte, deben de llevar una placa atornillada al frente para poder fijar los formadores y barrenos pasados de 0.750" a 23° de inclinación para los pernos que le transmitirán el movimiento por la acción de apertura y cierre del molde. (fig 35)

Los formadores son de cobre – berilio ya que es un material que tiene la facultad de disipar con mucha facilidad el calor, esto debido a que no se puede meter agua en esa parte del molde por el tamaño y la movilidad que tienen estas piezas, los formadores van fijos con un cuerpo de ajuste de 0.750" de diámetro por 0.300" de largo y una cabeza de 1" de diámetro por 0.150" de largo.

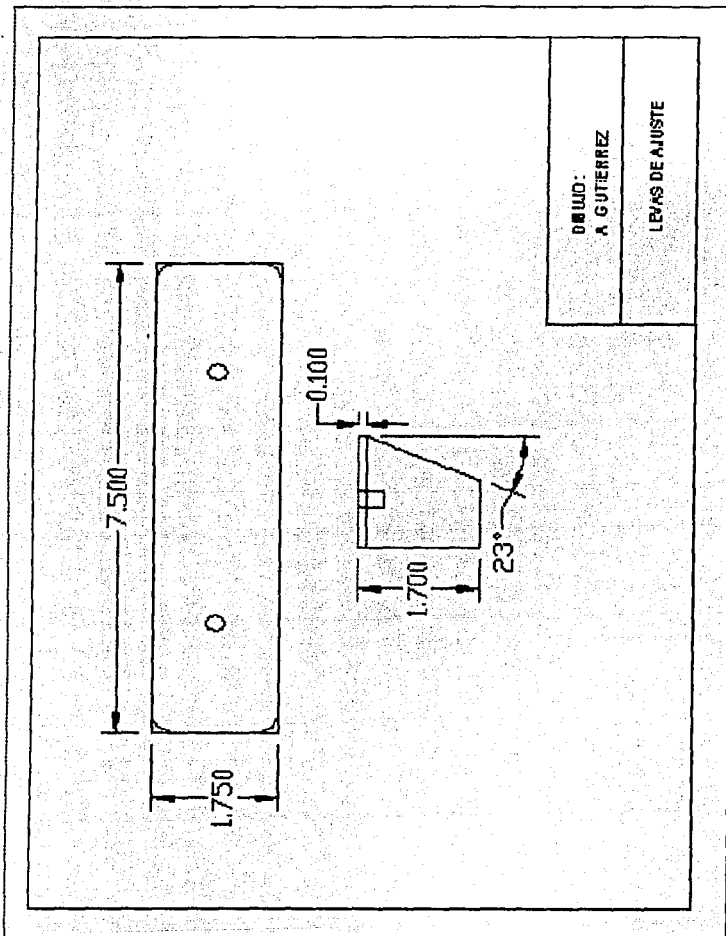


(FIG 35)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Levas de ajuste:

Estas levas tienen la función de dar el ajuste o apriete a los carros al cerrar el molde, también son de H-13 (fig 36), deben de tener la misma inclinación de los carros y los pernos para tener un ajuste preciso, llevan barrenos para tornillo de $\frac{1}{4}$ " para poder fijarlas a la placa número dos del molde, aparte que llevan un asiento de 0.100" de espesor que entrará en una caja en el molde, con esto se evitará que sufra algún movimiento y se desajuste en el molde por el uso.

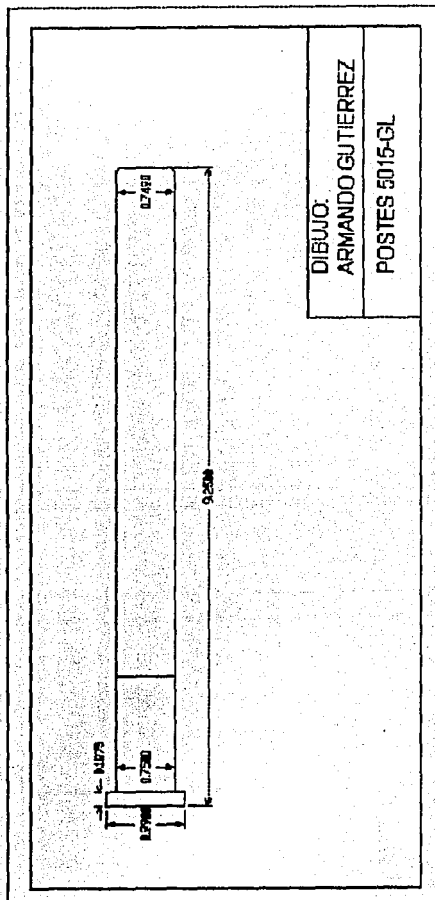


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

(FIG 36)

Postes inclinados:

Los pernos o postes inclinados que guiarán a los carros como ya se calculó, tienen un largo de carrera de 179.151mm y su diámetro será de 0.75", basándose en la página K-4 del catálogo DME (fig 37), su diámetro nominal es de 0.750", con un área de ajuste de 0.751" de diámetro y largo de 1.875", cabeza es de 0.990" de diámetro con 0.1875" de ancho, y el largo total de la pieza esta determinado por el largo de la carrera mas el largo que tiene dentro de las placas de fijación y porta cavidad (1 y 2), por lo que el largo es de 9.250", su clave de catalogo es 5015-GL.

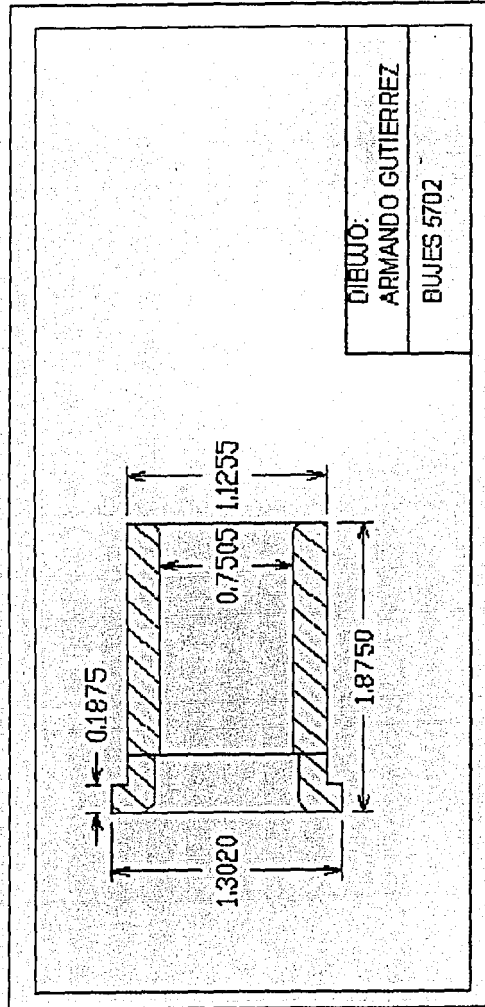


(FIG 37)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Bujes de cierre de placa:

En base al espesor de la placa número tres del molde que es de 2", los bujes son del tipo 5702, según la página k-5 del catalogo DME (fig 38), tienen un largo total de 1.875", un diámetro exterior de 1.255", un diámetro interior de 0.7505", la cabeza es de 1.302" de diámetro y 0.1875" de largo.

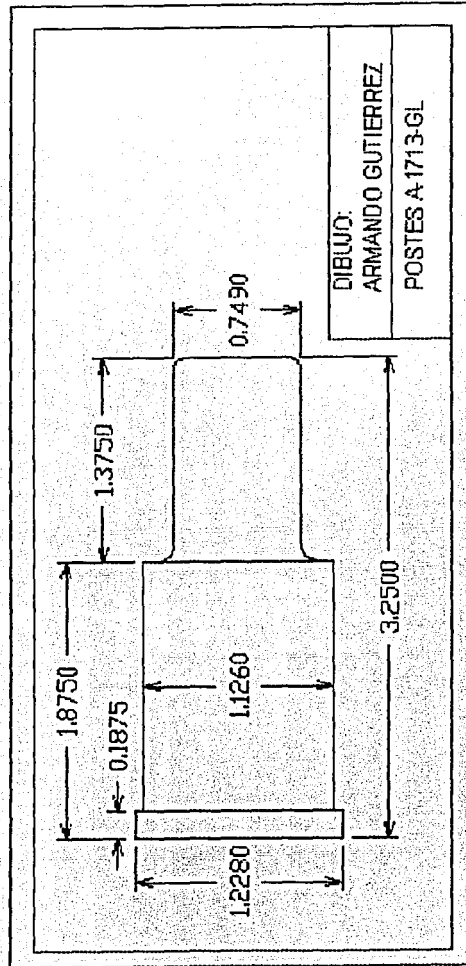


(FIG 38)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Postes de cierre de placa:

Los postes basándonos en el espesor de la placa 2 que es de 2" y a la página k-7 del catalogo DME serán del tipo A-1713-GL (fig 39), que tienen un largo total de 3.250", el cuerpo de ajuste tiene 1.126" y un largo con todo y cabeza de 1.875", la cabeza es de 1.228" de diámetro y 0.3125" de largo, el cuerpo de encaje es de 1.375" de largo y un diámetro de 0.749".

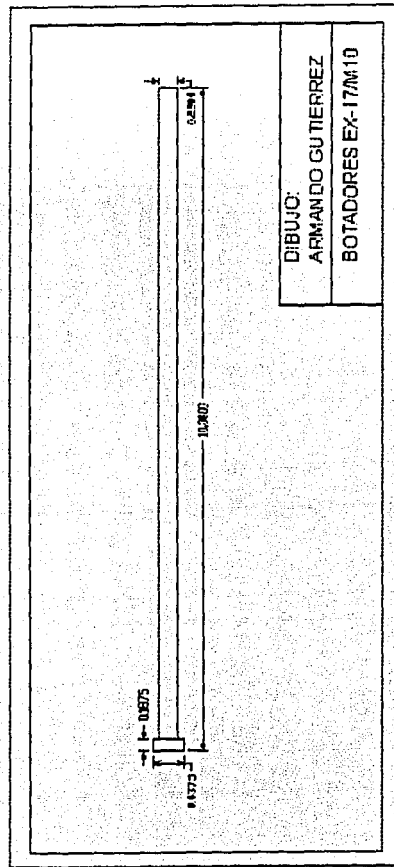


(FIG 39)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Botadores:

Los botadores de la pieza, su ubicación y tipo van en razón de la complejidad de la pieza por lo que usaremos 10 para las piezas y uno para botar la colada al centro del molde, basándose en la página J-6 del catalogo DME el botador de la colada será del tipo EX-17/M-10" (fig 40), con un diámetro de 0.25", diámetro de cabeza de 0.4375", un ancho de cabeza de 0.1875" y un largo total de 10 pulgadas, en este caso los botadores tienen un largo menor a este, pero no importa ya que se pueden cortar.



(FIG 40)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los otros 10 botadores que lleva el molde son del tipo EX-13/M10", que tienen un diámetro de cuerpo de 3/16", diámetro de cabeza de 3/8" por 0.1875" de espesor y también un largo de 10", su referencia en el catálogo DME se encuentra también en la página J-6, estos son los que tendrán la función de expulsar la pieza después del ciclo de inyección.

Aparte usaremos 4 botadores que tendrán la función de ser las guías de las placas botadoras, se usan por lo general botadores y no postes por el espacio reducido que existe en estas placas, estos tienen un diámetro de 1/2" con cabeza de 3/4" de diámetro por 1/4" de espesor y un largo de 6" aunque tendremos que cortarlos a la medida.

Bujes de placas botadoras:

Requeriremos también cuatro bujes según la página K-11 del catálogo DME del tipo S-5691, estos tienen un diámetro interior de 1/2", diámetro exterior de 0.7505", cabeza de 0.853" por 3/16" de espesor y un largo total de la pieza de 1.375", estos bujes serán para las hacer el efecto de correderas de las placas botadoras del molde, irán fijos en ambas placas, como recordaremos el espesor de cada una de estas placas es de 3/4" y ya unidas nos dan un espesor de 1.500".

Todos los componentes para moldes de DME se piden acorde a un número de catálogo ya que es más barato y rápido que hacerlos en cualquier torno, estas piezas vienen en acero H-13, además tienen un tratamiento térmico adecuado para tener un flujo adecuado de los granos de carbono que incrementa su densidad y resistencia a la tensión, a este material con este tratamiento se le conoce como "acero nitrurado".

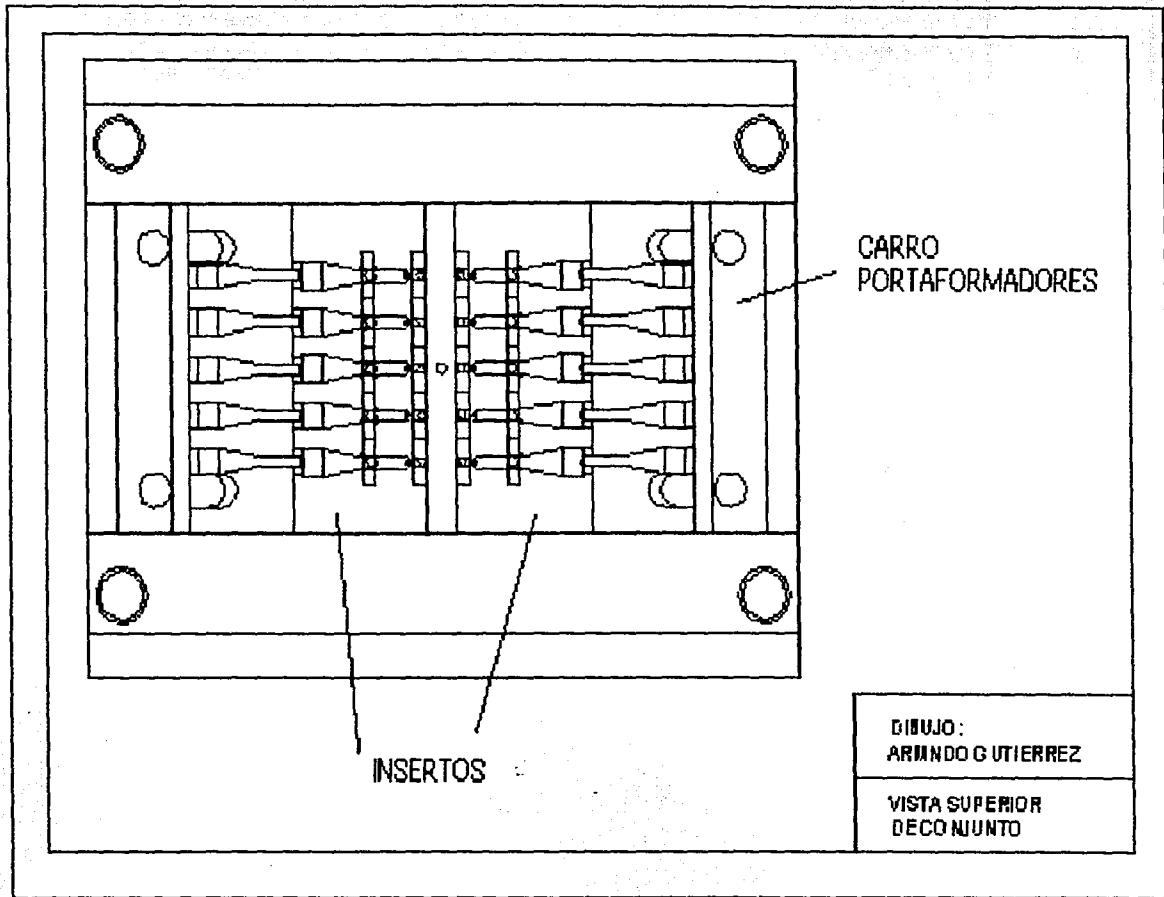
Tornillería para fijación:

Requeriremos también 4 tornillos Allen de $\frac{1}{4}$ " de diámetro por 1" de largo para fijar las levas de ajuste a la placa número 2, 16 de $\frac{1}{4}$ " por 1" de largo para fijar los insertos a las placas 2 y 3, cuatro de $\frac{3}{8}$ " de diámetro por 1.5" de largo para fijar las placas 1 y 2, seis de $\frac{1}{2}$ " de diámetro por 5" de largo para hacer el sándwich de las placas 3,4,5,6 y 9, que es la parte móvil del molde, seis de $\frac{1}{4}$ " por 1" de largo para fijar las placas 7 y 8 y por último 8 de $\frac{1}{4}$ " por $\frac{1}{2}$ " de largo para fijar la placa donde irán montados los formadores a los carros.

