



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

DISEÑO DE UN MOLDE PARA LA OBTENCION DE UNA  
CARCASA DE TRANSMISION DE LAVADORA MEDIANTE  
INYECCION DE ALUMINIO.

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

P R E S E N T A :

**HIRAM RAMIREZ RUIZ**

ASESOR: M.I. FELIPE DIAZ DEL CASTILLO RODRIGUEZ



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES**

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES-CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

**DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO**  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

\_\_\_\_\_ Diseño de un molde para la obtención de una carcasa  
\_\_\_\_\_ de Transmisión de Lavadora mediante inyección de --  
\_\_\_\_\_ Aluminio.  
que presenta el pasante: Hiram Ramírez Ruiz.  
con número de cuenta: 9852191-9 para obtener el título de  
\_\_\_\_\_ Ingeniero Mecánico Electricista.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 15 de ABRIL de 2004

PRESIDENTE	Ing. Filiberto Leyva Piña.	
VOCAL	Ing. Alejandro Martínez Moncada.	
SECRETARIO	M.I. Felipe Díaz del Castillo Rodríguez	
PRIMER SUPLENTE	Ing. José Castillo Sánchez.	
SEGUNDO SUPLENTE	Ing. Eusebio Reyes Carranza	

## AGRADEZCO PROFUNDAMENTE:

A Dios, por darme esta vida tan maravillosa, por darme esta familia y por darme la oportunidad de estudiar en esta gran universidad.

A mi mamá Miner y mi papá Mario, por el gran amor que me tienen, por el gran apoyo y ejemplo que siempre recibo de ustedes, por ser la fuente de inspiración para lograr esta meta, gracias a ustedes lo he logrado.

A mi hermano Karim, por su gran ejemplo de solidaridad, de apoyo y de ganas de realizar las cosas, sin tu ayuda hubiera sido muy difícil cumplir esta meta.

A toda mi Familia, porque he aprendido muchas cosas de cada uno de ustedes, tanto por el lado de mi papá, como de mi mamá; y en especial a esa parte de mi familia con la que he convivido siempre, por su amor y apoyo Lety, Leobas, Vanesa, Leo, Juaner, Mayra, Eloy, Paty, Lluvia, Cesar, Brisa, Azul, a todos muchas, muchas gracias.

A Tayde, por su gran amor, complicidad, su fuerza y ejemplo de lucha.

A mi asesor el M.I. Felipe Díaz del Castillo Rodríguez, por su gran apoyo y enseñanza para la realización de este trabajo.

A mi UNIVERSIDAD, por todo lo que me ha dado, porque siempre estaré en deuda con ella y porque ha sido y seguirá siendo mi casa.

A todos mis amigos dentro y fuera de la FESC, por ese gran apoyo y lealtad.

## ÍNDICE

	Pag.
<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>4</b>
<b>CAPITULO 1</b>	
<b>PROCESOS DE FUNDICIÓN.</b>	
1.1 Fundición en arena	7
1.2 Fundición en concha o moldeo en concha	8
1.3 Fundición al vacío	9
1.4 Proceso de fundición con poliestireno expandido	11
1.5 Fundición por revestimiento	12
<b>CAPITULO 2</b>	
<b>PROCESOS DE FUNDICIÓN EN MOLDE PERMANENTE.</b>	
2.1 Fundición a baja presión	17
2.2 Fundición con molde permanente al vacío	18
2.3 Fundición a presión (en troquel)	18
<b>CAPITULO 3</b>	
<b>PARAMETROS DE DISEÑO DE UN MOLDE.</b>	
3.1 Calculo de la fuerza de cierre	23
3.1.1 Calculo del área máxima utilizable del plano de partición en base a la fuerza de cierre y a la presión de inyección recomendadas	23
3.1.2 Calculo de la sección de ataque	23
3.1.3 Disposición de las piezas en el molde, selección del marco del molde y de la placa de cavidades	24
3.1.4 Calculo de la sección del canal de alimentación	26
3.2 Fundamentos sobre el diseño de moldes para fundición	28
3.3 Recomendaciones	35
3.3.1 Recomendaciones para cuando sea necesario obtener las piezas con insertos metálicos que pueden ponerse dentro del molde y fundir en conjunto con la pieza	35

3.3.2 Diseño de piezas con espesores no uniformes	40
3.4 Rebabeo	41
3.5 Tolerancias	43

**CAPITULO 4**  
**DISEÑO DEL MOLDE.**

4.1 Producción mensual o anual requerida	45
4.2 Aleación a utilizar	45
4.3 Tamaño y modelo de la maquina	48
4.4 Calculo de área máxima utilizable del plano de partición en base a la fuerza de cierre y a la presión de inyección recomendadas	48
4.5 Calculo de la sección de ataque	49
4.6 Calculo de la fuerza de cierre necesaria	50
4.7 Selección de los corazones fijos	51
4.8 Expulsión de la pieza de molde	51
4.9 Refrigeración del molde	52
4.10 Selección del acero para fabricar el molde	53
4.11 Distribución del molde	53

<b>CONCLUSIONES</b>	<b>55</b>
---------------------	-----------

<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>56</b>
---------------------	-----------

## INTRODUCCION.

En el proceso de fundición el metal fundido fluye por gravedad u otra fuerza dentro de un molde donde se solidifica y toma la forma de la cavidad del molde. El termino fundición se aplica también a la parte resultante de este proceso. Es uno de los mas antiguos procesos de formado que se remonta 6 mil años atrás. El principio de la fundición es simple: se funde el metal, se vacía en un molde y se deja enfriar; hay todavía muchos factores y variables que se deben considerar para lograr una operación exitosa de fundición.

La fundición incluye la fundición de lingotes y la fundición de formas. El termino lingotes se asocia usualmente con las industrias de metales primarios; describe una fundición grande de forma simple, diseñada para volver a formarse en procesos subsiguientes como laminado o forjado. La fundición de formas involucra la producción de piezas complejas que se aproximan mas a la forma final deseada del producto.

Existen diversos métodos para la fundición de formas, lo cual hace de este proceso uno de los mas versátiles en manufactura. Sus posibilidades y ventajas son las siguientes:

- La fundición se puede usar para crear partes de compleja geometría, incluyendo formas externas e internas.
- Algunos procesos de fundición pueden producir partes de forma neta, que no requieren operaciones subsecuentes para llenar los requisitos de la geometría y dimensiones de la parte.
- Se puede usar la fundición para producir partes muy grandes. Se han fabricado fundiciones que pesan más de 100 toneladas.
- El proceso de fundición puede realizarse en cualquier metal que pueda calentarse y pasar al estado líquido.

- Algunos métodos de fundición son altamente adaptables a la producción en masa.

No obstante, también hay desventajas asociadas con la fundición y sus diferentes métodos. Estas incluyen las limitaciones de algunos procesos en las propiedades mecánicas como porosidad, baja precisión dimensional y acabado deficiente de la superficie, también hay riesgos en la seguridad de los trabajadores durante el procesamiento y problemas ambientales.

Las partes de fundición fluctúan en tamaño, desde pequeños componentes que pesan solamente unas cuantas onzas hasta grandes productos de más de 100 toneladas. La lista incluye coronas dentales, joyería, estatuas, estufas de hierro fundido, bloques y cabezas para motores automotrices, bases para máquinas, ruedas de ferrocarril, sartenes para freír, tubos y carcasas para bombas. Se pueden fundir todas las variedades de metales ferrosos y no ferrosos.

La fundición también puede utilizarse en otros materiales como polímeros y cerámicos.

Los procesos de fundición de metal se dividen en dos categorías de acuerdo al tipo de molde, 1) moldes desechables y 2) moldes permanentes. En las operaciones de fundición con molde desechable, este se destruye para remover la parte fundida. Como se requiere un nuevo molde por cada nueva fundición, las velocidades de producción en procesos de molde desechable son limitadas, mas a causa del tiempo que se requiere para hacer el molde que al tiempo para hacer la fundición.

Sin embargo, para ciertas partes se pueden producir moldes y fundiciones a velocidades de 400 partes por hora o mayores. En los procesos de moldeo permanente como el que vamos a realizar, el molde se fabrica con metal (u otro material durable) que permite usarlos en repetidas operaciones de fundición.

En consecuencia, estos procesos tiene una ventaja natural para mayores velocidades de producción.

En el presente trabajo se tratara de un molde permanente, el cual después de que se posiciona el corazón, (si es el caso) y las dos mitades se cierran, se ejecuta la fundición. Esta consiste en vaciar, solidificar y dejar enfriar la pieza de fundición.

El sistema de vaciado y la mazarota del molde se deben diseñar para que alimenten metal liquido a la cavidad y mantengan una reserva suficiente de metal fundido durante la solidificación y contracción. El aire y los gases deben dejarse escapar.

Un riesgo durante el vaciado es que la fuerza de flotación del metal fundido pueda mover al corazón de su lugar.

En el capitulo 1, se describen los diferentes procesos de fundición, como son la fundición en arena, en concha, al vacío, con poliestireno expandido y por revestimiento.

En el capitulo 2, observaremos los diferentes procesos de fundición, en molde permanente, que es el proceso que se verá ampliamente en este trabajo.

En el capitulo 3, obtendremos todos los parámetros y cálculos necesarios para la fundición en molde permanente, tanto sus ventajas, como sus recomendaciones.

En el capitulo 4, nos enfocaremos en el caso practico de esta tesis, obtendremos todos los cálculos y parámetros necesarios, para realizar la fundición de la carcasa de transmisión de lavadora mediante inyección de aluminio, así como sus planos.

## **OBJETIVOS.**

-Diseñar un molde para inyección de aluminio a presión, así como sus características y datos técnicos de dicho molde.

-Mostrar los diferentes procesos de fundición, así como los diversos factores y variables que se deben considerar para lograr una operación exitosa de fundición.

# CAPITULO 1

## PROCESOS DE FUNDICIÓN EN MOLDE DESECHABLE.

La revisión de este proceso empieza lógicamente con el molde. El molde contiene una cavidad cuya forma geométrica determina la forma de la parte a fundir. La cavidad debe diseñarse de forma y tamaño ligeramente sobredimensionado, esto permitirá la contracción del metal durante la solidificación y enfriamiento.

Cada metal sufre diferente porcentaje de contracción, por tanto, si la precisión dimensional es crítica, la cavidad debe diseñarse para el metal en particular que se va a fundir. Los moldes se hacen de varios materiales que incluyen arena, yeso, cerámica y metal.

Los procesos de fundición se clasifican frecuentemente de acuerdo a los diferentes tipos de moldes.

En una operación de fundición, se calienta primero el metal a una temperatura lo suficientemente alta para transformarlo completamente al estado líquido. Después se vierte directamente en la cavidad del molde. En un molde abierto, figura 1.1 (a), el metal líquido se vacía simplemente hasta llenar la cavidad abierta.

En un molde cerrado, figura 1.1 (b), una vía de paso llamada sistema de vaciado que permite el flujo del metal fundido desde fuera del molde hasta la cavidad. El molde cerrado es la forma mas importante de producción en operaciones de fundición.

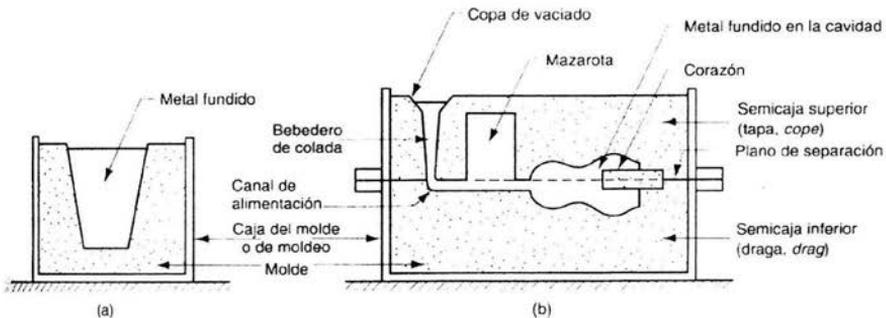


Figura 1.1 Dos formas de molde: (a) molde abierto, simplemente un recipiente con la forma de la parte de fundición; y (b) molde cerrado, de forma mas compleja que requiere un sistema de vaciado conectado con la cavidad.