Este tipo de tornillería se obtuvo en base a la página M-28 del catálogo DME, todos son de acero de alto grado endurecidos por tratamiento a una dureza 38-45 Rc y una resistencia a la tensión de 180,000 psi como mínimo y sus cuerdas son estándares para no tener problemas con el machueado de las piezas, además que todos se pueden comprar en cualquier casa de tornillos en el D.F.

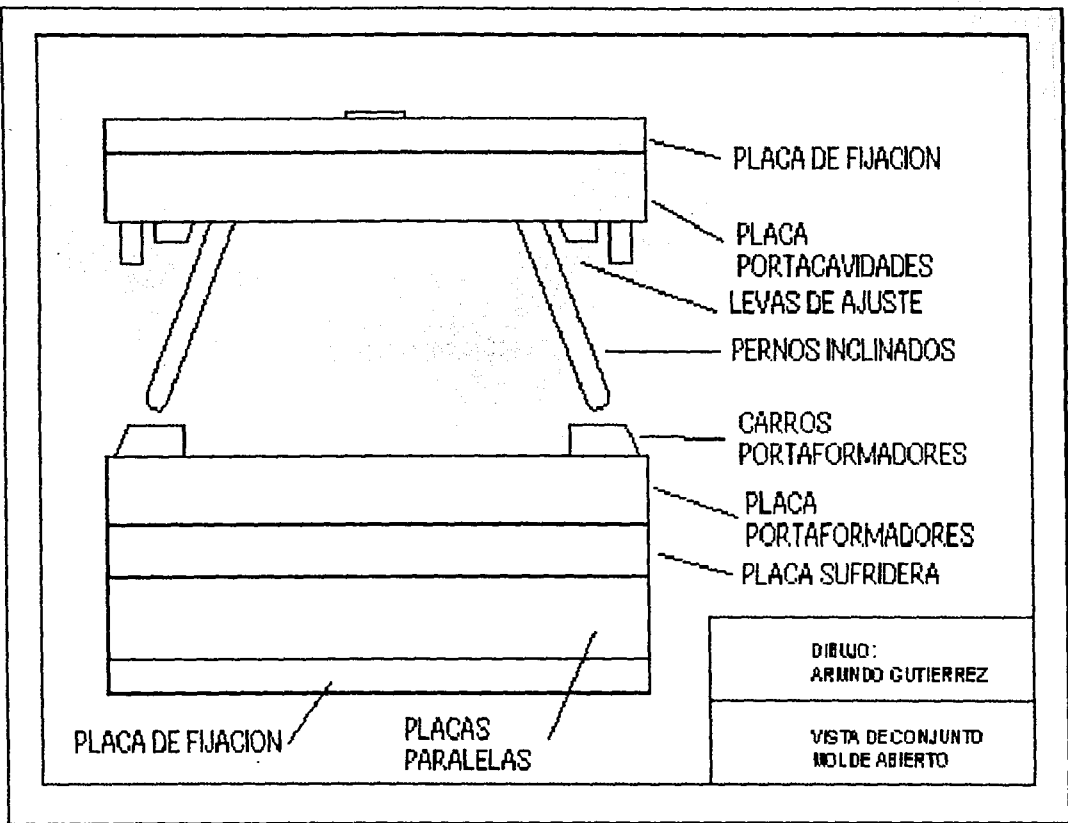
En base a esto podemos definir que el molde en una vista superior en su parte móvil se vería así (fig 41):

(FIG 41)



TESIS CON
FALTA DE ORIGEN

Y en una vista lateral se verá de la siguiente manera (fig 42):



Esto en base a los cálculos realizados y la selección de materiales como ya se vio anteriormente.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5.4 MANUFACTURA

5.4.1 INTRODUCCION

Por las necesidades del proceso, en donde es necesario controlar las referencias dimensionales a los productos manufacturados; se crea un sistema de coordenadas, controladas por un procesador de datos que a su vez envía señales, para accionar los servomotores y así garantizar los lineamientos, aplicados a las máquinas herramientas.

Los inicios del control dimensional comienza con los diales que regulan los movimientos en los ejes.

Posteriormente se logra adaptar a los ejes una regleta electrónica que envía señalización al lector para obtener una lectura de los desplazamientos en la pantalla.

En las máquinas actuales se integra un computador para la realización de operaciones.

En los sistemas de producción convencionales, usados en la mayor parte de las factorías del mundo, las máquinas – herramientas del mismo tipo están agrupadas, siendo cada máquina manejada independientemente. Las operaciones de mecanización necesarias para la fabricación de una pieza se dividen en un número de operaciones independientes, cada una de las cuales se puede realizar mas eficientemente en una máquina en particular.

A fin de lograr una mayor eficacia, muchos trabajos se organizan de tal manera que grupos de piezas que requieren operaciones similares se manufacturan en un grupo de máquinas localizadas adyacentemente.

Así por ejemplo, si para la mecanización total de un grupo de piezas fuera necesario realizar operaciones de fresado, mandrinado y perforado, parece lógico que se alcanzaría mayor eficacia si todas las máquinas – herramienta necesarias para realizar estas operaciones estuvieran agrupadas. La conveniencia de realizar estas tres operaciones en una máquina – herramienta, unido a que permitiesen sustituir al operador humano. De esta manera se introdujo la automática en los procesos de fabricación, aparición que viene impuesta por diversas razones:

- a) Necesidad de fabricar productos que no se podían conseguir en cantidad y calidad suficiente sin recurrir a la automatización del proceso de fabricación.
- b) Necesidad de obtener productos hasta entonces imposibles o de muy difícil fabricación, por ser excesivamente complejos para ser controlados por un operador humano.
- c) Necesidad de fabricar productos a precios suficientemente bajos.

Hacia 1942 surgió lo que podríamos llamar primer control numérico verdadero y que apareció como una necesidad impuesta por la industria aeronáutica. La aparición del control numérico permitió por primera vez optimizar la función antes mencionada, ya que la flexibilidad era precisamente la mejor virtud de este nuevo automatismo.

Se considera control numérico todo dispositivo capaz de dirigir posicionamientos de un órgano mecánico móvil, en que las órdenes relativas a los desplazamientos del móvil son elaboradas en forma totalmente automática a partir de informaciones numéricas definidas, bien manualmente (funcionamiento semiautomático), o por intermedio de un programa (funcionamiento automático).

De todo lo anterior se deduce que siempre que las series de fabricación se mantengan dentro de unos límites medios (entre 5 y 1000 piezas), el control numérico representa la solución ideal dadas las notables ventajas que se obtienen de su utilización. Entre estas ventajas merecen citarse las siguientes:

- a) Posibilidad de fabricación imposibles o muy difíciles. Gracias al control numérico se han podido obtener piezas muy complicadas como las superficies tridimensionales en la fabricación de aviones. Es muy corriente, en construcción aeronáutica, mecanizar piezas cuyo peso final representa 1/6 del peso de la pieza bruta inicial.
- b) Seguridad. El control numérico es especialmente recomendable para el trabajo con productos peligrosos.
- c) Precisión. Esta ventaja es debida, en primer lugar, a la mayor precisión de la máquina – herramienta respecto de las máquinas clásicas. Los juegos mecánicos son menos importantes y la máquina – herramienta en su conjunto es mucho más precisa. Otro factor que también influye en la precisión proviene del hecho de que una máquina – herramienta para control numérico es, en general, más universal que las máquinas clásicas y por tanto podrán hacerse más operaciones con la misma máquina. Las precisiones alcanzadas en las máquinas – herramienta con control numérico van de 1μ a 10μ .
- d) Aumento en la productividad de las máquinas. Este aumento de productividad se debe a la disminución del tiempo total de mecanización, en virtud, sobre todo, de la disminución de los tiempos de desplazamiento en vacío, y de la rapidez de los posicionamientos que suministran los sistemas electrónicos de control. Para dar una idea de esta reducción citaremos que puede ser del 30% al 40% utilizando una mandrinadora con control numérico y del 50% al 90% en centros de mecanizado.
- e) Reducción de controles y desechos. Esta reducción es debida fundamentalmente a la gran fiabilidad y repetitividad de una máquina – herramienta con control numérico.

Los trabajos de mecanizado se realizan siempre siguiendo las mismas trayectorias y los juegos mecánicos de la misma influyen siempre de la misma manera.

Esta reducción de controles permite prácticamente eliminar toda operación humana posterior, con la consiguiente reducción en costos y tiempos de fabricación.

Por consiguiente, si las condiciones de mecanización han sido previstas adecuadamente y si las herramientas estaban bien regladas, la máquina – herramienta obtiene piezas prácticamente idénticas y por tanto con precisión constante.

En los talleres convencionales es como normal un coeficiente de desecho del 3% al 4%. Para las máquinas de control numérico este coeficiente es inferior al 1%. Se consigue por tanto, un evidente ahorro sobre todo si las piezas son complejas.

5.4.2 MAQUINADO DEL MOLDE DISEÑADO.

Una vez que hemos entendido lo que es el control numérico computarizado (CNC), podemos comenzar con el maquinado de nuestro molde, como referencia nos basaremos en que las placas que vamos a trabajar se encuentran escuadradas completamente y rectificadas en ambas caras a un paralelismo de 0.0005" entre caras.

Comenzaremos primero haciendo todos los barrenos que requerirán las placas, después se irán incrementando los diámetros con ciertos tipos de cortadores, como pueden ser del tipo End Mill-HSS, Rough Face Milling de diámetro ajustable, Ball Nose Mill, brocas y rimas.

Como ya se explico en el CNC la repetitividad es una de sus principales características por lo que podemos usar un solo programa para una placa y modificarlo solo en las partes que se vaya a usar otro tipo de herramienta, por lo que no se requiere hacer otro programa, ya que esto se puede hacer por medio de subrutinas del programa.

Placa uno:

Comenzaremos con hacer el listado del programa, haremos todos los barrenos de una pasada con una broca de 5/16" ya que es la más pequeña que usaremos por los tornillos de 3/8" que requiere la placa. El programa se vería de esta manera:

| | |
|--------------------------------------|--|
| % PROGRAMA BARRENOS PLACA UNO | TALADRO X1 Y7 Z-1 R0.01 E5 Q0.080 |
| UNID IN | X9.125 Y2 |
| MOVABS | X17.250 Y7 |
| ALIM 2.0 | X9.125 Y12 |
| HUSILLO RELOJ | FIN |
| ENFRIA ON | SUB BOQUILLA |
| ORIGEN 1 | TALADRO X9.127 Y7 Z-1 R0.01 E5 Q0.080 |
| G00 X0 Y0 Z0.25 | FIN |
| LLAMA TORNILLO | |
| LLAMA BOQUILLA | |
| G00 X0 Y0 Z0.25 | |
| HUSILLO OFF | |
| FIN | |
| SUB TORNILLO | |

En el primer bloque en la primera línea nos dice el nombre del programa, en la segunda, define el sistema de unidades, en la siguiente, que el sistema de coordenadas esta en movimiento absoluto, en la cuarta la velocidad de ataque de la herramienta, en la quinta el sentido de giro de la herramienta, en la sexta que el sistema de enfriamiento de la herramienta va a estar actuando, en la que sigue ajusta al origen pre - grabado en la maquina (la máquina por omisión siempre opera en el cero), luego se manda la herramienta a las coordenadas 0,0 y con una altura de 0.250" para evitar cualquier golpe con la placa. En el siguiente bloque llama la primer subrutina que consta de la orden de taladrar, que ésta a su vez requiere de la coordenada donde se va a hacer el barreno, la profundidad de este, el avance relativo, el tiempo de corte y el desahogo para sacar la viruta que está entre la herramienta y la placa, puesto que las profundidades no varían solo se le da otras coordenadas para los otros tres barrenos. Al acabar con esta subrutina, llama a la que sigue, que es para hacer el alojamiento para la boquilla, al terminar, la herramienta regresa al origen y termina el programa.

Para hacer los alojamientos para las cabezas de los tornillos y de la boquilla, podemos llamar solo la subrutina requerida con la herramienta adecuada.