Tan pronto como el material fundido en el molde empieza a enfriarse, y conforme desciende la temperatura lo suficiente, empieza la solidificación que involucra un cambio de fase del metal. Se requiere tiempo para completar este cambio de fase, porque es necesario disipar una considerable cantidad de calor. Durante este proceso, el metal adopta la forma de la cavidad del molde y se establecen muchas propiedades y características de la fundición.

Una vez que la fundición se ha enfriado lo suficiente, se remueve del molde. Pueden necesitarse procesamientos posteriores, dependiendo del método de fundición y del metal que se usa. Entre estos se encuentran el desbaste del metal excedente de la fundición, la limpieza de la superficie, la inspección del producto y el tratamiento térmico para mejorar sus propiedades. Además, puede requerirse maquinado para lograr tolerancias estrechas en ciertas partes de la pieza y para remover la superficie fundida y la micro estructura metalúrgica asociada.

Los procesos de fundición se dividen en dos grandes categorías de acuerdo al tipo de molde que se usa: fundición con molde desechable y procesos de fundición con molde permanente.

En la fundición con molde desechable, el molde donde se solidifica el metal debe ser destruido para remover la fundición. Estos moldes se hacen de arena, yeso o materiales similares que mantienen su forma, usando aglomerantes de varias clases. La fundición en arena se vacía metal líquido dentro del molde hecho de arena. Después de que el metal se endurece, se sacrifica el molde a fin de recuperar la fundición.

Un molde permanente puede usarse muchas veces para producir fundiciones en cantidad. Esta hecho de un metal o algunas veces de un refractario cerámico, que puede soportar las altas temperaturas de las operaciones de fundición. En este caso, el molde permanente consta de dos o mas secciones que pueden abrirse para permitir la remoción de la parte terminada. La fundición en dados es el proceso mas conocido de este grupo.

A continuación se describen diversos procesos de fundición y sus características principales.

## 1.1 FUNDICIÓN EN ARENA.

La fundición en arena es el proceso mas utilizado, la producción por medio de este método representa la mayor parte del tonelaje total de fundición. Casi todas las aleaciones pueden fundirse en arena; de hecho, es uno de los pocos procesos que pueden usarse para metales con altas temperaturas de fusión, como son el acero, el níquel y el titanio. Su versatilidad permite fundir partes muy pequeñas o de grandes dimensiones y en cantidades de producción que van de una pieza a millones de estas.

La fundición en arena consiste en vaciar un metal fundido en un molde de arena, dejarlo solidificar y romper después el molde para remover la fundición. Posteriormente la fundición pasa por un proceso de limpieza e inspección, pero en ocasiones requiere un tratamiento térmico para mejorar sus propiedades metalúrgicas. Se da forma a la cavidad del molde de arena recubriendo con arena un modelo o patrón ( un duplicado aproximado de la parte que se va a fundir ), después se remueve el modelo para separar el molde en dos mitades. El molde contiene el sistema de vaciado y de mazarota, pero si la fundición tiene superficies internas ( por ejemplo partes huecas o agujeros ) debe incluirse también un corazón.

Como el molde se sacrifica para remover la fundición, se tiene que hacer un nuevo molde de arena por cada parte a producir. La secuencia se muestra en la figura 1.2

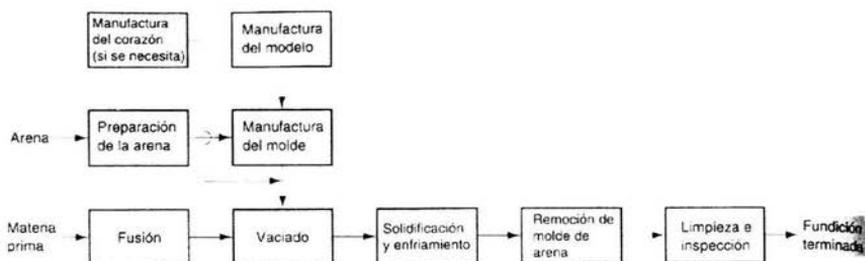


Figura 1.2 Pasos en la secuencia de producción de la fundición en arena. Los pasos incluyen no solamente las operaciones de fundición, sino también la manufactura del modelo y del molde.

## 1.2 FUNDICIÓN EN CONCHA O MOLDEO EN CONCHA.

El moldeo en concha es un proceso de fundición en el cual el molde es una concha delgada ( típicamente de 3/8 pulg. ) hecho de arena aglutinada con una resina termo fija.

Se desarrollo en Alemania durante los años cuarenta. Hay muchas ventajas en el proceso de moldeo en concha. La superficie de la cavidad del molde de concha es mas liso que el molde convencional de arena verde, su lisura permite un mayor flujo del metal fundido durante el vaciado y mejor acabado de la superficie final de la fundición. Se pueden obtener acabados de 100  $\mu$ pulg. y también buena precisión dimensional con tolerancias posibles de  $\pm 0.010$  pulg en partes de tamaño mediano a pequeño.

El buen acabado y la precisión evita muchas veces el maquinado posterior. La retractsibilidad del molde es generalmente suficiente para evitar el desgarramiento y agrietado en la fundición.

La desventaja del moldeo en concha es el costo del patrón de metal comparado con el patrón para moldeo en arena verde.

Esto hace difícil de justificar el moldeo por concha para volúmenes pequeños de producción. El moldeo por concha puede mecanizarse para producción en masa y es mas económico en grandes cantidades.

Parece particularmente adaptado para fundiciones de acero de menos de 20 lb. Varios engranes, cuerpos de válvulas, manguitos y árboles de levas son ejemplos de partes hechas con el moldeo en concha.

El proceso se ilustra en la figura 1.3

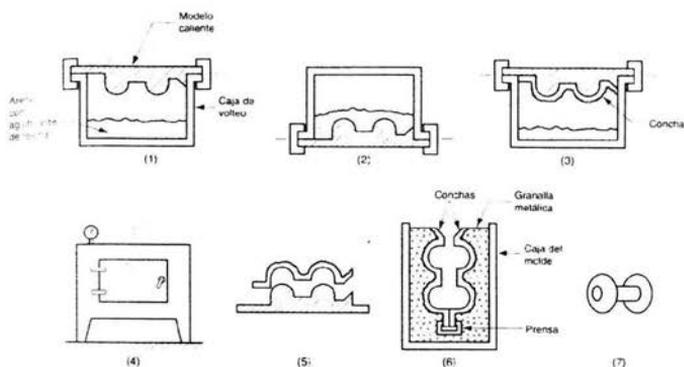


Figura 1.3 (1) un modelo metálico con placa de acoplamiento, o doble placa, se calienta y se coloca sobre una caja que contiene arena mezclada con una resina termo fija; (2) la caja se voltea y deja caer la arena junto con la resina sobre el modelo caliente, la resina se cura en la superficie y forma una concha dura; (3) la caja vuelve a su posición original y las partículas no curadas caen al fondo; (4) la concha de arena se calienta en una estufa por varios minutos para completar el curado; (5) el molde de concha se desprende del modelo; (6) las dos mitades del molde de concha se ensamblan, sujetadas por arena o granalla metálica en una caja, y se realiza el vaciado. La fundición terminada sin el bebedero se muestra en (7).

### 1.3 FUNDICIÓN AL VACIO.

La fundición al vacío o moldeo al vacío, también llamado proceso – V, utiliza un molde de arena que se mantiene unido por presión de vacío en lugar de un aglutinante químico. Por consiguiente, el término vacío en este proceso se refiere a la manufactura del molde, mas no a la operación de fundición en si.

La recuperación de la arena es una de las múltiples ventajas del moldeo al vacío, ya que no se usan aglutinantes. Además, la arena no requiere el extensivo reacondicionamiento que se lleva a cabo cuando se usan aglutinantes.

Los defectos causados por la humedad están ausentes del producto, debido a que la arena no se mezcla con agua. Las desventajas del proceso-V son su relativa lentitud y que no es fácilmente adaptable a la mecanización.

Los pasos de este proceso desarrollado en Japón se explican en la figura 1.4

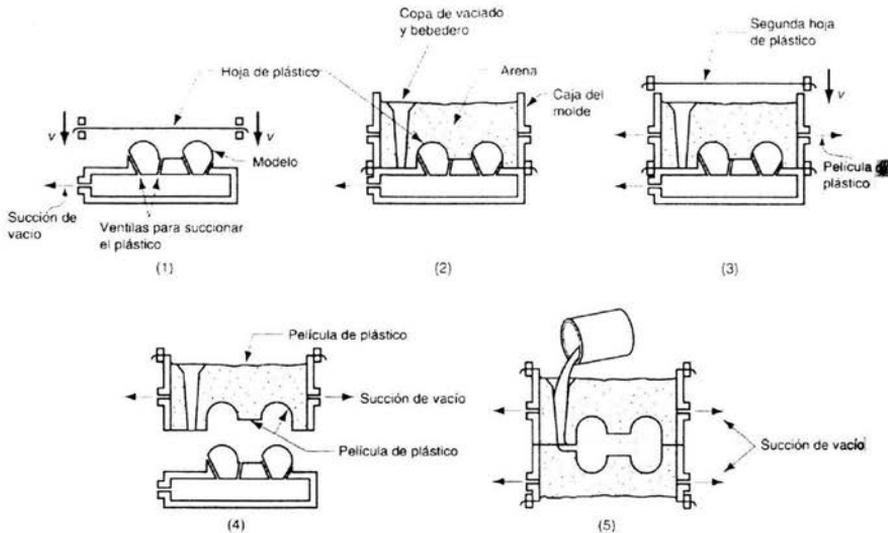


Figura 1.4 (1) se adhiere una hoja delgada de plástico sobre un modelo con placa de acoplamiento o doble placa por medio de vacío; el modelo tiene pequeñas ventillas para facilitar la formación del vacío; (2) se coloca una caja de diseño especial sobre la placa del modelo, se llena de arena y en esta forma la copa de vaciado y el bebedero; (3) se coloca una segunda hoja de plástico sobre la caja y se produce el vacío, lo cual causa que los granos de arena se compacten formando un molde rígido; (4) se libera el vacío de la placa del modelo para permitir que este se separe del molde; (5) el molde se ensambla con su otra mitad para formar las semicajas superior e inferior, y con el vacío producido en ambas mitades se realiza el vaciado. La hoja de plástico se quema al contacto con el metal fundido. Después de la solidificación casi toda la arena se puede recuperar para reutilizarla.

#### 1.4 PROCESO DE FUNDICIÓN CON POLIESTIRENO EXPANDIDO.

El proceso de fundición con poliestireno expandido utiliza un molde de arena compactado alrededor de un patrón de espuma de poliestireno que se vaporiza al vaciar el metal fundido dentro del molde.

El proceso y sus variaciones se conocen con otros nombres como proceso de espuma perdida, procesos de patrón o modelo perdido, proceso evaporativo de espuma y el Full-mold Process.

El modelo de poliestireno incluye el bebedero de colada, el sistema de vaciado y las mazarotas, y también puede contener corazones, eliminando así la necesidad de hacer corazones por separado.

Debido a que el modelo de espuma se convierte en la cavidad del molde, se pueden ignorar las consideraciones del plano de separación. El molde no tiene que ser abierto en la sección superior e inferior. Se pueden usar varios métodos para hacer los patrones, dependiendo del volumen de producción. Para fundiciones únicas, la espuma se corta manualmente en tiras largas y se ensamblan para formar el modelo.