Placa dos:

Al igual que en la placa uno comenzamos con un programa general:

```
% PROGRAMA BARRENOS PLACA DOS          SUB CUERDA 0.250"
UNID IN                                  TALADRO X2.551 Y3.881 Z-2 R0.01 E5 Q0.080
MOVABS                                   X6.031 Y2.881
ALIM 2.0                                 X8
HUSILLO RELOJ                            X10.250
ENFRIA ON                                 X12.219
ORIGEN 1                                  X15.699 Y3.881
G00 X0 Y0 Z0.25                          Y7.881
                                           X12.219 Y8.881
LLAMA DME                                 X10.250
                                           X8
LLAMA CUERDA 0.375"                      X6.031
                                           X2.551 Y7.881
LLAMA CUERDA 0.250"                      FIN
G00 X0 Y0 Z0.25
HUSILLO OFF
FIN

SUB DME
  TALADRO X0.875 Y0.875 Z-2 R0.01 E5 Q0.080
    X13.375
    Y11.125
    X0.875

FIN

SUB CUERDA 0.375"
  TALADRO X9.125 Y1 Z-0.5 R0.01 E5 Q0.080
    X17.250 Y6
    X9.125 Y11
    X1 Y6

FIN
```

Como vemos, no es necesario repetir muchas coordenadas debido a que la máquina se desplaza a la siguiente coordenada sin que se repitan tantas veces estas y al igual que la placa uno solamente en lo futuro llamaremos la subrutina deseada acorde al elemento a colocar y la herramienta requerida.

Placa tres:

Este sería el programa para hacer el plan de barrenado:

| | |
|---|--|
| % PROGRAMA BARRENOS PLACA TRES | SUB CUERDA 0.250" |
| UNID IN | TALADRO X6.031 Y3 Z-2 R0.01 E5 Q0.080 |
| MOVABS | X8 |
| ALIM 2.0 | X10.250 |
| HUSILLO RELOJ | X12.219 |
| ENFRIA ON | Y9 |
| ORIGEN 1 | X10.250 |
| G00 X0 Y0 Z0.25 | X8 |
| | X6.031 |
| | FIN |
| LLAMA DME | SUB BOTADORES |
| | TALADRO X7.317 Y3.874 Z-2 R0.01 E5 Q0.080 |
| LLAMA CUERDA 0.5" | Y4.937 |
| | Y6 |
| LLAMA CUERDA 0.250" | Y7.063 |
| | Y8.126 |
| LLAMA BOTADORES | X8.612 |
| | Y7.063 |
| G00 X0 Y0 Z0.25 | Y6 |
| HUSILLO OFF | Y4.937 |
| FIN | Y3.874 |
| | X9.633 |
| SUB DME | Y4.937 |
| TALADRO X 0.875 Y0.875 Z-2 R0.01 E5 Q0.080 | Y6 |
| X17.375 | Y7.063 |
| Y11.125 | Y8.126 |
| X0.875 | X10.933 |
| FIN | Y7.063 |
| | Y6 |
| SUB CUERDA 0.5" | Y4.937 |
| TALADRO X3 Y 1 Z-0.5 R0.01 E5 Q0.080 | Y3.874 |
| X9.125 | X9.125 Y6 |
| X15.250 | FIN |
| Y11 | |
| X9.125 | |
| X3 | |
| FIN | |

Placa cuatro:

Para la placa cuatro tendremos:

% PROGRAMA BARRENOS PLACA CUATRO

UNID IN

MOVABS

ALIM 2.0

HUSILLO RELOJ

ENFRIA ON

ORIGEN 1

G00 X0 Y0 Z0.25

LLAMA CUERDA 0.5"

LLAMA BOTADORES

LLAMA GUIAS

G00 X0 Y0 Z0.25

HUSILLO OFF

FIN

SUB CUERDA 0.5"

TALADRO X3 Y 1 Z-1.5 R0.01 E5 Q0.080

X9.125

X15.250

Y11

X9.125

X3

FIN

SUB BOTADORES

TALADRO X7.317 Y3.874 Z-1.5 R0.01 E5 Q0.080

Y4.937

Y6

Y7.063

Y8.126

X8.612

Y7.063

Y6

Y4.937

Y3.874

X9.633

Y4.937

Y6

Y7.063

Y8.126

X10.933

Y7.063

Y6

Y4.937

Y3.874

X9.125 Y6

FIN

SUB GUIAS

TALADRO X0.75 Y 4.375 Z-0.5 R0.01 E5 Q0.080

X17.5

Y7.063

X0.75

FIN

Placas cinco y seis:

Para las placas cinco y seis utilizaremos el mismo programa ya que son iguales, por lo que tendremos:

*% PROGRAMA BARRENOS PLACAS PARALELAS
UNID IN
MOVABS
ALIM 2.0
HUSILLO RELOJ
ENFRIA ON
ORIGEN 1
G00 X0 Y0 Z0.25*

LLAMA CUERDA 0.5"

*G00 X0 Y0 Z0.25
HUSILLO OFF
FIN*

SUB CUERDA 0.5"

*TALADRO X3 Y 1 Z-2.5 R0.01 E5 Q0.080
X9.125
X15.250*

FIN

Placa siete:

En esta placa tenemos:

| | |
|--|--|
| % PROGRAMA BARRENOS PLACA SIETE | SUB CUERDA 0.250" |
| UNID IN | TALADRO X7.317 Y1.624 Z-0.75 R0.01 E5 Q0.080 |
| MOVABS | Y2.687 |
| ALIM 2.0 | Y3.75 |
| HUSILLO RELOJ | Y4.813 |
| ENFRIA ON | Y5.876 |
| ORIGEN 1 | X8.612 Y1.624 |
| G00 X0 Y0 Z0.25 | Y2.687 |
| LLAMA DME | Y3.75 |
| LLAMA CUERDA 0.250 | Y4.813 |
| | Y5.876 |
| LLAMA BOTADORES | X9.638 Y1.624 |
| | Y2.687 |
| G00 X0 Y0 Z0.25 | Y3.75 |
| HUSILLO OFF | Y4.813 |
| FIN | Y5.876 |
| | X9.638 Y1.624 |
| SUB DME | Y2.687 |
| TALADRO X 0.75 Y2.125 Z-0.75 R0.01 E5 Q0.080 | Y3.75 |
| X17.5 | Y4.813 |
| Y5.375 | Y5.876 |
| X0.75 | X10.933 Y1.624 |
| FIN | Y2.687 |
| SUB CUERDA 0.250" | Y3.75 |
| TALADRO X 0.75 Y3.75 Z-0.25 R0.01 E5 Q0.080 | Y4.813 |
| X6 Y 0.75 | Y5.876 |
| X12.25 | X9.125 Y3.75 |
| X17.5 Y3.75 | |
| X12.25 Y6.75 | FIN |
| X6 | |
| FIN | |

Placa ocho:

Para esta placa tenemos:

% PROGRAMA BARRENOS PLACA OCHO

UNID IN

MOVABS

ALIM 2.0

HUSILLO RELOJ

ENFRIA ON

ORIGEN 1

G00 X0 Y0 Z0.25

LLAMA DME

LLAMA CUERDA 0.250

LLAMA BOTADOR

G00 X0 Y0 Z0.25

HUSILLO OFF

FIN

SUB DME

TALADRO X0.75 Y2.125 Z-0.75 R0.01 E5 Q0.080

X17.5

Y5.375

X0.75

FIN

SUB CUERDA 0.250"

TALADRO X0.75 Y3.75 Z-0.25 R0.01 E5 Q0.080

X6 Y 0.75

X12.25

X17.5 Y3.75

X12.25 Y6.75

X6

FIN

SUB BOTADOR

TALADRO X9.125 Y3.75 Z-0.75 R0.01 E5 Q0.080

FIN

Placa nueve:

Tenemos el siguiente programa:

| | |
|--|---|
| <i>% PROGRAMA BARRENOS PLACA NUEVE</i> | <i>SUB CUERDA 0.5"</i> |
| <i>UNID IN</i> | <i>TALADRO X3 Y2 Z-1 R0.01 E5 Q0.080</i> |
| <i>MOVABS</i> | <i>X9.125</i> |
| <i>ALIM 2.0</i> | <i>X15.250</i> |
| <i>HUSILLO RELOJ</i> | <i>X3 Y12</i> |
| <i>ENFRIA ON</i> | <i>X9.125</i> |
| <i>ORIGEN 1</i> | <i>X15.250</i> |
| <i>G00 X0 Y0 Z0.25</i> | <i>FIN</i> |
| <i>LLAMA BOTADOR</i> | <i>SUB GUIAS</i> |
| <i>LLAMA CUERDA 0.5"</i> | <i>TALADRO X0.75 Y5.375 Z-1 R0.01 E5 Q0.080</i> |
| <i>LLAMA GUIAS</i> | <i>X17.5</i> |
| <i>HUSILLO OFF</i> | <i>X0.75 Y8.625</i> |
| <i>FIN</i> | <i>X17.5</i> |
| <i>SUB BOTADOR</i> | <i>FIN</i> |
| <i>TALADRO X9.125 Y7 Z-1 R0.01 E5 Q0.080</i> | |
| <i>FIN</i> | |

Levas:

Las levas al igual que las botadoras con un programa podemos hacer las dos, así que tenemos:

```
% PROGRAMA BARRENOS LEVAS  
UNID IN  
MOVABS  
ALIM 2.0  
HUSILLO RELOJ  
ENFRIA ON  
ORIGEN 1  
G00 X0 Y0 Z0.25  
LLAMA CUERDA 0.250"  
G00 X0 Y0 Z0.25  
HUSILLO OFF  
FIN  
SUB CUERDA 0.250"  
TALADRO X1.75 Y0.875 Z-0.350 R0.01 E5 Q0.080  
X5.75  
FIN
```

Carros:

Para los carros aplicaremos el mismo principio, solo que es un programa para los tornillos de los carros y otro para las tapas que llevan a los formadores, por lo que el programa para los tornillos de fijación será el que sigue:

% PROGRAMA BARRENOS CARROS

UNID IN

MOVABS

ALIM 2.0

HUSILLO RELOJ

ENFRIA ON

ORIGEN 1

G00 X0 Y0 Z0.25

LLAMA CUERDA 0.250"

G00 X0 Y0 Z0.25

HUSILLO OFF

FIN

SUB CUERDA 0.250"

TALADRO X0.5 Y0.5 Z-1 R0.01 E5 Q0.080

X7.5

Y1.75

X0.5

FIN

Para las placas porta formadores de los carros tenemos el siguiente programa:

% PROGRAMA BARRENOS PORTA FORMADORES

UNID IN

MOVABS

ALIM 2.0

HUSILLO RELOJ

ENFRIA ON

ORIGEN 1

G00 X0 Y0 Z0.25

LLAMA CUERDA 0.250"

LLAMA FORMADORES

G00 X0 Y0 Z0.25

HUSILLO OFF

FIN

SUB CUERDA 0.250"

TALADRO X0.5 Y0.5 Z-0.450 R0.01 E5 Q0.080

X7.5

Y1.75

X0.5

FIN

SUB FORMADORES

TALADRO X1.874 Y1.25 Z-0.450 R0.01 E5 Q0.080

X2.937

X4

X5.063

X6.126

FIN

Insertos:

Para los insertos podemos hacer un programa muy similar para los barrenos de fijación y los botadores en el caso de la parte móvil. Para la parte fija tenemos:

%BARRENOS INSERTOS PARTE FIJA

UNID IN

MOVABS

ALIM 2.0

HUSILLO RELOJ

ENFRIA ON

ORIGEN 1

G00 X0 Y0 Z0.25

LLAMA CUERDA 0.250"

G00 X0 Y0 Z0.250

HUSILLO OFF

FIN

SUB CUERDA 0.250"

TALADRO X0.750 Y0.750 Z-0.35 R0.01 E5 Q0.080

X6.75

Y2.719

X0.750

FIN

Para la parte móvil tenemos el siguiente programa que incluye a los botadores:

%BARRENOS INSERTOS PARTE MOVIL

UNID IN

MOVABS

ALIM 2.0

HUSILLO RELOJ

ENFRIA ON

ORIGEN 1

G00 X0 Y0 Z0.25

LLAMA CUERDA 0.250"

LLAMA BOTADORES

G00 X0 Y0 Z0.250

HUSILLO OFF

FIN

SUB CUERDA 0.250"

TALADRO X0.750 Y0.750 Z-0.35 R0.01 E5 Q0.080

X6.75

Y2.719

X0.750

FIN

SUB BOTADORES

TALADRO X1.624 Y2.036 Z-1.35 R0.01 E5 Q0.080

X2.687

X3.75

X3.75

X4.813

X5.876

X1.624 Y3.331

X2.687

X3.75

X3.75

X4.813

X5.876

FIN

Para las cajas de agua de los formadores podemos crear una subrutina para hacer el maquinado de la caja, junto con su alojamiento para el arosello, por lo que la subrutina quedaría así:

```
%SUB ALOJAMIENTO HERRAMIENTA END MILL 0.500"  
G00 X-0.1372 Y0.9663  
G01 REL Z-0.20  
ARCOR R0.390 A180 B0  
G01 X0.14 Y-0.9665  
ARCOR R0.390 A0 B180  
G01 X-0.1372 Y0.9663  
G00 X0 Y0 Z0  
FIN
```

Esta subrutina se puede llamar el número de veces que sea necesaria para dar la profundidad del alojamiento de los arosellos.

Para hacer el centro de la caja podemos usar la siguiente subrutina:

```
%SUB CENTRO DE CAJA HERRAMIENTA END MILL 0.500  
G00 X0 Y0.9695  
G01 REL Z-0.020  
G01 X-0.9695  
G00 X0 Y0 Z0  
FIN
```

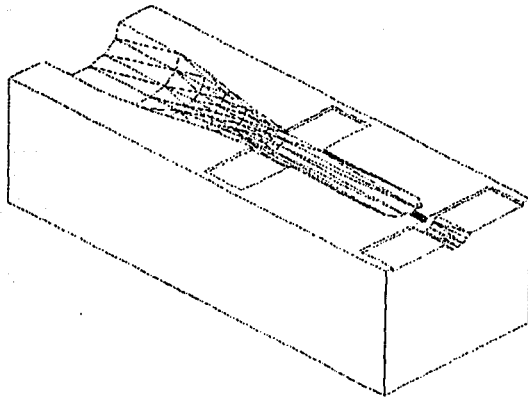
Al igual que el programa anterior se puede correr esta subrutina las veces que sea necesaria, estas subrutinas toman como origen el centro del alojamiento, por lo que en un programa podemos enviar el cortador al centro de la caja de agua y poder llamar la subrutina, luego enviar a la siguiente coordenada, tomar el cero relativo y volver a correr el programa, así de esta manera nos evitamos el escribir varias líneas de programa para cada cavidad.

Hemos visto como hacer barrenos para tornillería o botadores, y cajas, las cuales nos van a servir para hacer los asientos de las levas y los insertos sobre la placa, con un programa de estos podemos también hacer las guías de los carros, etc. Pero para maquinar una cavidad como la de la pieza es un tanto difícil, por lo que existen pos - procesadores que en base a un dibujo hecho con cualquier paquete de CAD (AUTOCAD, CADKEY, PRO ENGINEER), se puede obtener un código "G" para cualquier tipo de fresadora de CNC e incluso algunos tornos.