En corridas grandes de producción se emplea una operación automatizada que puede producir los modelos antes de hacer los moldes. Los modelos se recubren normalmente con un compuesto refractario para darle una superficie mas lisa al patrón y mejorar su resistencia a la alta temperatura.

Las arenas de moldeo incluyen usualmente agentes aglutinantes. Sin embargo, en algunos procesos de este grupo se usa arena seca, lo cual ayuda a recuperarla para su reutilización.

Una ventaja significativa de este proceso es que el modelo no necesita removerse del molde, esto simplifica y facilita la fabricación del molde.

En los moldes convencionales de arena verde se requieren dos mitades con sus planos de separación, así como los dibujos de las tolerancias para el diseño del molde, además se tienen que insertar los corazones y añadir los sistemas de vaciado y de mazarotas.

En el proceso de polietileno expandido, todos estos pasos se hacen en un modelo. La desventaja del método es que se necesita un nuevo patrón para cada fundición. La justificación económica del proceso de poliestileno expandido se ha aplicado para fundiciones de motores de automóvil producidos en masa.

Existen instalaciones con sistemas de producción automática, destinadas para aplicaciones al moldeo de patrones de espuma de poliestileno.

La secuencia de este proceso de fundición se ilustra en la figura 1.5

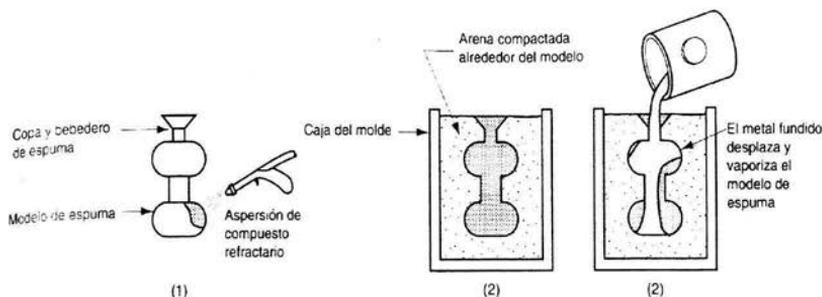


Figura 1.5 (1) el modelo de poliestireno se recubre con un compuesto refractario; (2) el modelo de espuma se coloca en la caja del molde y la arena se compacta alrededor de este y (3) se vacía el metal fundido en la parte del patrón que forma la copa de vaciado y el bebedero. Al entrar el metal en el molde la espuma de poliestireno se vaporiza y deja que el metal llene su lugar en la cavidad.

### 1.5 FUNDICIÓN POR REVESTIMIENTO.

En la fundición por revestimiento, el modelo, hecho de cera, se recubre con material refractario para fabricar el molde, después de esto, la cera se funde y evacua antes de vaciar el metal fundido. El termino revestimiento viene de la palabra revestir, que significa "cubrir completamente", esto se refiere al revestimiento de material refractario alrededor del modelo de cera.

Es un proceso de fundición capaz de hacer piezas de alta precisión e intrincados detalles. El proceso se remonta al antiguo Egipto y se conoce también como fundición a la cera perdida, debido a que el modelo de cera se pierde en el molde antes de fundirse. Como los modelos de cera se funden después de que se hace el molde refractario, se debe fabricar un modelo para cada fundición.

La producción de modelos se realiza mediante una operación de moldeo, que consiste en vaciar o inyectar cera caliente en un dado maestro, diseñado con las tolerancias apropiadas para la contracción de la cera y del metal de fundición.

En los casos donde la forma de la pieza es complicada, se juntan varias piezas de cera para hacer el patrón. En operaciones de alta producción se pegan varios patrones a un bebedero de colada, hecho también de cera, para formar un modelo de árbol, esta es la forma que tomara el metal fundido.

El recubrimiento con refractario se hace generalmente por inmersión del árbol patrón en un lodo de sílice u otro refractario de grano muy fino (casi en forma de polvo) mezclado con yeso que sirve para unir el molde. El grano fino del material refractario provee una superficie lisa que captura los intrincados detalles del modelo de cera. El molde final se forma por inmersiones repetidas del árbol en el lodo refractario o por una compactación cuidadosa del refractario alrededor del árbol en un recipiente. El molde se deja secar al aire, aproximadamente ocho horas, para que endurezca el aglutinante.

Las ventajas de la fundición por revestimiento son: capacidad para fundir piezas complejas e intrincadas; estrecho control dimensional, con posibles tolerancias de  $\pm 0.003$  pulg.(0.076 mm); buen acabado de la superficie; recuperación de la cera para reutilizarla y por lo general no se requiere maquinado adicional.

Este es un proceso de forma neta, aunque relativamente costoso por la cantidad de pasos que involucra su operación. Las partes hechas por este método son normalmente de tamaño pequeño, aunque se han fundido satisfactoriamente partes de formas complejas de hasta 75lb.

Pueden fundirse todos los tipos de metales, incluyendo aceros, aceros inoxidables y otras aleaciones de alta temperatura. algunos ejemplos de partes fundidas por este

proceso son: partes complejas de maquinaria, paletas y otros componentes para motores de turbina, así como joyería y accesorios dentales. Los pasos en la fundición por revestimiento se describen en la figura 1.6

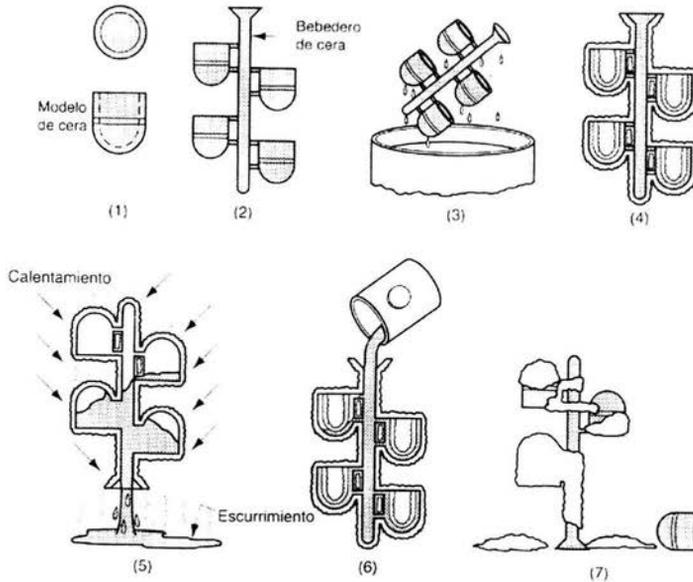


Figura 1.6 (1) se producen los patrones o modelos de cera; (2) se adhieren varios modelos a un bebedero para formar el modelo de árbol; (3) el modelo de árbol se recubre con una capa delgada de material refractario; (4) se forma el molde entero, cubriéndolo el árbol revestido con suficiente material para hacerlo rígido; (5) el molde se sostiene en posición invertida y se calienta para fundir la cera y dejar que escurra fuera de la cavidad; (6) el molde se precalienta a una alta temperatura para asegurar la eliminación de todos los contaminantes del molde, esto también facilita que el metal fluya dentro de la cavidad y sus detalles, el metal se vacía y solidifica; (7) el molde se rompe y se separa de la fundición terminada. Las partes se separan del bebedero de colada.

## **CAPITULO 2**

### **PROCESOS DE FUNDICIÓN EN MOLDE PERMANENTE.**

La fundición en molde permanente usa un molde metálico construido en dos secciones que están diseñadas para cerrar y abrir con precisión y facilidad.

Los moldes se hacen comúnmente de acero o hierro fundido. La cavidad junto con el sistema de vaciado se forman por maquinado en las dos mitades del molde a fin de lograr una alta precisión dimensional y un buen acabado superficial. Los metales que se funden comúnmente en molde permanente son: aluminio, magnesio, aleaciones de cobre y hierro fundido. Sin embargo, el hierro fundido requiere una alta temperatura de vaciado, 2300 °F a 2700 °F (1250 °C a 1500 °C), lo cual acorta significativamente la vida del molde. Las temperaturas mas altas de vaciado para el acero, hacen inapropiado el uso de moldes permanentes para este metal, a menos que se hagan en moldes de material refractario.

En este proceso es posible usar corazones para formar las superficies interiores del producto de fundición. Los corazones pueden ser metálicos, pero su forma debe permitir la remoción de la fundición, o deben ser mecánicamente desmontables para permitir esta operación. Si la remoción del corazón metálico es difícil o imposible se pueden usar corazones de arena, en este caso el proceso de fundición es frecuentemente llamado fundición en molde semipermanente.

Los moldes se precalientan primero para prepararlos, y se rocía la cavidad con uno o mas recubrimientos. El precalentamiento facilita el flujo del metal a través del sistema de vaciado y de la cavidad. Los recubrimientos ayudan a disipar el calor y a lubricar la superficie del molde para separar fácilmente la fundición. Tan pronto como solidifica el metal, el molde se abre y se remueve la fundición. A diferencia de los moldes desechables, los moldes permanentes no se retraen, así que deben abrirse antes de que ocurra la contracción por enfriamiento a fin de prevenir el desarrollo de grietas en la fundición.

Las ventajas de la fundición en molde permanente incluyen buen acabado de la superficie y control dimensional estrecho. Además, la solidificación mas rápida causada por el molde metálico genera una estructura de grano mas fino, de esta forma pueden producirse fundiciones mas resistentes. El proceso esta limitado generalmente a metales de bajo punto de fusión. La manufactura de formas geométricas mas simples que las fundidas en molde de arena ( debido a la necesidad de abrir el molde ) constituye otra limitación, además del costo.

Debido al costo sustancial del molde, el proceso se adapta mejor a producciones de alto volumen que pueden automatizarse. Las partes típicas que se producen con proceso de molde permanente incluyen pistones automotrices, cuerpos de bombas y ciertas fundiciones para aviones y proyectiles.

Los pasos en el proceso de molde permanente se describen en la figura 2.1

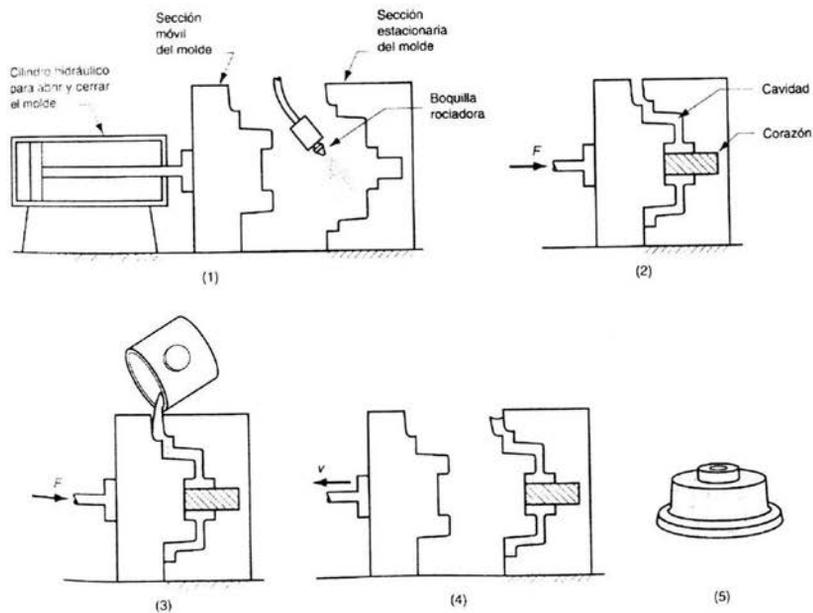


Figura 2.1 (1) el molde se precalienta y se recubre; (2) se insertan los corazones ( en su caso ) y se cierra el molde; (3) el metal fundido se vacía en el molde y (4) el molde se abre. La parte terminada se muestra en (5).

## 2.1 FUNDICIÓN A BAJA PRESIÓN.

En el proceso de fundición con molde permanente básico y en la fundición hueca, el flujo de metal en la cavidad del molde es causado por gravedad. En la fundición a baja presión, el metal líquido se introduce dentro de la cavidad a una presión aproximada de 15 lb/pulg<sup>2</sup> (0.1 MPa), aplicada desde abajo, de manera que el metal fluye hacia arriba.

La ventaja de este método sobre el vaciado tradicional es que se introduce en el molde un metal limpio desde el centro del crisol, en lugar de un metal que ha sido expuesto al aire.

Lo anterior reduce la porosidad producida por el gas y los defectos generados por la oxidación, y se mejoran las propiedades mecánicas.

El proceso se ilustra en la figura 2.2

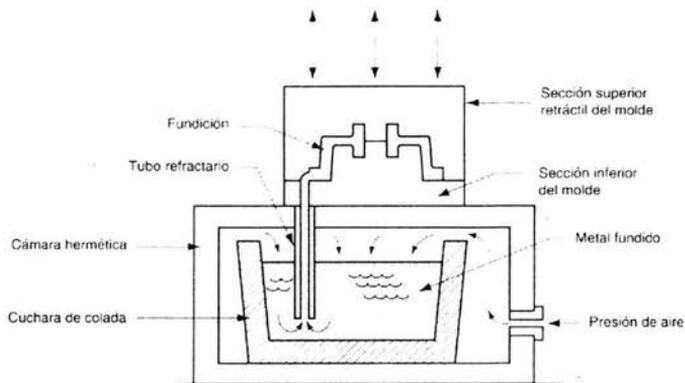


Figura 2.2 Fundición a baja presión. El diagrama muestra como se usa la presión de aire para forzar el metal fundido, dentro de la cuchara de colada, hacia la cavidad del molde. La presión se mantiene hasta que solidifica la fundición.

## 2.2 FUNDICIÓN CON MOLDE PERMANENTE AL VACIO.

La fundición con molde permanente al vacío es una variante de la fundición a baja presión en la cual se usa vacío para introducir el metal fundido en la cavidad del molde. La configuración general del proceso es similar a la operación de fundición a baja presión. La diferencia es que se integre la presión reducida del vacío en el molde para atraer el metal líquido a la cavidad, en lugar de forzarlo por una presión positiva del aire desde abajo. Los beneficios de la técnica al vacío, en relación con la fundición a baja presión, son que se reduce la porosidad del aire y los efectos relacionados, obteniendo una mayor resistencia del producto de fundición.

## 2.3 FUNDICIÓN A PRESIÓN ( EN TROQUEL).

La fundición en dados es un proceso de fundición en molde permanente en el cual se inyecta el metal fundido en la cavidad del molde a alta presión. Las presiones típicas son de 1000 a 50000 lb/pulg<sup>2</sup> (7 a 350 MPa). La presión se mantiene durante la solidificación; posteriormente, el molde se abre para remover la pieza. Los moldes en la operación de fundición se llaman dados, de aquí el nombre de fundición en dados.

El uso de alta presión para forzar al metal dentro de la cavidad del dado es la característica más notable que distingue a este proceso de otros en la categoría de molde permanente.

Las operaciones de fundición en dados se llevan a cabo en máquinas especiales. Las máquinas modernas de fundición en dados están diseñadas para mantener un cierre preciso de las dos mitades del molde y mantenerlas cerradas, mientras el metal fundido permanece a presión dentro de la cavidad. La configuración general se muestra en la figura 2.3

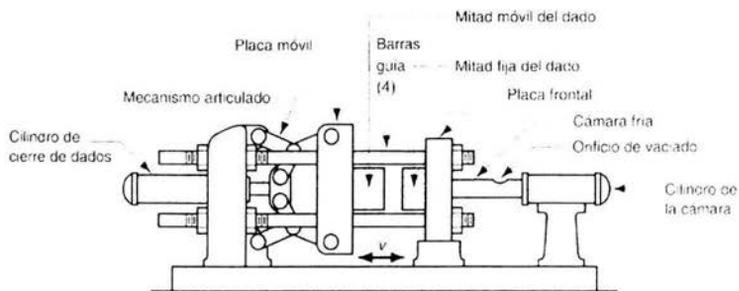


Figura 2.3 Configuración general de una máquina de fundición en dados (cámara fría).

Existen dos tipos principales de máquinas de fundición en dados: de cámara caliente y de cámara fría; sus diferencias radican en la forma en que se inyecta metal a la cavidad.

En las máquinas de cámara caliente, el metal se funde adherido a la máquina y se inyecta en el dado usando un pistón de alta presión. Las presiones típicas de inyección son de 1000 a 5000 lb/pulg<sup>2</sup> (7 a 35 MPA). Son velocidades características de producción de hasta 500 partes por hora. La fundición en dados con cámara caliente impone una dificultad especial en el sistema de inyección, porque gran parte de dicho sistema queda sumergido en el metal fundido.

Por esa causa, las aplicaciones del proceso quedan limitadas a metales de bajo punto de fusión que no atacan químicamente al pistón y a otros componentes mecánicos. Estos metales incluyen al zinc, al estaño, al plomo y algunas veces al magnesio. El proceso se resume en la figura 2.4

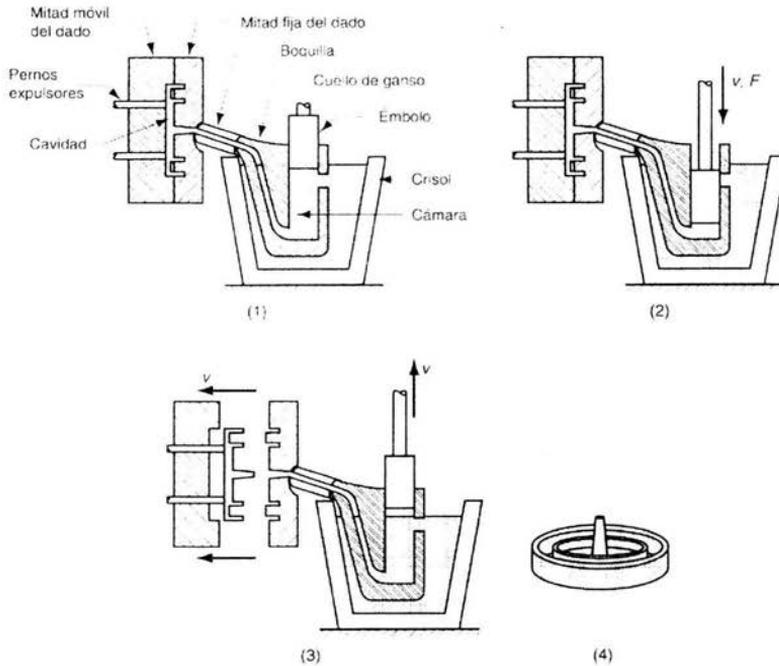


Figura 2.4 Fundición a presión de cámara caliente.

(1) el metal fluye en la cámara con el dado cerrado y el embolo levantado; (2) el embolo fuerza al metal de la cámara a fluir hacia el dado, manteniendo la presión durante el enfriamiento y la solidificación, y (3) se levanta el embolo, se abre el dado y se expulsa la parte solidificada. La parte terminada se muestra en (4).

En las maquinas de fundición a presión con cámara fría, el metal fundido procedente de un contenedor externo para colar, se vacía en una cámara sin calentar y se usa un pistón para inyectar el metal a alta presión en la cavidad del dado. Las presiones de inyección usadas en estas maquinas van típicamente de 2000 a 20000 lb/pulg<sup>2</sup> (14 a 140MPa). El ciclo de producción se explica en la figura 2.5

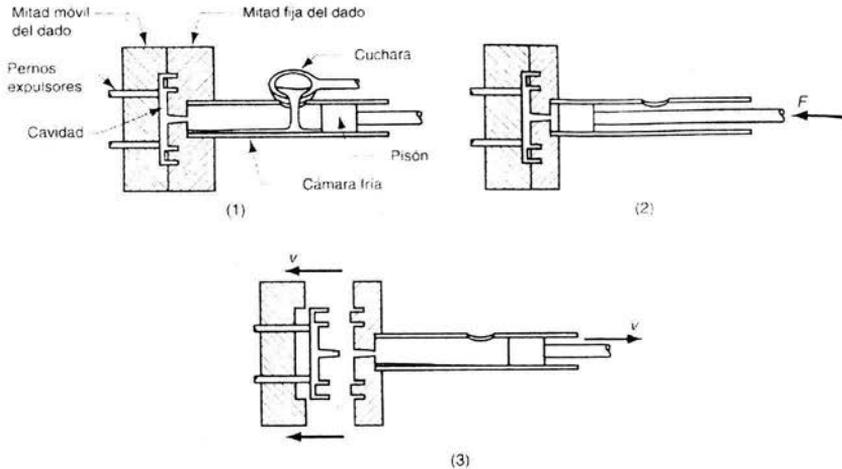


Figura 2.5 Fundición a presión de cámara fría.

(1) se vacía el metal en la cámara con el dado cerrado y el pistón retraído; (2) el pistón fuerza al metal a fluir en el dado, manteniendo la presión durante el enfriamiento y la solidificación; y (3) se retrae el pistón, se abre el dado y se expulsa la fundición. El sistema de vaciado está simplificado.

La velocidad del ciclo no es tan rápida con respecto a las máquinas de cámara caliente, debido a que es necesaria una cuchara de colada para vaciar el metal líquido desde una fuente externa en la cámara. Sin embargo, este proceso de fundición es una operación de alta producción. Las máquinas de cámara fría se usan típicamente para fundiciones de aluminio, latón y aleaciones de magnesio. Las aleaciones de bajo punto de fusión (zinc, estaño, plomo) pueden también fundirse en máquinas de cámara fría, pero las ventajas del proceso de cámara caliente favorecen más el uso de estos metales.

Los moldes que se usan en operaciones de fundición en dados se hacen generalmente con acero para herramienta (grupos H y P), y aceros inoxidables. El tungsteno y el molibdeno con buenas cualidades refractarias también se utilizan, especialmente en los intentos para fundir el acero y el hierro en dados. Los dados

pueden tener una cavidad única o múltiple. Se requieren pernos expulsores para remover la parte del dado cuando este se abre, como se muestra en las figuras.

Estos pernos empujan la pieza de manera que puedan removerse de la superficie del dado. También es necesario rociar lubricantes en las cavidades para prevenir el pegado.

Como los materiales del dado no tienen porosidad natural y el metal fundido fluye rápidamente en el dado durante la inyección, de deben construir barrenos o vías de paso en el plano de separación de los dados para evacuar el aire y los gases de la cavidad. Aun cuando los orificios son bastante pequeños, se llenan con el metal durante la inyección, pero este debe quitarse después. También es común la formación de rebabas en lugares donde el metal líquido a alta presión penetra entre los pequeños espacios del plano de separación o en los claros alrededor de los corazones y de los pernos expulsores. La rebaba debe recortarse de la fundición junto con el bebedero y el sistema de vaciado.

Las ventajas de la fundición en dados incluyen: altas velocidades de producción, son económicas para volúmenes grandes de producción, son posibles tolerancias cerradas, del orden de  $\pm 0.003$  pulg. ( $\pm 0.076$  mm) en partes pequeñas, buen acabado de la superficie, son posibles secciones delgadas hasta cerca de 0.020 pulg. (0.05mm) y el enfriamiento de este proceso, además de los metales que maneja, son la restricción en la forma de las piezas. La geometría de la parte debe ser tal que pueda removerse de la cavidad del dado.