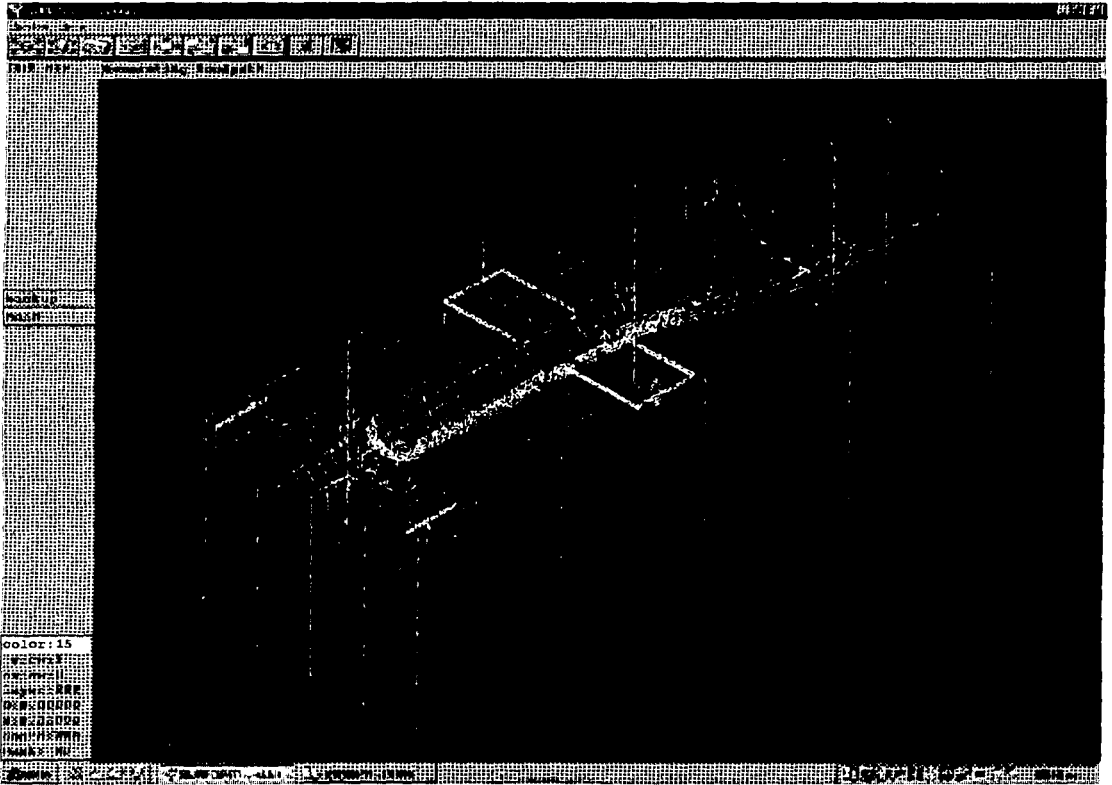
Algunos de estos pos - procesadores que se emplean en el CAD - CAM, son el MASTERCAM, HYPERMILL, BOBCAD, SURFCAM, etc. Algunos de estos operan solo para coordenadas en dos dimensiones como el BOBCAD, pero la mayoría operan en los tres ejes de coordenadas.

En nuestro caso en particular realizamos el dibujo de la pieza en AUTOCAD, con sus medidas exactas a la que debe de quedar, cuidando hasta el más mínimo detalle ya que lo que esté en el dibujo se va a convertir en una coordenada para código G.

Ya que tenemos nuestra pieza (fig 43), la exportamos al programa a usar (en este caso se usó SURFCAM 99), para seleccionar lo que queremos maquinar y poder seleccionar el tipo de herramienta y la máquina sola va a generar el patrón de corte de la herramienta (fig 44).



(FIG 43)

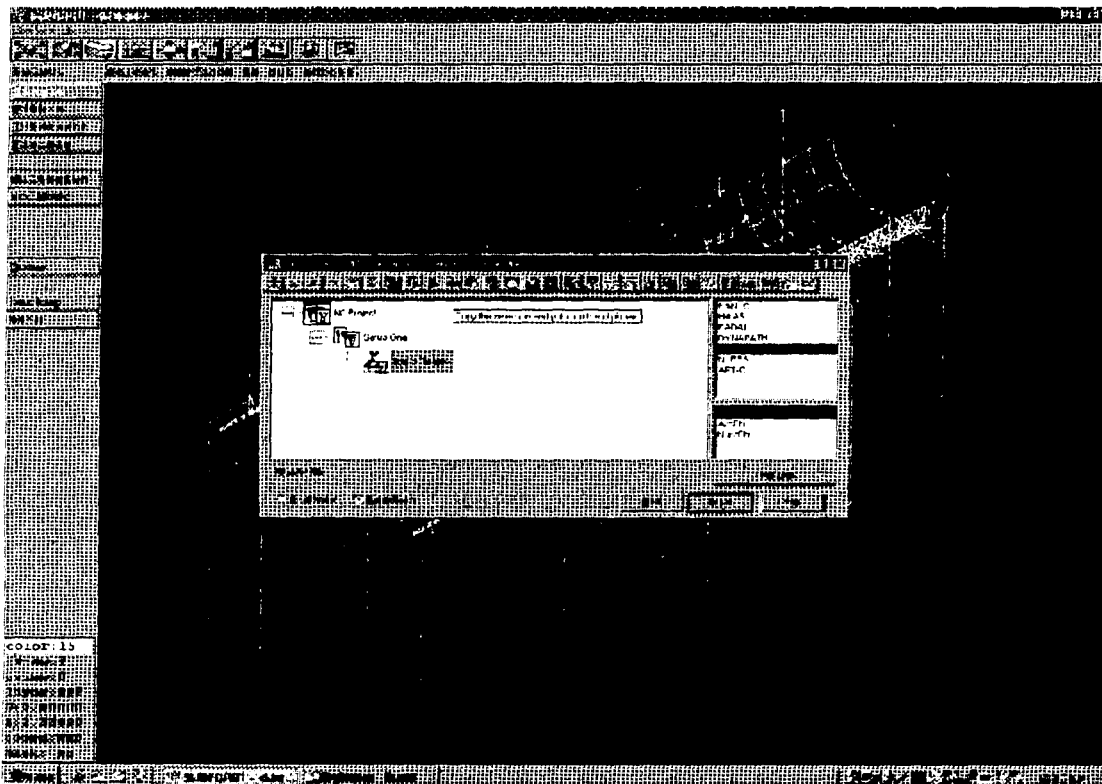


(FIG 44)

TESTE CDS
FALLA DE ORIGEN

Una vez que la computadora ha generado el patrón de corte podemos extraer del pos - procesador el programa para la fresadora.

Este pos- procesador hace un listado del programa en base a coordenadas en tres ejes y mediante comandos de corte, esto debido a que es un código universal "G", ya que cada máquina maneja un tipo de procesador diferente en este caso es un procesador MAZAK (fig 45).



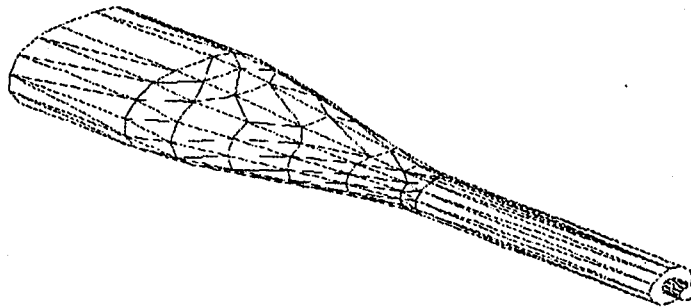
(FIG 45)

TESIS FROM
FALLA DE ORIGEN

Por razones de espacio no presentaremos el listado del programa, ya que es un listado del orden de mas de las 100,000 líneas de comandos, un equivalente a 40 hojas tamaño carta y unos 1500 kbytes cuando menos por esta misma razón por lo general este tipo de máquinas están conectadas en paralelo con algún CPU que tenga el programa o a algún sistema de red.

Formadores:

Puesto que los formadores tambien tienen formas irregulares o al menos de difícil elaboración en un torno, tendremos que maquinarlos en este tipo de fresadoras, preparando el tejo de material ya con las medidas en donde se puedan ajustar con el torno, lo demás lo haremos en SURFCAM de la misma manera que la cavidad (fig 46).



(FIG 46)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Ya que tenemos la figura en AUTOCAD podemos enviar la imagen a SURFCAM, (fig 47) para maquinarlo emplearemos un plato divisor para rotar la pieza 180° y poder maquinar el otro lado.



(FIG 47)

Al igual que en la cavidad, el programa es bastante largo por lo que no lo presentaremos.

La elaboración de los barrenos para los pernos inclinados se hace con todo el molde ya armado, esto por la facilidad de hacerlo en una fresa que tiene la posibilidad de inclinar la cabeza en el ángulo deseado (23°) y así poder tener la seguridad de que los barrenos no van a quedar desfasados, y solamente se le

hará los alojamientos a las placas que lo requieran para poder liberar los pernos cuando el molde se abra y se cierre.

Como se mencionó antes estos programas son muy complejos y a la vez muy largos, ya que dependiendo de la resolución que se le dé al programa nos dará un mejor acabado superficial de la pieza maquinada aunque obviamente nos generará más líneas de comandos para que la herramienta logre el acabado deseado.

Complementario a este proceso de maquinado (CNC) existen otras formas de lograr el desbaste de formas irregulares como lo es la electro erosión que consiste en atacar la pieza con un electrodo de cobre y una fuerte descarga eléctrica estando la pieza sumergida en un liquido conductor que a su vez sirve como refrigerante.

Una vez que las cavidades han sido conformadas es recomendado mandar estas placas a un proceso de templado para así poder evitar algún daño por efectos del mismo ciclo y previniendo que cierre el molde con alguna pieza u otro objeto que pudiera violar la integridad de la pieza y evitar así un daño irreparable a las cavidades.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES.

Podemos concluir que en el extenso mundo de la inyección de plásticos, existen procesos que son complementarios como lo es el diseño del molde a emplear en base a una pieza física, el maquinado del molde ya sea en forma convencional o con equipos de control numérico, y la tecnología en sí de la inyección visto desde el ámbito de las características de la materia prima a inyectar.

A lo largo de este trabajo de tesis hemos visto como se realiza el proceso de diseño de un molde, comenzando con los requerimientos funcionales y dimensionales del cliente, ya sea acorde a un plano o una muestra física. Con esto podemos hacer el estudio de factibilidad para ver que tipo de molde será él mas adecuado, ya sea de colada caliente o que tipo de punto de inyección para colada fría, el número de cavidades y por supuesto del tipo de máquina donde va a trabajar puesto que como ya vimos es fundamental para poder realizar un diseño adecuado del molde.

Con esto podemos hacer el diseño detallado del molde y poder hacer un pedido de materiales acorde a estandarizaciones existentes ya sea por distribuidores de aceros como lo son Aceros Fortuna, SISA, etc. Y poder seguir con los componentes de materiales, los cuales pueden ser de diversos proveedores como lo son DME, KONA y para coladas calientes están Mold-Masters que son diseñadores exclusivos de sistemas de coladas calientes, boquillas e incluso resistencias.

También hemos aprendido y comprendido a lo largo de este trabajo que los productos de manufactura de la industria metal-mecánica ya no se realizan solamente en máquinas convencionales, sino que el CNC esta acaparando el campo de acción y de trabajo en esta rama, por lo que el CAD-CAM ya es una

realidad y la visión para el futuro en cuanto al diseño de moldes va a caer en que cualquier empresa que no este a la altura de poder tener acceso a un diseño por computadora de un molde o no esté familiarizada con las innovaciones tecnológicas, va a sufrir una tendencia a una obsolescencia en un mercado altamente competitivo que crece a pasos enormes si nos ponemos a pensar que el futuro de la inyección son los moldes de colada caliente así como la multi funcionalidad del molde debido a la aparición de nuevas técnicas de moldeo como son la inyección simultánea de dos resinas diferentes o el sistema conocido como "air-mould" que implica la inyección de gas para aligerar las piezas y acortar los ciclos de inyección.

Al igual, la industria del plástico en general esta muy competida, en todas sus ramas ya que la tendencia del mercado va hacia la inyección con diversas resinas de ingeniería con aditivos para la optimización de los ciclos de inyección, así como hacia el termo formado para hojas de PET ó PVC para charolas y envases para la industria farmacéutica y de alimentos. Los mercados clásicos como lo son la extrusión-soplo de envases ya están siendo sustituido por la inyección-soplo que incluye una preforma de PET obtenida por un proceso de inyección.

Las aportaciones esperadas con este trabajo de tesis se reflejan en mostrar un poco que es el proceso de inyección de plásticos y los procesos que lo acompañan como son el diseño y manufactura de un molde. Ya que es una tecnología que por desgracia no es del conocimiento común para la comunidad tecnológica en México ya que en el país solo existe el Instituto Mexicano del Plástico Industrial que tiene las bases tecnológicas y científicas para poder capacitar, enseñar e instruir a los técnicos e ingenieros de hoy en día en lo que confiere a el proceso de inyección de plásticos.

México es un país que vive un retraso tecnológico en cuanto a esta rama de la ingeniería, ya que perdemos terreno al competir con otros fabricantes de moldes a nivel mundial debido a la falta de conocimiento y experiencia en este tema. Esto sin mencionar que en México solo hay un fabricante de máquinas que tienen que ver con procesos plásticos y toda la demás maquinaria viene del extranjero por lo que los que cuentan con empleos de baja calificación corren peligro de perderlos sin poder aspirar a empleos de mayor rango. Por lo que debemos de desarrollar nuestra tecnología, producirla y comercializarla para seguir aspirando a un crecimiento y competitividad de clase mundial.

APENDICES

APÉNDICE 1

TABLAS GENERALES

TABLA DE LAS PRINCIPALES RESINAS TERMOPLÁSTICAS:

| RESINAS TERMOPLÁSTICAS (resinas base) | Símbolo ISO 1043 | Denominación |
|---|---|--|
| Acrílicas | PMMA | Polimetil-metacrilato |
| Celulósicas | CA CAB CP | Acetato de celulosa Acetobutirato de celulosa Propionato de celulosa |
| Estirénicas | PS SB ABS SAN | Poliestireno Poliestireno alto impacto Acrilonitrilo butadieno estireno Acrilonitrilo estireno |
| Vinílicas | PVC PVAC | Cloruro de polivinilo Poliacetato de vinilo |
| Poliiolefinicas | PE PP | Polietileno Polipropileno |
| Poliacetáticas | POM | Poliacetal (polio-simetileno) |
| Poliamidas | PA 66 PA 6 PA 610 PA 11 PA 12 | Poliamida (nylon) 66 Poliamida (nylon) 6 Poliamida (nylon) 610 Poliamida (nylon) 11 Poliamida (nylon) 12 |
| Policarbonatos | PC | Policarbonato |
| Poliésteres Termoplásticos | PBTP PETP | Polibutílen-tereftalato Polietílen-tereftalato |
| Polifenilénicas | PPO | Polióxido de fenileno |
| Poliuretanos (con estructura lineal) | PUR | Poliuretano termoplástico |
| Resinas fluoro-carbónicas | FEP ETFC PCTFE | Fluoro etileno-propileno Tetrafluoroetileno-etileno Trifluoroetileno-policloro |

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CARACTERISTICAS PRINCIPALES DEL POLIETILENO LINEAR DE BAJA DENSIDAD:

| | |
|---|--------------|
| TEMPERATURA FUNDENTE (°C) | 122-124 |
| TEMPERATURA DE PROCESO(°F) | 350-500 |
| RANGO DE PRESION DE MOLDEO, 10 ³ psi | 5-15 |
| RADIO DE COMPRESION | 3 |
| CONTRACCION LINEAR, in/in | 0.020-0.022 |
| ESFUERZO DE TENSION AL ROMPIMIENTO psi | 1900-4000 |
| % DE ELONGACIÓN AL ROMPIMIENTO | 100-965 |
| LIMITE DE ESFUERZO DE CEDENCIA | 1400-2800 |
| MODULO DE TENSION 10 ³ psi | 38-75 |
| MODULO DE FLEXION 10 ³ psi 73°F | 40-105 |
| DUREZA SHORE/BARCOL | SHORE D55-56 |
| GRAVEDAD ESPECÍFICA | 0.918-0.940 |

ACEROS PARA LA FABRICACIÓN DE MOLDES

Equivalencias aproximadas entre los aceros modificados según las normas: UNI-DIN-SAE/AMS

| | TIPO DE ACERO | | | CONDICIONES DE SUMINISTRO Y RESISTENCIA A LA TENSIÓN ² | TRATAMIENTO TÉRMICO | APLICACIONES RECOMENDADAS | | |
|-------------------------------|---------------------------|--|--------------------------------------|---|---------------------------------|--|---|---|
| | UNI | DIN | SAE/AMS | | | | | |
| ACEROS PARA TEMPLAR al carbón | UNI 7845 C 40 | DIN 17200 CK 40 (1.1186) | 1040 | RECOCIDO | Nielsen ³ 600-750 | No aplicable | Acero de construcción para placas y estructuras portantes. | |
| | Aleación Al Cr Mo | 42 Cr Mo 4 (1.7225) | 42 Cr Mo 4 (1.7225) | 4140 | ENDURECIDO | 950-1100 | Tratamiento hecho por el proveedor | Acero sea templado para placas soporte de cavidades. Correas y cavidades para moldes grandes. |
| ACEROS PARA CEMENTAR | UNI 7846 C15 | DIN 17210 CE15 (1.1141) | 1015 | RECOCIDO | 450-600 | Cementado. Templado en agua | Acero para cavidades pequeñas fuertes aciladas. El templado en agua puede causar distorsión. | |
| | Aleación Mn Cr | 20 Mn Cr 5 (1.7147) | 20 Mn Cr 5 (1.7147) | 8020 | RECOCIDO | 660-800 | Cementado. Templado en aceite | Acero para cavidades de menor elevación. El templado en aceite reduce el riesgo de deformación, buena dureza superficial. |
| | Aleación Ni Cr Mo | 20 Ni Cr Mo 2 | 21 Ni Cr Mo 2 (1.4523) | 8020 | RECOCIDO | 700-900 | | |
| | Aleación Cr Mo | — | DIN 17350 X 6 Cr Mo 4 (1.2341) | — | RECOCIDO | 350-400 | Cementación. Templado en aceite revenido | Acero para cavidades elevadas en frío. Buena maquinabilidad y buen brido. |
| ACEROS PARA NITRURAR | UNI 8077 | DIN 17211 | — | RECOCIDO | 700-800 | Endurecido por nitruración | Acero nitrurado para cavidades y componentes para moldes sujetos a desgaste. | |
| ACEROS OLADO HERRAMIENTA | UNI 2935 para trabajar | DIN 17350 90 Mn V Cr 8 KU (1.2842) | 02 | RECOCIDO | 60-70 | Templado en aceite revenido | Aceros templados con gran dureza y mínimas distorsiones. Templado para alambres y cavidades sujetos a desgaste. | |
| | X 209 Cr 12 KU | X 310 Cr 12 (1.3088) | 03 | RECOCIDO | 70-85 | | | |
| | para trabajar en caliente | X 37 Cr Mo V 51 KU | X 38 Cr Mo V 51 (1.2343) | H11 | RECOCIDO | 650-750 | Templado en aceite revenido | Aceros para trabajo en caliente de moldes para fundición a presión de alambres y moldes para procesos plásticos. |
| ACERO INOXIDABLE | UNI 8800 Aleación Cr | DIN 17006 X 40 Cr 13 (1.4034) | 430 | RECOCIDO ENDURECIDO | 800-80 900-1100 | Templado-revenido. Tratamiento hecho por el proveedor | Acero inoxidable para cavidades de moldes sujetos a corrosión (ejemplo: moldeo de PVC). | |

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

APÉNDICE 2

PRINCIPALES DEFECTOS EN PIEZAS DE INYECCION:

| | |
|---------------------------|---|
| Rebaba | Exceso de material que se encuentra en las partes de cierre del molde, debido a un mal cierre del mismo o a una temperatura de trabajo muy alta |
| Línea de unión | Línea que se forma en el último lugar donde llega el material para llenar la pieza |
| Ráfagas | Líneas que se forman sobre la superficie de la pieza generadas por inyectar el material a una excesiva velocidad o presión de inyección. |
| Jaspeado | Mal acabado superficial por no encontrarse la materia prima bien deshidratada |
| Incompletas | Piezas que no llenan por falta de material. |
| Pobre acabado superficial | Cuando la pieza se ve opaca o sin brillo por descomposición del material o baja calidad en la materia prima |
| Quemaduras | Piezas que tienden a otro color por efecto de descomposición de la materia prima por un exceso de temperatura. |
| Contaminación. | Puntos negros que tiene incrustada la pieza por contaminación de partículas u otro material. |

APÉNDICE 3

TERMINOLOGÍA DE MOLDES Y MÁQUINAS DE INYECCIÓN:

CARACTERÍSTICAS Y TERMINOLOGÍA DE MOLDES:

| | |
|----------------------|--|
| Holder o porta molde | Se le llama así a todo el conjunto de placas donde están depositadas las cavidades, formadores, botadores y demás componentes que se necesitan para el correcto funcionamiento del molde. |
| Boquilla | Es el componente del molde donde se va a asentar la nariz del cañón para alimentar las cavidades, esta debe de asentar perfectamente para no tener fugas de material entre esta y el cañón. |
| Cavidad | Es la parte del molde que va a formar el exterior de la pieza, una forma de definir el tamaño del molde es en base al número de cavidades, lo cual nos indica cuantas piezas salen de una sola inyección. |
| Formador | Es la contra de la cavidad, forma el interior de la pieza, ya que en la inyección tenemos que la pieza esta conformada entre el formador y la cavidad y esto es tambien a lo que se le llama espesor de pared. |
| Shot o golpe | Es cuando la máquina realiza un ciclo completo de inyección. |
| Anillo centrador | Es un aro metálico que va situado en el molde en el lado de la platina fija para evitar desfasamientos entre el molde y el cañón lo cual terminaria provocando fugas y un llenado incorrecto del molde. |
| Colada | Es el interior de la boquilla es el punto donde se va a realizar la alimentación de plástico al molde |
| Runner o corredor | Es el canal de distribución del plástico de la colada a cada una de las piezas a inyectar. |
| Manifold | Es un tipo de canal de distribución que tiene incluidas resistencias en su interior y en las boquillas individuales para mantener el material en estado fundente. |

TERMINOLOGIA DE LAS CARACTERISTICAS DE UNA MÁQUINA DE INYECCIÓN DE PLÁSTICOS:

| | |
|--|---|
| Capacidad máxima de inyección en PS | Se maneja como la máxima capacidad de material que puede inyectar la máquina en un solo disparo, se hace referencia al poliestireno ya que es el material más difícil de inyectar |
| Capacidad máxima de presión de inyección | La máxima capacidad en presión es el máximo que nos puede dar la máquina para poder inyectar un material al molde, va de acuerdo al motor que tenga la máquina. |
| Husillo | Tornillo sinfin que regula el paso del material al cilindro de plastificación. |
| Diámetro del husillo | Es el diámetro de este tornillo, depende del material a inyectar para permitir el libre paso sin forzar la capacidad de la máquina. |
| Relación L/D husillo | Es la relación que existe entre el diámetro y el largo del husillo generalmente es de 20:1 |
| Capacidad calorífica del cañón | Es la capacidad calorífica que tienen las resistencias del cañón, no se debe confundir con la máxima temperatura que puede alcanzar. |
| Fuerza de cierre | Es la fuerza de cierre de la platina, de esto depende la máxima presión de inyección. |
| Amplitud de carrera | Es la carrera máxima que puede tener la prensa para poder expulsar libremente la pieza. |
| Máximo claro de la prensa | Es la apertura máxima que tendrá la prensa para el mayor tamaño de molde que puede ser montado en la máquina. |

APENDICE 4

GLOSARIO DE TERMINOLOGÍA GENERAL:

Air mould: Técnica de moldeo por inyección mediante la cual se introduce una descarga de aire o nitrógeno a presión para un óptimo llenado de las cavidades.

Angulo de salida: Inclinación en las paredes de un producto inyectado para permitir la fácil salida de la cavidad y expulsión del formador.

Cámara de aire: Espacio existente entre el producto y el límite del envase ya en su forma final, manejando como el 100% la capacidad total del producto, se toma un porcentaje para el producto y el resto para cámara de aire.

Elastómeros: Comprende los hules naturales y los hules sintéticos y se caracterizan por una elevada elongación del orden entre 200 y 1000%.

Estabilidad dimensional: Capacidad de una parte plástica para retener la forma precisa a la que fue moldeado.

Hidroscópico: Tendencia de un material de absorber humedad.

Moldeo de doble disparo: Inyección de dos colores en una parte termoplástica por medio de operaciones de moldeo sucesivas.

Moldeo por inyección – sople: Proceso de moldeo por sople en el cual el parison es formado por inyección.

Moldeo por sople: Método de fabricación mediante el cual un parison (tubo hueco) es forzado a tomar la forma de una cavidad por medio de aire a presión.

Polietileno: Material termoplástico compuesto por polímeros de etileno, normalmente translúcido y no es afectado por el agua y varias clases de químicos.

Polimerización por adición: Proceso en el cual, bajo condiciones apropiadas de temperatura y presión, las moléculas monoméricas se enlazan entre sí para formar largas cadenas moleculares. Durante esta reacción no se forman productos secundarios o subproductos.

Polimerización por condensación: Proceso en el cual dos o más sustancias simples (monómeros) se combinan bajo condiciones apropiadas de temperatura y presión para formar largas cadenas moleculares. A diferencia de la polimerización por adición, en la polimerización por condensación se forman productos secundarios, tales como agua, ácidos, etcétera, los cuales tienen que ser eliminados.

Rack: Conjunto de 30 goteros alineados mediante dos tubos de PVC y dos tapas de PE que permiten el fácil manejo del producto para su empaque y su manejo en el proceso de llenado y sellado.

Resina acrílica: Resina sintética preparada de ácido acrílico o un derivado.

Termofijo: Son resinas obtenidas también por polimerización o policondensación y pueden ser fundidas una sola vez. Las resinas de este grupo, que se caracterizan por tener una estructura molecular reticulada o entrelazada, se funden inicialmente por la acción del calor, pero enseguida, si se continúa la aplicación de calor, experimentan un cambio químico irreversible, el cual provoca que las resinas se vuelvan infusibles (es decir que no se plastifican).

Termoplástico: Resina con estructura molecular lineal (obtenida por procesos de polimerización o policondensación) que durante el moldeo en caliente no sufren ninguna modificación química.

Validación: Proceso mediante el cual tenemos la garantía que un producto o proceso se encuentra dentro de los parámetros preestablecidos y podemos garantizar la integridad de este producto o proceso.