### CAPITULO 3 PARAMETROS DE DISEÑO DE UN MOLDE.

#### 3.1 CALCULO DE LA FUERZA DE CIERRE.

Para obtener el calculo de la fuerza de cierre es necesario conocer la disposición de las piezas en el molde, las dimensiones del sistema de alimentación, y la configuración de los rebosaderos.

3.1.1 Calculo del área máxima utilizable del plano de partición en base a la fuerza de cierre y a la presión de inyección recomendadas.

Se observa la fuerza de cierre nominal de la maquina, mediante esta fuerza se mantiene en posición a los dos semimoldes durante la inyección del metal, ya que al penetrar este en la cavidad del molde, la presión de inyección produce una fuerza que tiende a romper el sello formado por las dos mitades del molde, sin embargo, la oposición de la fuerza de cierre evita que se abra el molde.

Ahora observamos que para el caso de piezas técnicas (requieren buen acabado y tolerancias dimensionales pequeñas) e inyectadas en aleaciones a base de aluminio, se recomienda una presión de inyección de 4.08 a 6.12 kg/mm<sup>2</sup> por lo que dividiendo la fuerza de cierre nominal entre el limite superior de la presión de inyección se obtendrá el área máxima utilizable del plano de partición.

Fuerza de cierre nominal.

Área máxima utilizable del plano de partición = -----

Presión de inyección máxima.

#### 3.1.2 .- Calculo de la sección del ataque.

El siguiente parámetro que se debe calcular es el ataque de colada ( orificio, a través del cual el metal entra en la cavidad que forma la pieza en el molde).

$$S_a = 0.18 W$$

$S_a$  = Sección del ataque de colada en mm<sup>2</sup>

$W$  = Peso de la pieza, incluyendo rebosaderos en g.

0.18 Constante.

A partir de esta área, se determinan las dimensiones del ataque, la primer limitante, es que el espesor del ataque no puede ser mayor que el de la pieza, y la segunda indica que debe dimensionarse lo mas pequeño posible para facilitar el desprendimiento de la

pieza del canal de colada y minimizar las rebabas. La tabla 3.1 muestra los valores orientativos del espesor del ataque.

Tabla 3.1 Valores orientativos para el espesor del ataque.

DIN	ASTM	
GD Al Si, Aleación		1 – 1.4
GD Al Si Cu, Aleación		1.2 – 2.5
GD ZnAl 4	Zamak 3	0.35 – 0.8
GD ZnAl 4Cu Al 8 (Az 81)	Zamak 5	0.5 – 1.2
GD Mg Al 9 (Az 91)		0.6 – 2
GD Ms 58 – 60		1.5 – 3

Se asignan valores y tenemos:

$$\text{Ancho del ataque} = \frac{\text{Área calculada (mm}^2\text{)}}{\text{Espesor seleccionado (mm)}}$$

3.1.3.- Disposición de las piezas en el molde, selección del marco del molde y de la placa de cavidades.

Es necesario determinar la disposición de las piezas en el área útil del molde, limitada por la distancia que existe entre las columnas guías de la maquina sobre las que desliza el portamoldes o plato móvil al abrir y cerrar en cada ciclo.

Se debe tomar en cuenta las alturas máxima y mínima del molde, el paso horizontal X vertical de las columnas guía y su diámetro, así como las dimensiones de los platos o portamoldes horizontal X vertical.

Recordando que se debe tratar de minimizar la longitud de los canales de alimentación, procurando que el camino sea lo mas corto y recto posible, evitando quiebres bruscos. Lo anterior ayudara también a reducir la magnitud del área del plano de partición.

En el diseño y fabricación de un molde, deben considerarse los esfuerzos térmicos y mecánicos a los que va a estar sometido.

Como ejemplo de los esfuerzos térmicos, se tienen los gradientes de temperatura bajo los que opera el molde, debido a su contacto con el metal fundido y a la refrigeración forzada con agua, los calentamientos y enfriamientos debidos a puestas en marcha, desmontajes para reparación, etc.

Como ejemplo de los esfuerzos mecánicos, esta el esfuerzo de compresión necesario para que selle el molde, impidiendo que escape el material inyectado, impactos entre las mitades fija y móvil del molde durante el cierre, etc. Lo anterior revela la alta calidad de los aceros empleados para la construcción de moldes, aunque hay algunas otras medidas que se pueden tomar para prever costos excesivos debido a desgaste y rotura del molde. Una de ellas consiste en tener cada mitad del molde integrada por mas de una pieza.

En la figura 3.1 , muestra algunas opciones que según el tipo de molde se pueden aplicar.

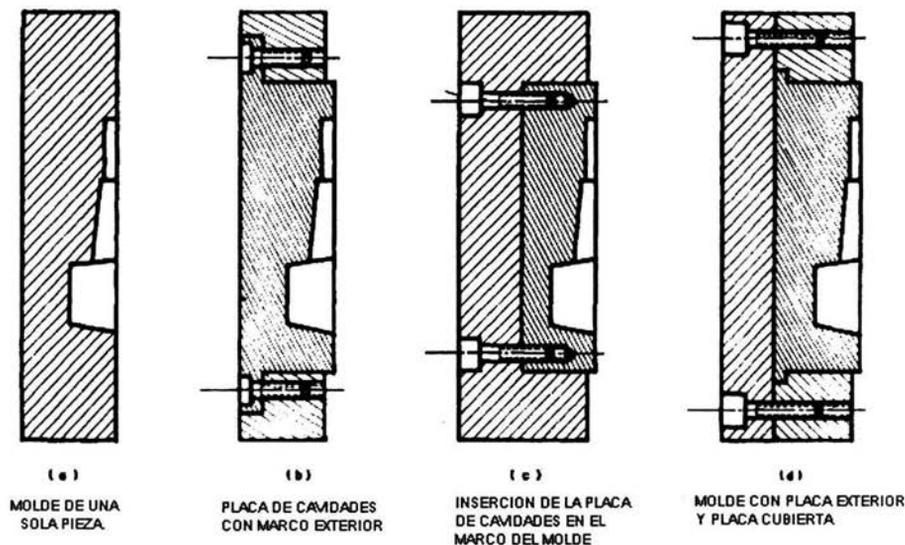


Figura 3.1 Opciones para la disposición constructiva de la placa de cavidades.

La primera, es útil en moldes para piezas de forma relativamente simple. En la segunda, la placa de cavidades esta encajada a un bastidor o marco que es del mismo acero. El marco puede llegar a durar mas, debido a que no esta en contacto con el metal fundido.

El tercer caso tiene sobre todo, aplicación cuando la placa de cavidades esta formada por insertos; debido a su complejidad; esta opción es mas estable en su fijación y las dimensiones del marco son mas reducidas que en el anterior, aunque se requiere un mayor espesor.

Esta desventaja se resuelve para la mitad móvil del molde, como se señala en la cuarta opción por medio de la cubierta posterior para fijar el marco. Esta cubierta se puede construir de acero grado maquinaria, que es mas barato que el acero para moldes.

Otro factor que influye en la selección de la disposición del molde, es lo elevado del costo de fabricación, ya sea con maquinas herramienta convencionales o con maquinas de electro erosión.

#### 3.1.4.- Calculo de la sección del canal de alimentación.

Una vez que se cuenta con la sección de ataque y con la disposición de las piezas en la placa de cavidades, se puede proceder a dimensionar el canal de colada o de alimentación, que es el conducto por donde circula el metal fundido, desde la entrada a la cavidad del molde.

Se recomienda que la sección del canal sea de dos a tres veces el área del ataque.

El trayecto a través del canal, debe disponerse de tal manera que el metal fundido alcance la cavidad del molde por la ruta mas corta, evitando en lo posible turbulencias.

Cuando resulta inevitable un cambio de dirección, este no debe ser nunca en forma de perfil agudo sino redondeado; debido a que el metal fundido debe experimentar un enfriamiento mínimo, la sección no debe ser demasiado delgada o plana. Para determinarlas realizan los siguientes cálculos en base a las relaciones que se indican.

$$D = 0.77 \sqrt{\text{(sección del canal)}}$$

$$B = 1.7 (D)$$

Donde: D = altura de la sección del canal de colada

B = ancho promedio de la sección.

La transición entre las secciones del ataque y del canal de alimentación, se efectúa con una disminución uniforme del espesor del canal. Es conveniente recordar que el canal se debe maquinar en el semimolde móvil, coincidiendo su ancho mayor con el del plano de partición para permitir su extracción al final de cada ciclo.

Área de los Canales en el Plano de partición = Área del Anillo formado por los dos Canales + Área de la sección recta de los Canales.

Para realizar el cálculo de la fuerza de cierre en base a las dimensiones del sistema de alimentación y de los rebosaderos; se tiene que una vez conocida la disposición de las piezas en el molde, las dimensiones del sistema de alimentación (ataque, canal de colada y cono bebedero), y la configuración de los rebosaderos, se puede calcular el área proyectada por estas cavidades.

Así, se tiene:

$$\begin{array}{r}
 \text{Área de las piezas} \\
 \text{Área de los rebosaderos} \\
 + \text{Área de los canales de alimentación} \\
 \hline
 \text{Área total del plano de partición}
 \end{array}$$

En base a la presión de inyección recomendada y según sean las necesidades se obtiene el valor de la tabla 3.1, que proporciona los valores orientativos de las presiones de inyección mas comunes empleados en las aleaciones para fundición.

Tabla 3.2 Valores orientativos de las presiones de inyección mas comunes empleados en las aleaciones para fundición.

	Al Y Mg (kg/mm <sup>2</sup> )	Zn (kg/mm <sup>2</sup> )	Mn (kg/mm <sup>2</sup> )
Piezas Estándar.	Hasta 4.08	1.02 a 2.04	3.06 a 4.08
Piezas técnicas (requieren buen acabado y tolerancias dimensionales pequeñas)	4.08 a 6.12	2.04 a 3.06	4.08 a 5.1
Piezas Estancas (requieren buen acabado y tolerancias dimensionales pequeñas, debido a que formaran parte de una unión sellada)	8.16 a 10.2	2.55 a 4.08	8.16 a 10.2
Piezas para Cromar o Galvanizar (requieren buen acabado superficial)		2.24 a 2.55	

Entonces con el valor de la presión de inyección recomendada y el área total obtenida se calcula la fuerza de cierre necesaria que será demandada a la maquina, según se muestra a continuación.

(Fuerza de cierre necesaria) (Área total del plano de partición) = Fuerza de cierre necesaria

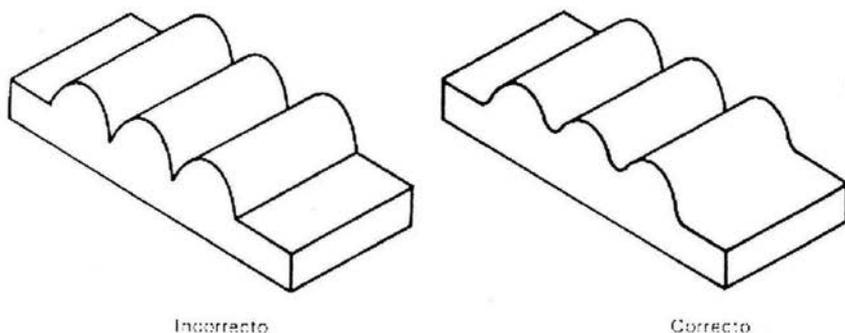
Es necesario que el valor de la fuerza de cierre necesaria, no rebase el valor de la fuerza de cierre nominal.

### 3.2 FUNDAMENTOS SOBRE EL DISEÑO DE MOLDES PARA FUNDICIÓN.

El proceso de fundición a presión es uno de los métodos que ofrece grandes ventajas en series de producción altas, en tolerancias dimensionales cerradas, en intercambiabilidad de piezas, entre otras.