APENDICE 5

MATERIALES PARA CONSTRUCCION DE MOLDES

| Material | Coefficient of linear expansion ($\text{to} \times 10^{-1}$) | Specific gravity (g/cm^3) | Specific heat ($\text{J}/\text{g K}$) | Thermal conductivity ($\text{J}/\text{cm s K}$) | Temperature conductivity (cm^2/s) |
|----------------------|---|--|--|--|--|
| Aluminium | 22...25.10x10-6 | 2.6...2.7 | 0.21(0.879) | 0.547(2.290) | 0.977 |
| Bronze, 90 Cu, 10 Sn | 18.0x10-6 | 8.76 | 0.92(0.385) | 0.1(0.419) | 0.124 |
| Cast iron, 3%C | 8.6...15x10-6 | 7.6 | 0.115(0.481) | 0.139(0.582) | 0.160 |
| Cast iron, 1%Ni | 9.0...15x10-6 | 7.6 | 0.115(0.481) | 0.119(0.498) | 0.136 |
| Copper | 17.0x10-6 | 8.93 | 0.092(0.385) | 0.939(3.932) | 1.145 |
| Cu/Co/Be alloy | 17.0x10-6 | 8.8 | 0.1(0.419) | 0.439(1.838) | 0.499 |
| Cu/Co/Be alloy | 17.0x10-6 | 8.8 | 0.1(0.419) | 0.211(0.883) | 0.239 |
| Brass, 70 Cu, 30 Zn | 19.0x10-6 | 8.4 | 0.092(0.385) | 0.261(1.093) | 0.339 |
| C 8 W S | 10...14x10-6 | 7.85 | 0.115(0.481) | 0.178(0.745) | 0.197 |
| 105W Mn Cr 6 | 10...14x10-6 | 7.8 | 0.113(0.473) | 0.094(0.393) | 0.107 |
| X 45 Ni Cr Mo 4 | 10...13.8x10-6 | 7.85 | 0.11(0.461) | 0.081(0.339) | 0.094 |
| X 40 Cr 13 | 10.5...12x10-6 | 7.7 | 0.11(0.461) | 0.060(0.251) | 0.064 |
| Zinc | 35.0x10-6 | 7.1 | 0.093(0.389) | 0.300(1.256) | 0.455 |

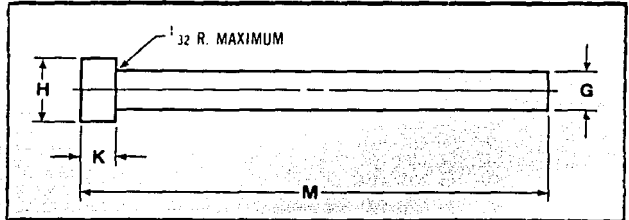
TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

D-M-E Standard Hotwork Ejector Pins

STRAIGHT TYPE

Precision made of superior quality thermal shock resisting hotwork die steel. The heads are hot forged for uniform grain flow to obtain higher tensile strength. The outside diameter is nitrided to a hardness of 65-74 Rc, and liquid honed to minimize wear.

| CATALOG NUMBER | G | H | K | M-6" | M-10" |
|------------------|----------|-----------|-------------|--------|--------|
| | PIN DIA. | HEAD DIA. | HEAD THICK. | G STD. | G STD. |
| EX-3 NO SHOULDER | 3/64 | 1/4 | 1/8 | \$4.40 | — |
| EX-5 NO SHOULDER | 1/16 | 1/4 | 1/8 | 4.10 | — |
| EX-6 NO SHOULDER | 3/64 | 1/4 | 1/8 | 4.10 | — |
| EX-7 NO SHOULDER | 3/32 | 1/4 | 1/8 | 3.70 | \$4.15 |
| EX-3 NO SHOULDER | 3/64 | 1/4 | 1/8 | 3.70 | 4.15 |



For 4", 6", 10" and 14" long Shoulder Type Ejector Pins, see page J-7.

| CATALOG NUMBER | G | H | K | M-6" | | | M-10" | | | M-14" | | | M-18" | | | M-25" | | | M-36" | | |
|----------------|----------|-----------|-------------|---------|---------|------------------|---------|------------------|---------|------------------|--------|------------------|--------|------------------|--------|------------------|--------|------------------|--------|------------------|---|
| | PIN DIA. | HEAD DIA. | HEAD THICK. | G STD. | G STD. | G .005 OVER-SIZE | G STD. | G .005 OVER-SIZE | G STD. | G .005 OVER-SIZE | G STD. | G .005 OVER-SIZE | G STD. | G .005 OVER-SIZE | G STD. | G .005 OVER-SIZE | G STD. | G .005 OVER-SIZE | G STD. | G .005 OVER-SIZE | |
| EX-9 | 1/8 | 1/4 | 1/8 | \$ 2.00 | \$ 2.25 | \$2.35 | \$ 2.60 | \$2.80 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| EX-10 | 3/64 | 1/4 | 1/8 | — | 2.35 | — | 3.00 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| EX-11 | 1/32 | 3/32 | 3/32 | 2.10 | 2.35 | 2.45 | 2.85 | 3.05 | \$ 3.90 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| EX-12 | 1/64 | 1/32 | 3/16 | — | 2.50 | — | 3.10 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| EX-13 | 3/16 | 3/8 | 3/16 | 2.15 | 2.50 | 2.65 | 3.05 | 3.30 | \$ 4.05 | — | — | \$ 5.75 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| EX-14 | 1/64 | 3/8 | 3/16 | — | 2.75 | — | 3.30 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| EX-15 | 7/32 | 13/32 | 3/16 | 2.30 | 2.80 | 2.90 | 3.40 | — | — | — | — | 6.25 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| EX-16 | 1/64 | 13/32 | 3/16 | — | 3.00 | — | 3.70 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| EX-17 | 1/4 | 7/16 | 3/16 | 2.45 | 3.05 | 3.20 | 3.80 | 4.05 | 4.80 | \$ 5.25 | 6.70 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| EX-18 | 1/64 | 7/16 | 1/4 | — | 3.40 | — | 4.10 | — | — | — | — | 7.15 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| EX-19 | 3/32 | 7/16 | 1/4 | 2.80 | 3.55 | 3.65 | 4.25 | — | 5.45 | — | 7.55 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| EX-20 | 1/64 | 1/2 | 1/4 | — | 3.85 | — | 4.75 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| EX-21 | 3/16 | 1/2 | 1/4 | 3.05 | 3.95 | 4.05 | 4.80 | 5.10 | 6.00 | 6.60 | 8.15 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| EX-22 | 1/64 | 3/16 | 1/4 | — | 4.25 | — | 5.30 | — | — | — | 8.85 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| EX-23 | 1/32 | 3/16 | 1/4 | 3.45 | 4.45 | 4.60 | 5.55 | — | — | — | 9.15 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| EX-24 | 3/64 | 3/8 | 1/4 | — | 4.80 | — | 5.95 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| EX-25 | 3/8 | 3/8 | 1/4 | 3.65 | 4.90 | 5.10 | 6.00 | 6.40 | 7.85 | 8.65 | 11.20 | \$29.75 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| EX-27 | 1/32 | 1/16 | 1/4 | 4.05 | 5.45 | 5.70 | 6.90 | — | 9.05 | — | 13.00 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| EX-29 | 3/16 | 1/16 | 1/4 | 4.45 | 6.00 | 6.25 | 7.60 | 8.10 | 10.05 | — | 14.60 | 32.30 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| EX-31 | 1/32 | 3/4 | 1/4 | — | 6.60 | 6.85 | — | — | 11.15 | — | 16.60 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| EX-33 | 1/2 | 3/4 | 1/4 | 5.25 | 7.20 | 7.50 | 9.15 | 9.75 | 12.10 | — | 17.90 | 35.80 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| EX-35 | 3/16 | 3/16 | 1/4 | 6.35 | 8.65 | — | 11.00 | — | 14.40 | — | 20.55 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| EX-37 | 3/8 | 3/8 | 1/4 | 7.35 | 10.10 | — | 12.75 | — | 16.60 | — | 23.20 | 41.50 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| EX-39 | 1/16 | 3/16 | 1/4 | — | 12.00 | — | — | — | 19.60 | — | 27.15 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| EX-41 | 3/4 | 1" | 1/4 | 10.20 | 13.75 | — | 17.45 | — | 22.35 | — | 30.80 | 49.75 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| EX-45 | 1/4 | 1 1/4 | 1/4 | — | 19.05 | — | — | — | 24.50 | — | 39.90 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| EX-47 | 1" | 1 1/4 | 1/4 | 16.10 | 22.40 | — | 28.35 | — | 34.60 | — | 45.45 | 62.30 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

| TOLERANCES | |
|--------------------|------------------|
| Pin Diameter (G) | + .000 - .001 |
| Head Diameter (H) | + .000 - .010 |
| Head Thickness (K) | + .000 - .002 |
| Length (M) | + .375 - .00 |

NOTE:
Unless otherwise specified, pins will be supplied with standard "G" Dimension. If OVERSIZE PINS are desired please specify Catalog Number followed by (.005" Oversize).

***QUANTITY DISCOUNTS**

Discounts apply to current Net Prices. See List Price Adjustment for Net Prices.

600 to 1199 LESS 5%
1200 or more LESS 7%

*Discounts apply to Ejector Pins, Core Pins, Return Pins and Sprue Puller Pins. Standard sizes may be combined on one order for quantity discounts.

WHEN ORDERING, PLEASE SPECIFY:

- Quantity & Catalog Number
- (.005" oversize) if required
- M Dimension (Ejector Pin Length)
- Method of Shipment

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

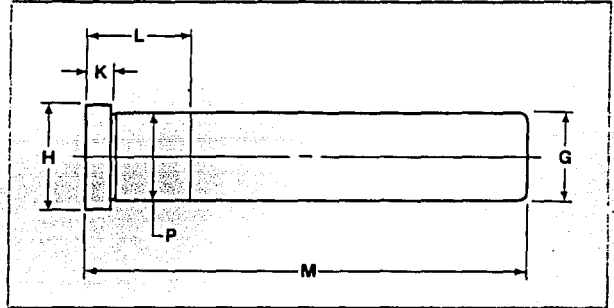
D-M-E Standard Leader Pins

HARDENED AND PRECISION GROUND



GENERAL DIMENSIONS

| NOM. DIA. | G +.0000 -.0005 | H (MAX.) | K | P +.0005 -.0000 |
|-----------|-----------------------|-------------|------|-----------------------|
| 3/4 | .749 | .990 | 3/16 | .751 |
| 7/8 | .874 | 1.115 | 1/4 | .876 |
| 1" | .999 | 1.240 | 5/16 | 1.001 |
| 1 1/4 | 1.249 | 1.490 | 3/8 | 1.251 |
| 1 1/2 | 1.499 | 1.740 | 7/16 | 1.501 |



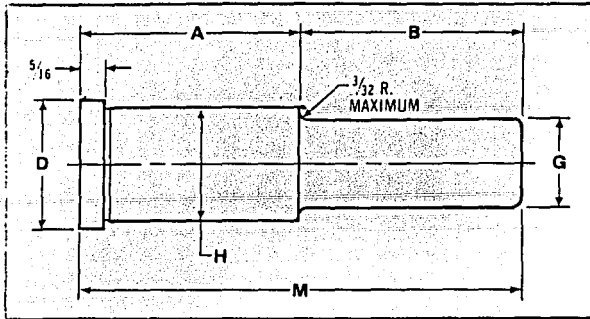
PRICES SHOWN ARE LIST. See List Price Adjustment. Net prices are F.O.B. nearest D-M-E branch.

| M LENGTH +.00 -.06 | G = 3/4 DIA. .749 -.0005 | | | G = 7/8 DIA. .874 -.0005 | | | G = 1" DIA. .999 -.0005 | | | G = 1 1/4 DIA. 1.249 -.0005 | | | G = 1 1/2 DIA. 1.499 -.0005 | | | M LENGTH +.00 -.06 | |
|-----------------------------|-----------------------------|----------------|------------|-----------------------------|----------------|------------|----------------------------|----------------|------------|--------------------------------|----------------|------------|--------------------------------|----------------|------------|-----------------------------|--------|
| | L | CATALOG NUMBER | PRICE EACH | L | CATALOG NUMBER | PRICE EACH | L | CATALOG NUMBER | PRICE EACH | L | CATALOG NUMBER | PRICE EACH | L | CATALOG NUMBER | PRICE EACH | | |
| 1 1/4 | 3/4 | 5000-GL | \$ 7.15 | 7/8 | 5099-GL | \$ 7.45 | 1" | 5198-GL | \$ 7.80 | — | — | — | — | — | — | 1 1/4 | |
| 2 1/4 | 3/4 | 5001-GL | 7.35 | 7/8 | 5100-GL | 7.80 | 1" | 5199-GL | 8.10 | — | — | — | — | — | — | 2 1/4 | |
| 2 3/4 | 3/4 | 5002-GL | 7.60 | 7/8 | 5101-GL | 8.00 | 1" | 5200-GL | 8.50 | 3/4 | 5300-GL | \$ 9.70 | — | — | — | 2 3/4 | |
| 3 1/4 | 3/4 | 5003-GL | 7.80 | 7/8 | 5102-GL | 8.30 | 1" | 5201-GL | 8.95 | 7/8 | 5301-GL | 10.30 | — | — | — | 3 1/4 | |
| 3 3/4 | 3/4 | 5004-GL | 8.00 | 7/8 | 5103-GL | 8.65 | 1" | 5202-GL | 9.25 | 7/8 | 5302-GL | 10.95 | 1 1/4 | 5402-GL | \$12.85 | 3 3/4 | |
| 4 1/4 | 1 1/4 | 5005-GL | 8.20 | 1 1/4 | 5104-GL | 8.95 | 1 1/4 | 5203-GL | 9.70 | 7/8 | 5303-GL | 11.45 | 1 1/4 | 5403-GL | 13.75 | 4 1/4 | |
| 4 3/4 | 1 1/4 | 5006-GL | 8.40 | 1 1/4 | 5105-GL | 9.15 | 1 1/4 | 5204-GL | 10.10 | 1 1/4 | 5304-GL | 12.10 | 1 1/4 | 5404-GL | 14.60 | 4 3/4 | |
| 5 1/4 | 1 1/4 | 5007-GL | 8.75 | 1 1/4 | 5106-GL | 9.45 | 1 1/4 | 5205-GL | 10.40 | 1 1/4 | 5305-GL | 12.70 | 1 1/4 | 5405-GL | 15.45 | 5 1/4 | |
| 5 3/4 | 1 1/4 | 5008-GL | 8.95 | 1 1/4 | 5107-GL | 9.80 | 1 1/4 | 5206-GL | 10.85 | 1 1/4 | 5306-GL | 13.25 | 1 1/4 | 5406-GL | 16.30 | 5 3/4 | |
| 6 1/4 | 1 1/4 | 5009-GL | 9.15 | 1 1/4 | 5108-GL | 10.10 | 1 1/4 | 5207-GL | 11.25 | 1 1/4 | 5307-GL | 13.90 | 1 1/4 | 5407-GL | 17.15 | 6 1/4 | |
| 6 3/4 | 1 1/4 | 5010-GL | 9.35 | 1 1/4 | 5109-GL | 10.40 | 1 1/4 | 5208-GL | 11.55 | 1 1/4 | 5308-GL | 14.50 | 1 1/4 | 5408-GL | 18.10 | 6 3/4 | |
| 7 1/4 | 1 1/4 | 5011-GL | 9.55 | 1 1/4 | 5110-GL | 10.60 | 1 1/4 | 5209-GL | 12.00 | 1 1/4 | 5309-GL | 15.05 | — | — | — | 7 1/4 | |
| 7 3/4 | 1 1/4 | 5012-GL | 9.80 | 1 1/4 | 5111-GL | 10.95 | 1 1/4 | 5210-GL | 12.30 | 1 1/4 | 5310-GL | 15.65 | 1 1/4 | 5410-GL | 19.75 | 7 3/4 | |
| 8 1/4 | — | — | — | 1 1/4 | 5112-GL | 11.25 | 1 1/4 | 5211-GL | 12.70 | 1 1/4 | 5311-GL | 16.30 | — | — | — | 8 1/4 | |
| 8 3/4 | — | — | — | 1 1/4 | 5113-GL | 11.55 | 1 1/4 | 5212-GL | 13.15 | 1 1/4 | 5312-GL | 16.90 | 1 1/4 | 5412-GL | 21.45 | 8 3/4 | |
| 9 1/4 | 1 1/4 | 5015-GL | 10.40 | — | — | — | 1 1/4 | 5213-GL | 13.45 | 1 1/4 | 5313-GL | 17.45 | — | — | — | 9 1/4 | |
| 9 3/4 | — | — | — | — | — | — | 1 1/4 | 5214-GL | 13.90 | 1 1/4 | 5314-GL | 18.10 | 1 1/4 | 5414-GL | 23.20 | 9 3/4 | |
| 10 1/4 | — | — | — | — | — | — | 1 1/4 | 5215-GL | 14.30 | 1 1/4 | 5315-GL | 18.70 | — | — | — | 10 1/4 | |
| 10 3/4 | — | — | — | 1 1/4 | 5117-GL | 12.70 | 1 1/4 | 5216-GL | 14.60 | 1 1/4 | 5316-GL | 19.25 | 1 1/4 | 5416-GL | 24.90 | 10 3/4 | |
| 11 1/4 | — | — | — | — | — | — | 1 1/4 | 5217-GL | 15.05 | 1 1/4 | 5317-GL | 19.85 | — | — | — | 11 1/4 | |
| 11 3/4 | — | — | — | — | — | — | 1 1/4 | 5218-GL | 15.45 | 1 1/4 | 5318-GL | 20.50 | 1 1/4 | 5418-GL | 26.70 | 11 3/4 | |
| 12 1/4 | — | — | — | 1 1/4 | 5120-GL | 13.55 | 1 1/4 | 5219-GL | 15.75 | 1 1/4 | 5319-GL | 21.00 | — | — | — | 12 1/4 | |
| 12 3/4 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 1/4 | 5320-GL | 25.65 | 1 1/4 | 5420-GL | 33.60 | 12 3/4 |
| 13 1/4 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 1/4 | 5322-GL | 27.65 | 1 1/4 | 5422-GL | 36.35 | 13 1/4 |
| 14 1/4 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 1/4 | 5324-GL | 29.65 | 1 1/4 | 5424-GL | 39.20 | 14 1/4 |
| 15 1/4 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 1/4 | 5326-GL | 31.60 | 1 1/4 | 5426-GL | 41.90 | 15 1/4 |