Al diseñar un molde para una pieza que tenga un conducto interior con cambio de dirección, en el que se vayan a realizar operaciones de limpieza y acabado, conviene disponer de una ranura donde se acumulen y desprendan las rebabas para que posteriormente puedan ser removidas mediante una herramienta que se introduce en la ranura, nótese que el diseño correcto, permitirá a la herramienta entrar y salir libremente.

Se deben evitar los cantos vivos, ya que disminuyen la vida del molde y existe peligro que la pieza se rompa en esta zona debido al enfriamiento desigual. Obsérvese en la figura 3.2



*Figura 3.2 Cantos vivos.*

En la figura 3.3 se muestra el rediseño de una pieza de fundición a presión; en el primer caso se tienen cantos vivos y esquinas, que reducen la duración del molde.

El flujo del metal no es adecuado por los quiebres, lo que también ocasiona acumulaciones momentáneas de material que forman poros.

El diseño original también implica una parte negativa que será llenada por el metal e impedirá la expulsión de la pieza.

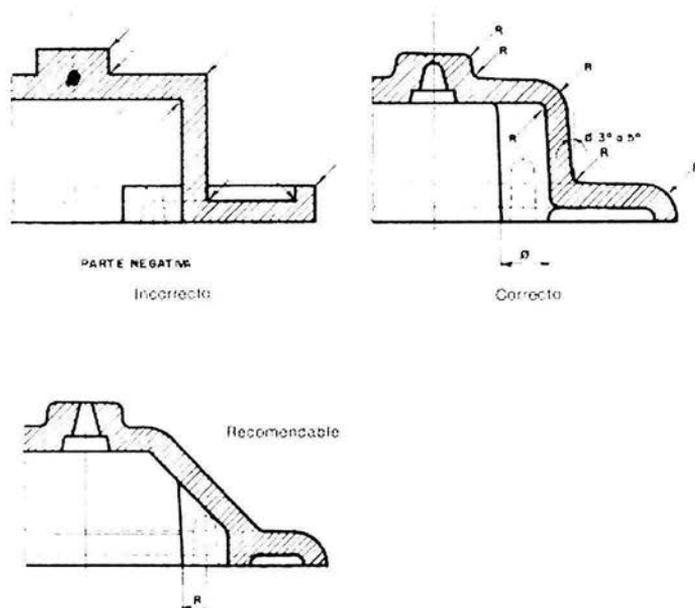


Figura 3.3 Rediseño para evitar partes negativas, cantos vivos y facilitar la expulsión.

En el diseño correcto, se ha proyectado una pared uniforme con radios; el diseño optimo o recomendable conserva la función de la pieza, además el flujo de metal será uniforme y se prevé un plano que se contraerá sobre el macho o corazón, ayudando a que la pieza permanezca en el lado móvil y pueda ser expulsada por los botadores.

Para aleaciones de zinc, se pueden obtener perforaciones cilíndricas, pero de poca profundidad. Normalmente hay que prever cierta conicidad para evitar que los pernos formadores o corazones, estén sometidos a esfuerzos excesivos, e incluso se rompan al expulsar la pieza del molde. También puede suceder que el amarre excesivo de la pieza alrededor del corazón evite su expulsión con la consecuente rotura del perno expulsor o deformación del producto.

No es recomendable la formación de barrenos cerca de las esquinas, debido al alto choque térmico. Cuando se presente esta situación se puede aumentar la distancia

entre el barreno y la esquina, mediante un arco de circunferencia, como se muestra en la figura 3.4

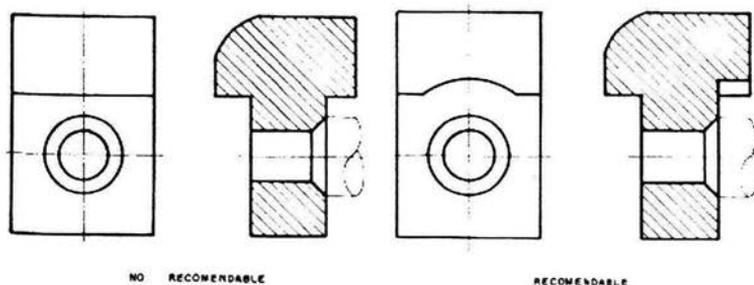


Figura 3.4 Barreno premoldeado cerca de las esquinas.

Cuando se desea formar una caja, barreno, etc., en una superficie circular, la esquina o filo que se forma puede ser frágil, por lo que en la misma figura 3.5 se sugiere una solución.

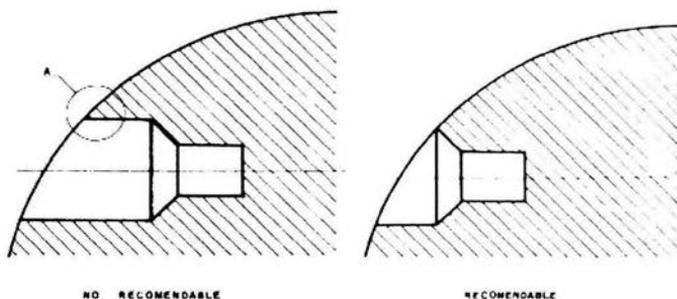
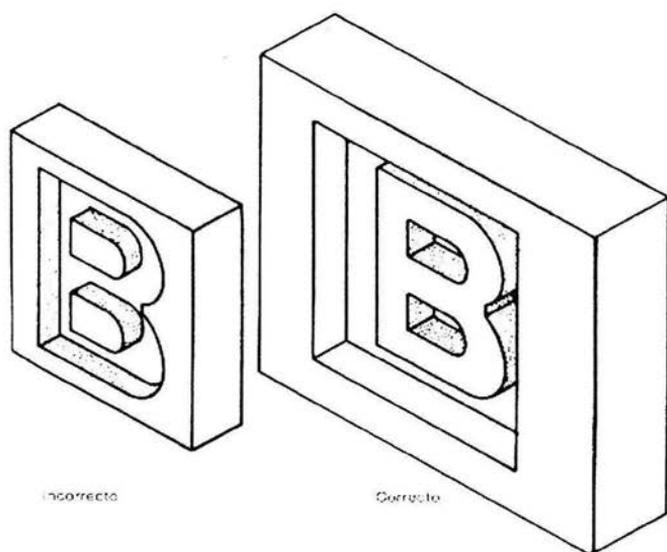


Figura 3.5 Barreno en superficies cilíndricas.

Esta recomendación debe aplicarse también al herramental.

Cuando se desea que aparezcan en un producto iniciales, marcas, etc., es mejor formar las letras en la pieza en alto relieve, debido al elevado costo de los insertos que se necesitarían para formar las letras en bajo relieve, como se muestra en la figura 3.6



*Figura 3.6 Los letreros deben formar en la pieza fundida, en alto relieve.*

También cabe mencionar que conviene formar las letras en alto relieve sobre un plano de mas profundidad que el de la superficie de la pieza. Esto ayuda a evitar el desgaste o destrucción de las letras, permite rectificar, esmerilar, etc., sin destruir la escritura y dar contraste con pintura respecto a la otra superficie.

La figura 3.7 muestra un grabado sobre una superficie inclinada de una pieza; debido al ángulo que se forma, la extracción del molde sería prácticamente imposible.

En el caso no recomendable de la misma figura, se muestra un diseño mejorado de la pieza, donde inclusive se ha evitado el poro en la sección gruesa contraformando el apoyo con una "U".

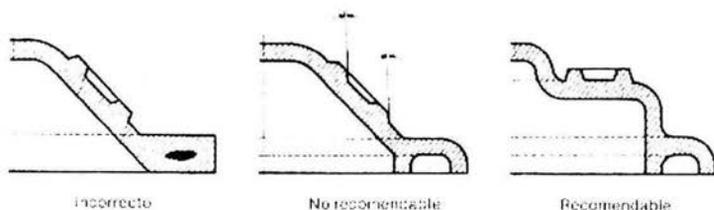


Figura 3.7 Rediseño que permite extraer la pieza del molde y evita la formación de poro.

El mejor diseño, lo indica el caso recomendable, donde se presenta un lado plano de la pieza que permite formarla correctamente y no impide su extracción del molde.

Otro ejemplo se muestra en la figura 3.8

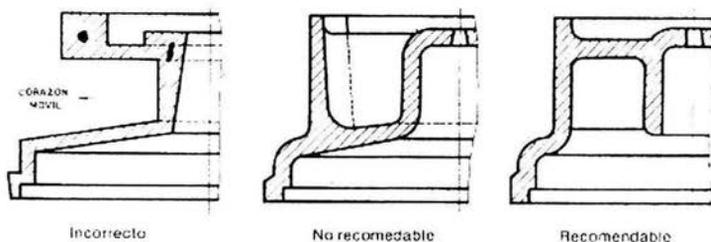


Figura 3.8 Rediseño para evitar esquinas, diferentes espesores y el uso de un corazón móvil.

El caso incorrecto indica una pieza con esquinas y filos agudos, diferentes espesores de pared que ocasionan poros y la necesidad de emplear un corazón móvil para poder extraer la pieza del molde.

En el caso no recomendable se han redondeado las esquinas y los bordes, se mejoró el espesor de las paredes y se ha evitado el uso del corazón móvil, aunque la desventaja está en que la cavidad indicada, permite la acumulación de polvo, líquidos, etc. El mejor diseño se muestra en el caso recomendable, donde se ha conservado la función de la pieza, optimizando su forma en función del proceso de fundición a presión.

La conicidad que se le debe dar a los corazones es mayor con respecto a la conicidad de las paredes exteriores, como se muestra en la figura 3.9.

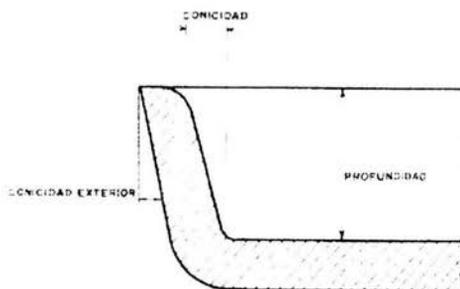


Figura 3.9 Conicidad de los corazones.

Esto es porque el metal tiende a contraerse en forma natural, mas, con respecto al corazón.

La tabla 3.3, muestra la conicidad recomendada para los corazones en función del metal base de la aleación ( zinc, aluminio o cobre ) y de su profundidad.

Tabla 3.3. Conicidad de los corazones en función de su profundidad, para algunas de las aleaciones empleadas en fundición a presión.

PROFUNDIDAD DEL CORAZÓN EN MM	ALEACIONES DE ZINC	ALEACIONES DE ALUMINIO	ALEACIONES DE COBRE
Conicidad en milímetros por lado			
0.5	0.1	0.1	0.1
1	0.1	0.13	0.15
10	0.2	0.5	0.6
100	0.8	2.0	2.5
200	1.6	4.0	5.0

Mientras la conicidad sea mayor, se facilitara mas la fundición de la pieza.

### 3.3 RECOMENDACIONES.

3.3.1.- Recomendaciones para cuando sea necesario obtener las piezas con insertos metálicos que pueden ponerse dentro del molde y fundir en conjunto con la pieza.

En la secuencia de la figura 3.10 Se muestra en el caso incorrecto (a), la sujeción del inserto por medio de una ranura: esto no es muy recomendable, ya que una tracción excesiva puede desprender el inserto. Lo que tampoco es recomendable es que la cuerda del perno llegue hasta la superficie de la pieza, ya que la rebaba de inyección alrededor de la cuerda puede impedir el ajuste correcto de las dos piezas que se desean unir.

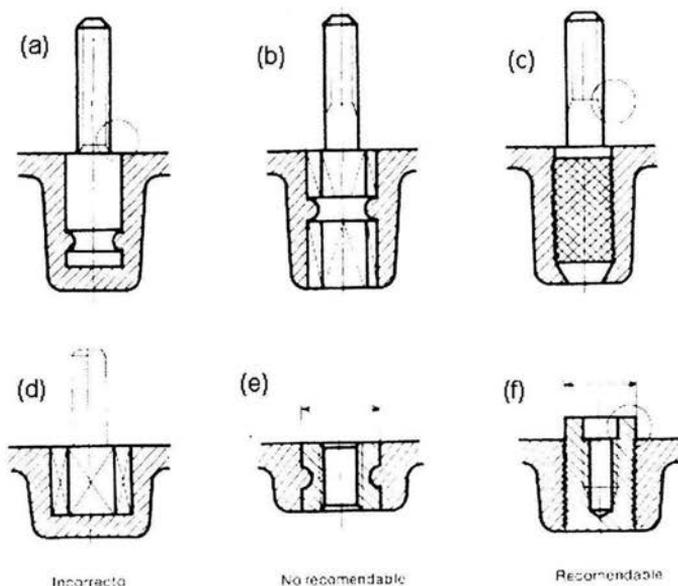


Figura 3.10 Insertos metálicos con cuerda preformada.

En el caso no recomendable (b) se ha corregido el problema de la cuerda, haciendo que esta termine arriba de la superficie de la pieza. La sujeción del inserto es por medio de una ranura y de un hexágono, aunque con este ultimo existe el peligro de que se pueda aflojar.

El caso recomendable de la misma figura (c), muestra la mejor solución para fijar el inserto mediante moleteado de la pared que va a estar en contacto con la pieza fundida.

Otro caso se muestra en la misma figura en la parte inferior, donde el inserto es un casquillo metálico. Las desventajas para los casos incorrecto y no recomendable (d) y (e), se mencionaron anteriormente, a lo que también hay que agregar el que se tenga que maquinarse la cuerda después de la fundición de la pieza.

Esto se puede corregir como se muestra en el caso recomendable (f), mediante un casquillo de mayor profundidad que la cavidad del molde, que actúa como un sello, impidiendo que el metal entre al interior y obstruya la cuerda.

La cuerda empieza a menor profundidad y primeramente hay una parte cilíndrica que también actúa como un sello alrededor del perno, todo esto permite terminar la pieza en una sola operación.

La figura 3.11 muestra otro caso de insertos.

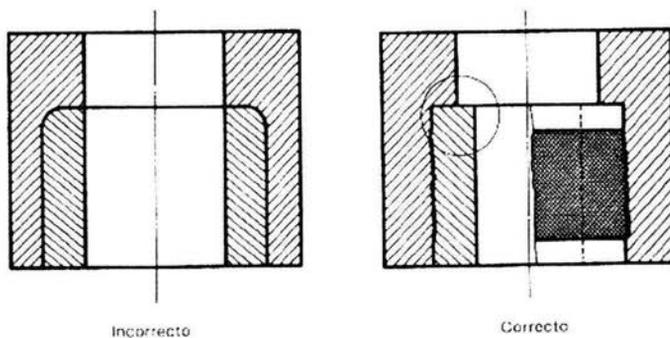


Figura 3.11 Diámetro interior de un inserto, con respecto al de la pieza fundida y moleteado de la superficie exterior del inserto.

Donde además de moletear la superficie exterior del casquillo, se recomienda que el diámetro interior del mismo sea menor que el de la pieza fundida, para obtener mejor sello entre este y el perno, con la posibilidad de efectuar otro sello entre la pieza

fundida y el perno. Los diámetros diferentes permiten además, absorber pequeños desplazamientos entre los ejes del casquillo y de la pieza.

En la figura 3.12, se muestra una pieza casi imposible de obtener.

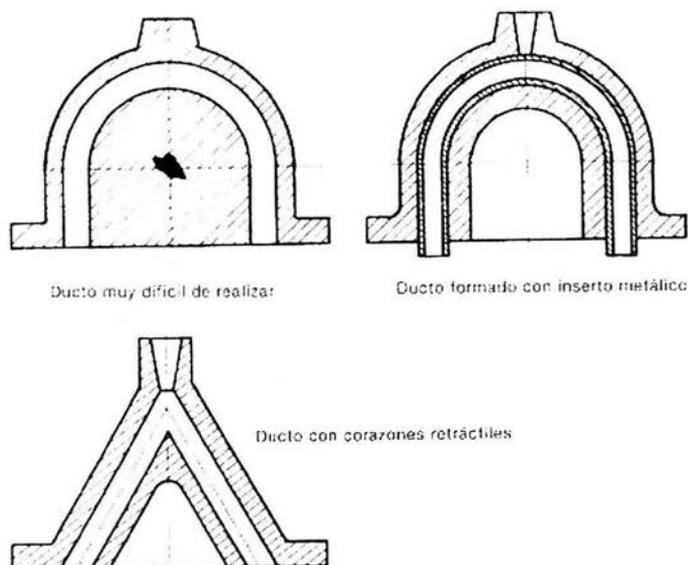


Figura 3.12 Rediseño para obtener el ducto de la pieza con corazones retráctiles.

Debido a la forma de los corazones; además de que se puede obtener una zona frágil, debido a la formación de poro. En el caso del inserto metálico, este se pondría en el molde antes de cada inyección; nótese que se ha solucionado el problema del poro formando una cavidad. El caso mas favorable, muestra el conducto de la pieza formado por dos pernos ( corazones ) cónicos, retráctiles. Esto ultimo implica que se deberían desplazar los corazones con la inclinación necesaria para poder extraer la pieza. Esta ultima opción sería posible, siempre y cuando el conducto pudiera adoptar la forma mostrada.

Cuando se deban fresar las piezas obtenidas, como se muestra en las perillas de la figura 3.13, lo mejor es que la superficie se pueda obtener mediante un cortador simétrico que es fácil de conseguir o adaptar.

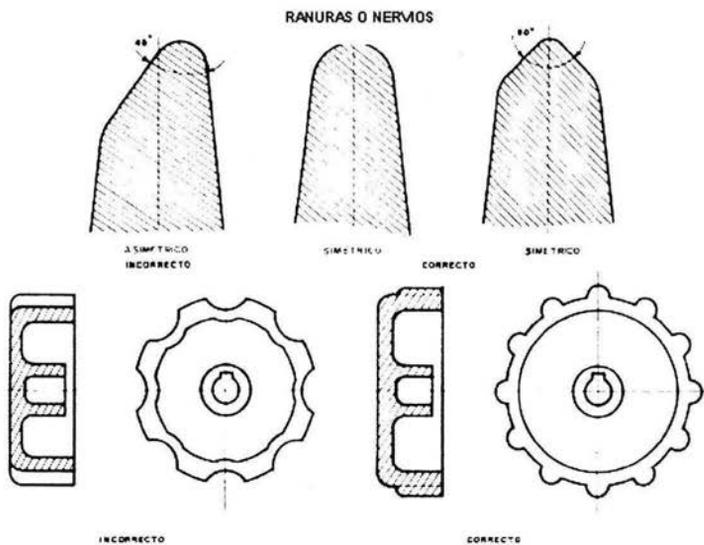


Figura 3.13 Fresado de perillas con cortadores simétricos.

La figura 3.14 no muestra un cuerpo de válvula, cuya cavidad se obtiene mediante corazones que se desplazan horizontal y verticalmente.

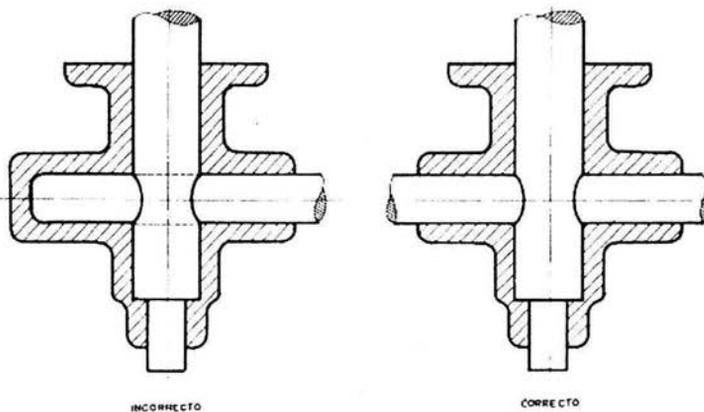


Figura 3.14 Cavidad en cruz, formada con un corazón vertical y dos horizontales.

El caso no recomendable tiene el riesgo de que el corazón horizontal no penetre adecuadamente, e incluso, con algún desajuste no coincida el orificio con el corazón vertical y se produzca una rotura de los corazones o del sistema de accionamiento.

Se recomienda un corazón vertical central y dos corazones horizontales que se introduzcan un poco en el vertical. La entrada de la válvula que no sea necesaria, se puede obstruir mediante un tapón ciego.

En otro ejemplo, mostrado en la figura 3.15

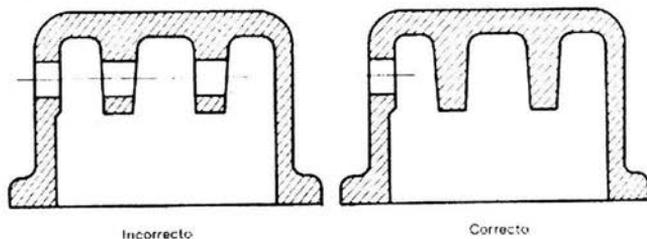


Figura 3.15 El corazón no debe atravesar mas de una pared del molde.

No es recomendable que el corazón atraviese varias paredes del molde, debido a obstrucciones por la expansión térmica a diferentes temperaturas o por residuos de metal (flash), polvo o lubricante que pueden obstruir el deslizamiento del corazón. Lo que se recomienda es que el corazón atraviese una sola pared y posteriormente barrenar los orificios faltantes.

En la figura 3.16 se muestra una pieza que debido a su espesor uniforme, someterá a los corazones a esfuerzos flexionantes excesivos durante las fases de enfriamiento y extracción de la pieza.

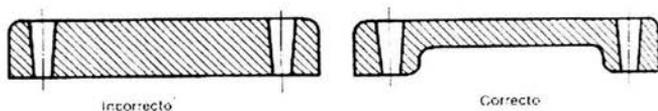


Figura 3.16 Adelgazamiento de la sección, para evitar esfuerzos excesivos en los corazones.

El caso recomendable, se basa en un adelgazamiento de la sección, lo que redundara en esfuerzos de contracción menos severos y en un ahorro de material.

Antes de usar corazones retráctiles, se debe hacer un estudio para determinar si son realmente indispensables, ya que esto representa mayores fuerzas de fricción, lubricación mas eficiente y costos mas elevados del molde, etc.

La secuencia de la figura 3.17, muestra el caso en el que aparentemente era necesario el empleo de un corazón retráctil, sin embargo, el caso correcto nos muestra la pieza rediseñada, donde se ha logrado evitar el uso del corazón retráctil, sin alterar la función de la pieza.

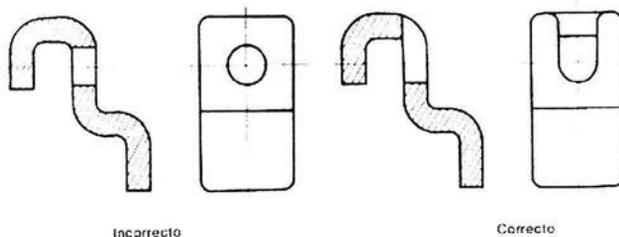


Figura 3.17 Rediseño para evitar el uso de un corazón retráctil.