FOR 2", 2 1/2", AND 3" DIAMETER LEADER PINS, SEE PAGE K-6. FOR SHOULDER LEADER PINS, SEE PAGE K-7.
GROOVED LEADER PINS ALSO AVAILABLE ON SPECIAL ORDER.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

D-M-E Standard Shoulder Leader Pins



D-M-E Standard Shoulder Pins are precision made of high quality steel and are hardened and finished ground to close tolerances. The shoulder diameter is of the same size and tolerance to mate with the O.D. of the Standard Shoulder Bushings listed on page K-5. This combination enables moldmakers to line-bore the leader pin and bushing holes.

GENERAL DIMENSIONS

| NOMINAL DIA. | G +.000 -.005 | H +.005 -.000 | D (MAX.) |
|--------------|------------------|------------------|----------|
| 3/8 | .749 | 1.126 | 1.228 |
| 1" | .999 | 1.376 | 1.510 |
| 1 1/4 | 1.249 | 1.626 | 1.791 |

| A +.00 -.03 | B +.00 -.03 | M -.00 -.06 | G = 3/8" DIA. | | G = 1" DIA. | | G = 1 1/4" DIA. | |
|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|------------|----------------|------------|-----------------|------------|
| | | | CATALOG NUMBER | PRICE EACH | CATALOG NUMBER | PRICE EACH | CATALOG NUMBER | PRICE EACH |
| 7/8 | 3/8 | 1 1/4 | A-0707-GL | \$16.15 | — | — | — | — |
| | 1 1/8 | 2 1/4 | A-0713-GL | 16.65 | C-0713-GL | \$17.35 | — | — |
| | 1 1/4 | 2 3/4 | A-0717-GL | 17.15 | C-0717-GL | 18.10 | — | — |
| | 2 1/8 | 3 1/4 | A-0723-GL | 17.65 | — | — | — | — |
| 1 3/8 | 2 1/8 | 3 3/4 | A-0727-GL | 18.15 | C-0727-GL | 19.45 | — | — |
| | 3/8 | 2 1/4 | A-1307-GL | 16.45 | C-1307-GL | 17.20 | — | — |
| | 1 1/8 | 2 3/4 | A-1313-GL | 16.95 | C-1313-GL | 17.85 | D-1313-GL | \$19.00 |
| | 1 1/4 | 3 1/4 | A-1317-GL | 17.45 | C-1317-GL | 18.60 | — | — |
| 1 7/8 | 2 3/8 | 3 3/4 | A-1323-GL | 17.95 | C-1323-GL | 19.35 | D-1323-GL | 20.90 |
| | 2 7/8 | 4 1/4 | A-1327-GL | 18.45 | C-1327-GL | 19.95 | — | — |
| | 3 1/8 | 4 3/4 | A-1333-GL | 18.90 | C-1333-GL | 20.70 | D-1333-GL | 22.90 |
| | 3 7/8 | 5 1/4 | A-1707-GL | 16.75 | C-1707-GL | 17.70 | — | — |
| 1 7/8 | 1 3/8 | 3 1/4 | A-1713-GL | 17.30 | C-1713-GL | 18.40 | D-1713-GL | 19.75 |
| | 1 1/2 | 3 3/4 | A-1717-GL | 17.75 | C-1717-GL | 19.15 | D-1717-GL | 20.70 |
| | 2 1/8 | 4 1/4 | A-1723-GL | 18.30 | C-1723-GL | 19.85 | D-1723-GL | 21.65 |
| | 2 1/4 | 4 3/4 | A-1727-GL | 18.75 | C-1727-GL | 20.50 | D-1727-GL | 22.60 |
| 2 3/8 | 3 1/8 | 5 1/4 | A-1733-GL | 19.25 | C-1733-GL | 21.25 | D-1733-GL | 23.65 |
| | 3 1/4 | 5 3/4 | A-1737-GL | 19.65 | C-1737-GL | 21.85 | D-1737-GL | 24.50 |
| | 3 7/8 | 6 1/4 | A-2307-GL | 17.10 | — | — | — | |
| | 1 3/8 | 3 3/4 | A-2313-GL | 17.60 | C-2313-GL | 18.90 | D-2313-GL | 20.50 |
| 2 3/8 | 2 1/4 | 4 1/4 | A-2317-GL | 18.10 | C-2317-GL | 19.65 | D-2317-GL | 21.45 |
| | 2 3/8 | 4 3/4 | A-2323-GL | 18.60 | C-2323-GL | 20.40 | D-2323-GL | 22.40 |
| | 2 7/8 | 5 1/4 | A-2327-GL | 19.05 | C-2327-GL | 21.00 | D-2327-GL | 23.35 |
| | 3 1/8 | 5 3/4 | — | — | C-2333-GL | 21.75 | D-2333-GL | 24.40 |
| 2 3/8 | 3 1/4 | 6 1/4 | A-2337-GL | 19.95 | C-2337-GL | 22.40 | D-2337-GL | 25.20 |

| A +.00 -.03 | B +.00 -.03 | M -.00 -.06 | G = 3/8" DIA. | | G = 1" DIA. | | G = 1 1/4" DIA. | |
|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|------------|----------------|------------|-----------------|------------|
| | | | CATALOG NUMBER | PRICE EACH | CATALOG NUMBER | PRICE EACH | CATALOG NUMBER | PRICE EACH |
| 2 7/8 | 1 3/8 | 4 1/4 | A-2713-GL | \$17.90 | C-2713-GL | \$19.45 | — | — |
| | 1 1/2 | 4 3/4 | A-2717-GL | 18.40 | C-2717-GL | 20.20 | D-2717-GL | \$22.15 |
| | 2 1/8 | 5 1/4 | A-2723-GL | 18.90 | C-2723-GL | 20.90 | D-2723-GL | 23.10 |
| | 2 1/4 | 5 3/4 | A-2727-GL | 19.40 | C-2727-GL | 21.55 | D-2727-GL | 24.05 |
| | 2 3/8 | 6 1/4 | — | — | C-2733-GL | 22.30 | D-2733-GL | 25.10 |
| | 2 7/8 | 6 3/4 | A-2737-GL | 20.30 | C-2737-GL | 22.90 | D-2737-GL | 25.95 |
| 3 3/8 | 4 1/8 | 7 1/4 | — | — | C-2743-GL | 23.65 | D-2743-GL | 27.00 |
| | 1 1/2 | 5 1/4 | A-3317-GL | 18.70 | C-3317-GL | 20.70 | D-3317-GL | 22.90 |
| | 2 1/8 | 5 3/4 | A-3323-GL | 19.25 | C-3323-GL | 21.45 | D-3323-GL | 23.85 |
| | 2 1/4 | 6 1/4 | — | — | C-3327-GL | 22.05 | D-3327-GL | 24.80 |
| | 3 1/8 | 6 3/4 | A-3333-GL | 20.20 | C-3333-GL | 22.80 | D-3333-GL | 25.85 |
| | 4 1/8 | 7 3/4 | — | — | C-3343-GL | 24.15 | D-3343-GL | 27.75 |
| 3 7/8 | 2 3/8 | 6 1/4 | A-3723-GL | 19.55 | C-3723-GL | 21.95 | D-3723-GL | 24.60 |
| | 2 7/8 | 6 3/4 | A-3727-GL | 20.00 | C-3727-GL | 22.60 | D-3727-GL | 25.55 |
| | 3 1/8 | 7 1/4 | — | — | — | — | D-3733-GL | 26.60 |
| | 3 1/4 | 7 3/4 | — | — | C-3737-GL | 23.95 | D-3737-GL | 27.40 |
| | 4 1/8 | 8 1/4 | — | — | C-3747-GL | 25.45 | D-3747-GL | 29.50 |
| | 4 1/4 | 8 3/4 | — | — | C-4327-GL | 23.10 | D-4327-GL | 26.25 |
| 4 3/8 | 3 3/8 | 7 3/4 | — | — | — | — | D-4333-GL | 27.30 |
| | 3 7/8 | 8 1/4 | — | — | C-4337-GL | 24.50 | D-4337-GL | 28.15 |
| | 4 1/8 | 8 3/4 | — | — | C-4343-GL | 25.20 | — | — |
| | 4 1/4 | 9 1/4 | — | — | — | — | D-4347-GL | 30.25 |
| | 4 3/8 | 9 3/4 | — | — | C-4737-GL | 25.00 | D-4737-GL | 28.90 |
| | 4 7/8 | 10 1/4 | — | — | C-4743-GL | 25.75 | D-4743-GL | 29.95 |
| 4 7/8 | 4 1/4 | 9 3/4 | — | — | C-4747-GL | 26.50 | D-4747-GL | 31.00 |
| | 4 3/4 | 10 1/4 | — | — | — | — | D-4757-GL | 33.00 |
| | 5 1/8 | 10 3/4 | — | — | C-5737-GL | 26.05 | D-5737-GL | 30.35 |
| | 5 1/4 | 11 1/4 | — | — | — | — | D-5743-GL | 31.40 |
| | 5 1/8 | 11 3/4 | — | — | C-5747-GL | 27.55 | D-5747-GL | 32.45 |
| | 5 3/8 | 12 1/4 | — | — | C-5757-GL | 28.90 | D-5757-GL | 34.45 |

GROOVED LEADER PINS ALSO AVAILABLE ON SPECIAL ORDER.

TRADE COPY
FALLS DE ORIGIN

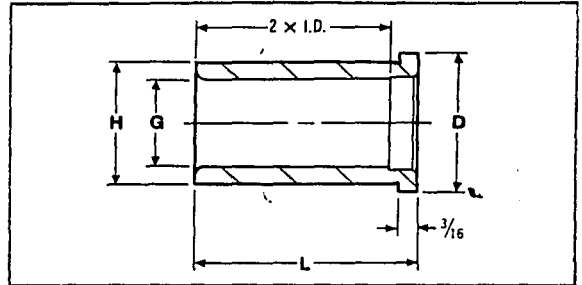


D-M-E Standard Shoulder Bushings

HARDENED AND PRECISION GROUND

GENERAL DIMENSIONS

| NOMINAL I.D. | G +.0005 -.0000 | H +.0005 -.0000 | D (MAX.) |
|--------------|--------------------|--------------------|----------|
| 3/4 | .7505 | 1.1255 | 1.302 |
| 7/8 | .8755 | 1.2505 | 1.427 |
| 1" | 1.0005 | 1.3755 | 1.552 |
| 1 1/4 | 1.2505 | 1.6255 | 1.802 |
| 1 1/2 | 1.5005 | 2.0005 | 2.177 |



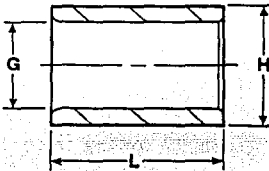
| L LENGTH +.00 -.06 | G = 3/4 I.D. .7505 +.0005 -.0000 | | G = 7/8 I.D. .8755 +.0005 -.0000 | | G = 1" I.D. 1.0005 +.0005 -.0000 | | G = 1 1/4 I.D. 1.2505 +.0005 -.0000 | | G = 1 1/2 I.D. 1.5005 +.0005 -.0000 | | L LENGTH +.00 -.06 |
|--------------------------|---|------------|---|------------|---|------------|--|------------|--|------------|--------------------------|
| | CATALOG NUMBER | PRICE EACH | CATALOG NUMBER | PRICE EACH | CATALOG NUMBER | PRICE EACH | CATALOG NUMBER | PRICE EACH | CATALOG NUMBER | PRICE EACH | |
| 3/4 | 5700 | \$ 8.50 | 5710 | \$ 8.75 | 5730 | \$ 8.85 | 5750 | \$ 9.15 | 5770 | \$ 9.90 | 3/4 |
| 1 1/8 | 5701 | 9.25 | 5711 | 9.45 | 5731 | 9.90 | 5751 | 10.20 | 5771 | 11.45 | 1 1/8 |
| 1 1/4 | 5702 | 10.00 | 5712 | 10.30 | 5732 | 10.60 | 5752 | 11.25 | 5772 | 12.95 | 1 1/4 |
| 1 3/8 | 5703 | 10.75 | 5713 | 11.15 | 5733 | 11.55 | 5753 | 12.40 | 5773 | 14.50 | 1 3/8 |
| 1 1/2 | 5704 | 11.55 | 5714 | 12.00 | 5734 | 12.50 | 5754 | 13.45 | 5774 | 16.00 | 1 1/2 |
| 1 5/8 | 5705 | 12.30 | 5715 | 12.85 | 5735 | 13.45 | 5755 | 14.60 | 5775 | 17.55 | 1 5/8 |
| 1 3/4 | 5706 | 13.05 | 5716 | 13.65 | 5736 | 14.30 | 5756 | 15.65 | 5776 | 19.15 | 1 3/4 |
| 1 7/8 | 5707 | 13.75 | 5717 | 14.50 | 5737 | 15.25 | 5757 | 16.70 | 5777 | 20.60 | 1 7/8 |
| 2" | 5708 | 14.50 | 5718 | 15.35 | 5738 | 16.20 | 5758 | 17.85 | 5778 | 22.15 | 2" |
| 2 1/8 | 5709 | 16.00 | 5720 | 17.05 | 5740 | 17.95 | 5760 | 20.05 | 5780 | 25.20 | 2 1/8 |

FOR 2", 2 1/2" AND 3" I.D. SHOULDER BUSHINGS, SEE PAGE K-6.
FOR BRONZE PLATED STRAIGHT AND SHOULDER BUSHINGS, SEE PAGE K-8.