### 3.3.2.- Diseño de piezas con espesores no uniformes.

Cuando sea inevitable diseñar una pieza con distintos espesores de pared, como se muestra en la figura 3.18

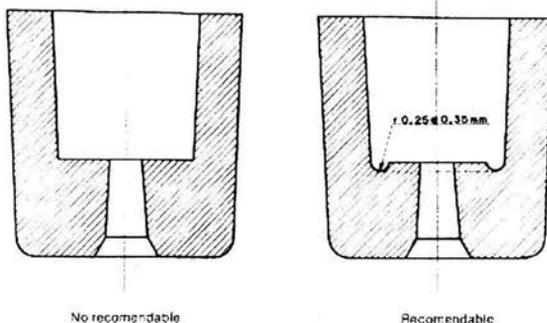
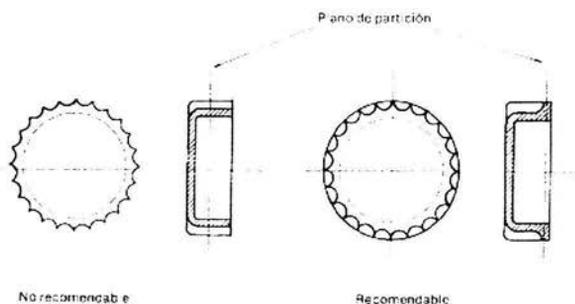


Figura 3.18 Redondeado de esquinas para evitar concentración de esfuerzos.

Se debe tomar en cuenta que los distintos gradientes (velocidad) de enfriamiento, entre las paredes, pueden causar esfuerzos en las esquinas, que incluso ocasionen fisuras o grietas en estas zonas, la figura mencionada, recomienda una solución que no altera las características de la pieza tal como la profundidad de la cavidad.

### 3.4 REBABEO.

En términos generales, se debe prever la eliminación de material (rebabeo) de las piezas fundidas. En la figura 3.19, se muestra un caso recomendable y no recomendable.



*Figura 3.19 Perilla con sección perimetralista, para facilitar el rebabeo.*

El caso no recomendable, impide montar la pieza en un torno, ya que se podrían dañar los picos radiales y no se podría maquinar la rebaba de las cavidades (el rebabeo solo se podría realizar manualmente).

En el caso recomendable, el plano de partición se encuentra en la zona perimetral lisa, lo que soluciona los dos problemas enunciados en el párrafo anterior.

La figura 3.20, nos muestra una campana que en su diseño original (incorrecto), impedirá el montaje de la pieza en el mandril universal del torno para su rebabeo.

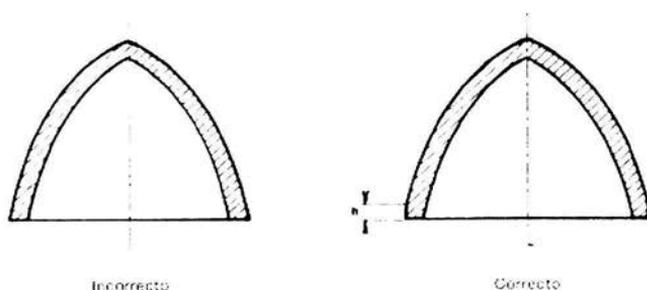


Figura 3.20 Sección perimetral cilíndrica, para facilitar el rebabeo.

El caso correcto, consiste en diseñar la pieza con una sección perimetral cilíndrica, que permite su montaje en el torno para su rebabeo. El plano de partición se encontraría a la altura  $h$ , lo que ayudaría también a que la pieza quedara en el semimolde móvil para su expulsión.

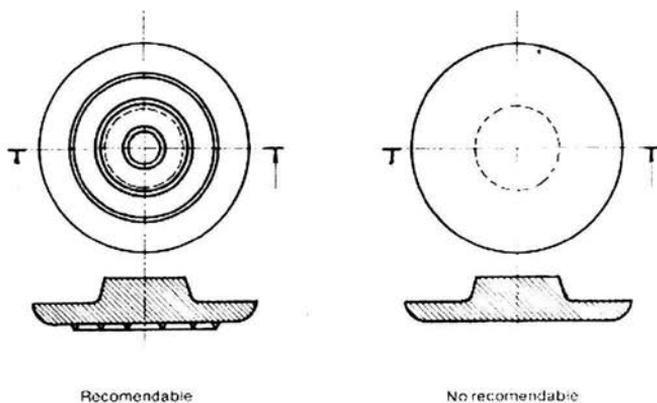


Figura 3.21 Ranuras concéntricas en superficies planas.

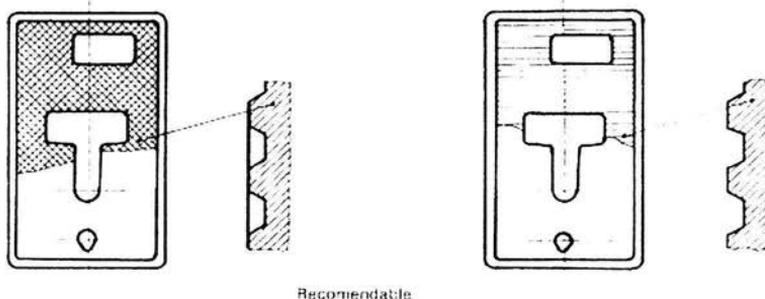


Figura 3.22 Moleteado de superficies planas.

Se recomienda para piezas con grandes superficies planas, la formación de anillos o ranuras concéntricas, en el caso de una pieza circular y el moleteado en cruz o en paralelo, cuando se trate de piezas no circulares.

### 3.5 TOLERANCIAS.

La tabla 3.4, muestra las tolerancias superior e inferior (en  $\pm$ ) recomendables para aleaciones de zinc, aluminio, magnesio y cobre, que se pueden aplicar a piezas con medidas cerradas (que serán tomadas como la medida nominal o central).

Tabla 3.4 Tolerancias dimensionales para las principales aleaciones empleadas en fundición a presión.

DIMENSION MAYOR DE LA PIEZA (MM)	ALEACIONES DE ZINC	ALEACIONES DE ALUMINO Y MAGNESIO	ALEACIONES DE COBRE
Menor de 20	$\pm 0.04\text{mm}$	$\pm 0.06\text{mm}$	$\pm 0.10\text{mm}$
20 a 120*	$\pm 0.83\% + 0.03\text{mm}^{**}$	$\pm 1.33\% + 0.03\text{mm}$	$\pm 2.3\% + 0.05\text{mm}$
120 a 500	$\pm 0.5\% + 0.07\text{mm}$	$\pm 0.87\% + 0.09\text{mm}$	-----

(\*) Para aleaciones de cobre, el rango es de 20 a 200mm.

(\*\*) La tolerancia se expresa como un porcentaje de la dimensión mayor de la pieza. Al limite superior, se le puede agregar la cantidad señalada en mm.

Esto es con el fin de evitar tolerancias cerradas innecesarias. Normalmente, en el molde se pueden obtener de 80,000 a 100,000 piezas (en el caso de aleaciones de cobre este número es más reducido), antes de que se deba desmontar para su mantenimiento y reparación (pulir las cavidades, rectificar superficies, etc.).

En estas circunstancias es cuando tienen más utilidad las tolerancias, pues permiten volver a utilizar el molde después de varios ciclos de mantenimiento y reparación, que pueden ocasionar variaciones en las dimensiones del producto.

El empleo de tolerancias, permite también establecer una cadencia adecuada durante la operación de la máquina de fundición a presión, ya que factores como la temperatura del molde, composición de la aleación, etc., pueden ocasionar pequeñas variaciones dimensionales que gracias a la aplicación de las tolerancias, harán que el producto no sea rechazado.

En casos especiales; se pueden sostener tolerancias más cerradas del producto, aunque esto implica mayor vigilancia y control del proceso, elevación del costo de operación y menor vida del molde.

En la tabla 3.5, se muestran tolerancias más cerradas, que se pueden emplear en casos extremos.

*Tabla 3.5 Tolerancias más cerradas.*

DIMENSION MAYOR DE LA PIEZA (MM) (D)	ALEACIONES DE ZINC	ALEACIONES DE ALUMINIO
Hasta 250	$\pm (0.001 D + 0.35)$	$\pm (0.0015 D + 0.43)$
Más de 250	$\pm 0.6$	$\pm 0.8$

Para las aleaciones de cobre estas tolerancias dependerán de la forma y dimensiones del producto, por lo que no aparecen en la tabla mencionada.

## CAPITULO 4. DISEÑO DEL MOLDE.

En este capítulo, se describe el proceso del diseño de un molde para obtener la carcasa de una transmisión para lavadora como muestra la figura 4.1, así como diversos cálculos que nos van a orientar para obtener dicha pieza. También, se presentan los dibujos de los diferentes componentes del molde.

### 4.1 PRODUCCION MENSUAL O ANUAL REQUERIDA.

Se, tiene una demanda de 9000 a 10000 piezas mensuales, esto nos habla del trabajo del molde y de su posible desgaste por el uso.

### 4.2 ALEACION A UTILIZAR.

La carcasa debe fabricarse de aluminio A 360, cuyas principales propiedades se muestran en la tabla 4.1

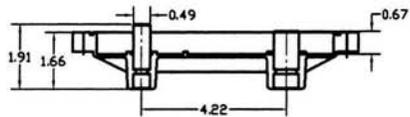
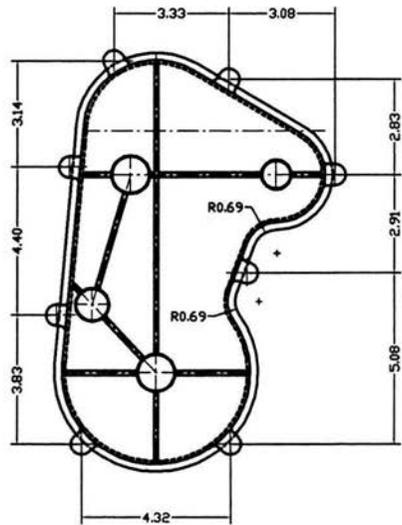
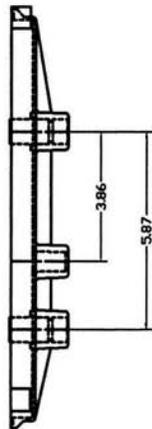
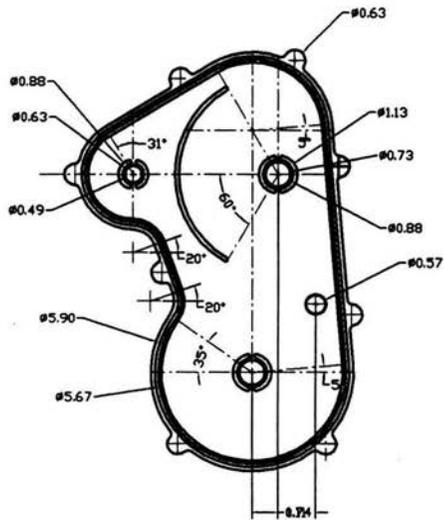
*Tabla 4.1 Aluminio 360.0-F; UNS A03600; ISO R2147 AlSi10Mg; AA360.0-F Die*

Componente	% en peso	Componente	% en peso	Componente	% en peso
Al	90.6 - 85.1	Mn	Max 0.35	Si	9 - 10
Cu	Max 0.6	Ni	Max 0.5	Sn	Max 0.15
Fe	Max 2	Otros, total	Max 0.25	Zn	Max 0.5
Mg	0.4 - 0.6				

Propiedades Físicas	Métrico	Ingles
Densidad	2.68 g/cm <sup>3</sup>	0.0968 lb/in <sup>3</sup>

<b>Propiedades Mecánicas.</b>			
Resistencia máxima	300 MPa	43500 psi	
Resistencia a la fluencia	170 MPa	24700 psi	0.2%
Elongación	2.5 %	2.5 %	en 50 mm
Módulos de Elasticidad	71 GPa	10300 ksi	En tensión; modulo de elasticidad