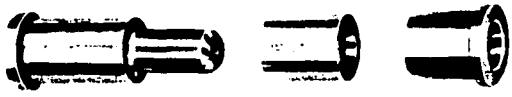
D-M-E Standard Straight Bushings

HARDENED AND PRECISION GROUND



| NOM. I.D. | G +.0005 -.0000 | L +.00 -.06 LENGTH | H +.0005 -.0000 | CATALOG NUMBER | PRICE EACH |
|-----------|--------------------|--------------------------|--------------------|----------------|------------|
| 3/4 | .7505 | 3/8 | 1.1255 | 5500 | \$ 8.65 |
| | | 1 1/4 | 1.1255 | 5501 | 9.25 |
| 7/8 | .8755 | 1 1/8 | 1.2505 | 5502 | 9.45 |
| | | 1" | 1.3755 | 5503 | 9.70 |
| 1" | 1.0005 | 1 1/4 | 1.6255 | 5504 | 10.10 |
| | | 1 1/2 | 1.6255 | 5505 | 10.95 |
| 1 1/4 | 1.5005 | 1" | 2.0005 | 5506 | 11.55 |
| | | 1 1/4 | 2.0005 | 5507 | 13.05 |
| 2" | 2.0005 | 3 1/4 | 2.5005 | 5508 | 21.85 |
| 2 1/4 | 2.5005 | 4 1/4 | 3.2505 | 5509 | 42.25 |
| 3" | 3.0005 | 4 1/4 | 3.7505 | 5510 | 48.30 |

TESIS CUM
FALLA DE BELGEM

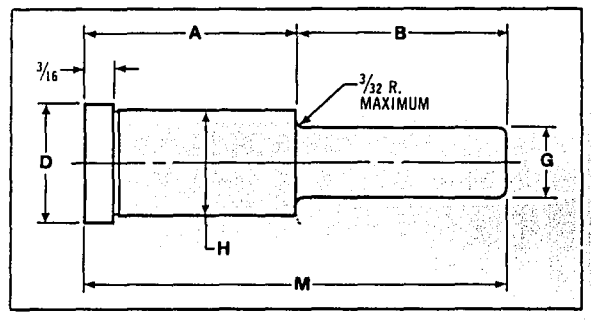


D-M-E Standard Shoulder Leader Pins and Bushings

FOR 45R, 56N & 58N, 56U & 58U AND 68SH MOLD ASSEMBLIES

SHOULDER LEADER PINS

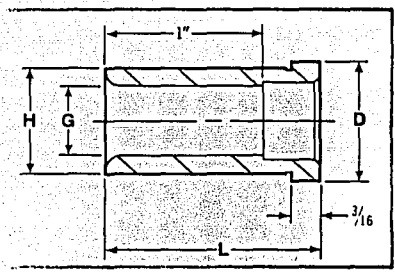
Shoulder diameter is of the same size and tolerance to match with the O.D. of Standard D-M-E Shoulder Bushings listed below.



| A +.00 -.03 | B +.00 -.03 | M +.00 -.06 | G = 1/2 DIA. | | G = 1/2 DIA. | |
|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|------------|----------------|------------|
| | | | CATALOG NUMBER | PRICE EACH | CATALOG NUMBER | PRICE EACH |
| 7/8 | 7/8 | 1 3/4 | S-0707 | \$15.45 | T-0707 | \$15.45 |
| | 1 3/8 | 2 1/4 | S-0713 | 15.85 | T-0713 | 15.85 |
| | 1 7/8 | 2 3/4 | S-0717 | 16.40 | T-0717 | 16.40 |
| | 2 3/8 | 3 1/4 | S-0723 | 16.80 | T-0723 | 16.80 |
| 1 3/8 | 7/8 | 2 1/4 | S-1307 | 15.75 | T-1307 | 15.75 |
| | 1 3/8 | 2 3/4 | S-1313 | 16.30 | T-1313 | 16.30 |
| | 1 7/8 | 3 1/4 | S-1317 | 16.70 | T-1317 | 16.70 |
| 1 7/8 | 7/8 | 2 3/4 | S-1707 | 16.10 | T-1707 | 16.10 |
| | 1 3/8 | 3 1/4 | S-1713 | 16.60 | T-1713 | 16.60 |
| | 1 7/8 | 3 3/4 | S-1717 | 17.05 | T-1717 | 17.05 |
| 2 3/8 | 7/8 | 3 1/4 | S-2307 | 16.50 | T-2307 | 16.50 |
| 2 7/8 | 1 3/8 | 4 1/4 | S-2713 | 17.25 | T-2713 | 17.25 |
| | - | - | - | - | - | - |

GENERAL DIMENSIONS

| NOM. DIA. | G +.0000 -.0008 | H +.0005 -.0000 | D (MAX.) |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| 1/2 | .488 | .751 | .853 |
| 1 1/2 | .530 | .751 | .853 |



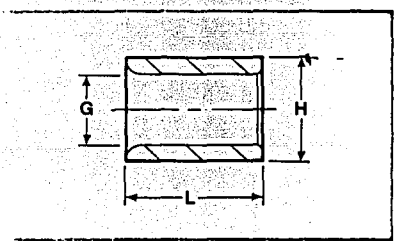
SHOULDER BUSHINGS

| L +.00 -.06 | G = 1/2 DIA. | | G = 1/2 DIA. | |
|-------------------|----------------|------------|----------------|------------|
| | CATALOG NUMBER | PRICE EACH | CATALOG NUMBER | PRICE EACH |
| 7/8 | S-5690 | \$ 9.25 | T-5690 | \$ 9.25 |
| 1 3/8 | S-5691 | 10.30 | T-5691 | 10.30 |
| 1 7/8 | S-5692 | 11.45 | T-5692 | 11.45 |
| 2 3/8 | S-5693 | 12.50 | T-5693 | 12.50 |

Made of the finest quality steel. Hardened and precision ground to reduce wear and give longer life.

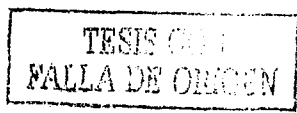
GENERAL DIMENSIONS

| NOM. I.D. | G +.0005 -.0008 | H +.0005 -.0000 | D (MAX.) |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| 1/2 | .500 | .7506 | .853 |
| 1 1/2 | .531 | .7506 | .853 |



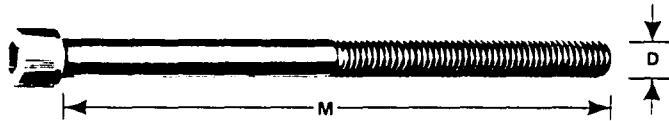
STRAIGHT BUSHINGS

| L +.00 -.06 | G = 1/2 DIA. | | G = 1/2 DIA. | |
|-------------------|----------------|------------|----------------|------------|
| | CATALOG NUMBER | PRICE EACH | CATALOG NUMBER | PRICE EACH |
| 7/8 | S-5498 | \$10.00 | T-5498 | \$10.00 |
| 1 3/8 | S-5499 | 10.30 | T-5499 | 10.30 |



D-M-E Standard Socket Head Cap Screws

UP TO 12" LONG



High grade alloy steel, heat treated to 38-45 Rc.
Tensile strength: 180,000 psi minimum.

PRICES SHOWN ARE LIST PER 100 PIECES.

| D = DIAMETER OF SCREWS | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------------------------------|----|
| | No. 6 | No. 8 | No. 10 | ¼ | ⅜ | ½ | ⅝ | ¾ | 1 | | | |
| DECIMAL EQUIVALENT | .138 | .164 | .190 | .250 | .3125 | .375 | .500 | .625 | .750 | 1.000 | DECIMAL EQUIVALENT | |
| THREADS PER INCH NATIONAL COARSE | 32 | 32 | 24 | 20 | 18 | 16 | 13 | 11 | 10 | 8 | THREADS PER INCH NATIONAL COARSE | |
| M = LENGTH UNDER THE HEAD | ¼ | \$ 9.50 | \$ 9.50 | | | | | | | | ¼ | |
| | ⅜ | 9.90 | 9.90 | \$ 9.90 | \$ 10.20 | \$ 12.60 | | | | | ⅜ | |
| | ½ | 10.00 | 10.10 | 10.10 | 10.80 | 13.00 | \$ 15.70 | \$ 34.30 | | | ½ | |
| | ⅝ | 10.20 | 10.40 | 10.60 | 11.20 | 13.20 | 16.30 | 36.30 | | | ⅝ | |
| | ¾ | 10.90 | 11.30 | 11.20 | 12.10 | 14.10 | 16.70 | 38.20 | | | ¾ | |
| | ⅞ | 11.80 | 12.00 | 12.10 | 12.50 | 15.00 | 17.80 | 40.80 | | | ⅞ | |
| | 1 | 13.00 | 13.20 | 13.10 | 14.00 | 16.10 | 19.10 | 43.20 | \$ 83.90 | | | 1 |
| | 1¼ | | 14.60 | 14.50 | 14.90 | 17.30 | 20.80 | 45.90 | 90.80 | | | 1¼ |
| | 1½ | | 15.90 | 15.80 | 16.70 | 19.00 | 22.80 | 52.40 | 96.00 | | | 1½ |
| | 1¾ | | | 17.50 | 17.80 | 20.50 | 25.90 | 57.10 | 104.40 | | | 1¾ |
| | 2 | | | 19.30 | 19.60 | 22.50 | 28.00 | 61.40 | 111.50 | \$188.10 | \$366.90 | 2 |
| | 2¼ | | | | 24.10 | 27.60 | 34.40 | 67.80 | 117.30 | 196.90 | | 2¼ |
| | 2½ | | | | 26.90 | 30.20 | 37.80 | 72.30 | 123.50 | 205.40 | 417.50 | 2½ |
| | 2¾ | | | | 32.60 | 41.20 | 50.70 | 83.50 | 139.40 | 241.20 | | 2¾ |
| | 3 | | | | 35.90 | 47.60 | 55.30 | 89.00 | 145.50 | 256.60 | 463.70 | 3 |
| | 3¼ | | | | | 57.20 | 66.20 | 95.40 | 151.30 | 272.30 | | 3¼ |
| | 3½ | | | | | 64.10 | 75.90 | 102.40 | 158.80 | 287.90 | 512.80 | 3½ |
| | 4 | | | | | | 89.00 | 123.90 | 175.40 | 305.70 | 613.30 | 4 |
| | 4½ | | | | | | 103.60 | 143.30 | 225.60 | 335.40 | | 4½ |
| | 5 | | | | | | 124.90 | 158.70 | 243.80 | 365.40 | 771.30 | 5 |
| | 5¼ | | | | | | | 218.10 | | | | 5¼ |
| | 5½ | | | | | | | 173.60 | 256.80 | 394.90 | 845.10 | 5½ |
| | 5¾ | | | | | | | 222.50 | | | | 5¾ |
| | 6 | | | | | | 172.30 | 188.40 | 277.90 | 424.80 | 919.00 | 6 |
| 6½ | | | | | | | 282.30 | 418.70 | 553.00 | 1151.50 | 6½ | |
| 7 | | | | | | | 321.30 | 492.70 | 623.50 | 1299.00 | 7 | |
| 7½ | | | | | | | 341.70 | 1006.55 | | | 7½ | |
| 8 | | | | | | | 402.30 | 585.90 | 779.70 | 1593.80 | 8 | |
| 9 | | | | | | | 640.30 | | | | 9 | |
| 10 | | | | | | | 654.15 | 910.90 | 920.55 | | 10 | |
| 12 | | | | | | | 1064.80 | 1288.60 | 1412.50 | | 12 | |
| MAX. HEAD DIAMETER | .226 | .270 | ⅜ | ¼ | 1½ | ⅜ | ¾ | ⅝ | 1½ | 1½ | MAX. HEAD DIAMETER | |
| MAX. HEAD HEIGHT | .138 | .164 | .190 | ¼ | ⅜ | ¾ | ½ | ¾ | ¾ | 1 | MAX. HEAD HEIGHT | |
| SIZE OF HEX. HOLE | ⅜ | ⅜ | ⅜ | ⅜ | ¼ | ⅜ | ¾ | ½ | ¾ | ¾ | SIZE OF HEX. HOLE | |

M = LENGTH UNDER THE HEAD

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

LIBROS:

ENGINEERING DESIGN A MATERIALS AND PROCESSING APPROACH

George E. Dieter
Editorial Mc Graw Hill

POLYMERIC MATERIALS AND PROCESING

Plastics, elastomers and composites
Jean-Michael Charmer
Editorial Hanser Publishers

INJECTION MOLDS (102 PROVEN DESIGNS)

Gastrow
Editorial Hanser Publishers

INJECTION MOLDING MACHINES (A USER'S GUIDE)

F. Johannaber
Editorial Hanser Publishers

MOLD MAKING HANDBOOK FOR THE PLASTIC ENGINEER

Edited by Klaus Stoeckhert
Editorial Hanser Publishers

ENCYCLOPEDIA HANDBOOK

Modern Plastics Magazine
Editorial Mc Graw Hill

THE WAY THINGS WORK (I-II)

Simon and Shuster
Editorial N. York

MOLDES Y MÁQUINAS PARA LA TRANSFORMACIÓN DE PLÁSTICOS

Gianni Bodini, Franco Cacchi Pessani
Editorial Mc Graw Hill.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MANUALES:

MOLDING SYSTEMS AND SPECIALIZED TOOLING FOR THE PLASTICS INDUSTRIES

INFORMACION TECNICA

CELANESE Mexicana

Hoechst CELANESE

PRODUCT INFORMATION AND RESOURCES

GE Plastics

RESIRENE INFORMACION TECNICA

ENCYCLOPEDIA 97

Modern Plastics Magazine

DME

Manufacturers of Standard Mold, Bases, Mold Makers Supplies and Molding Systems.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN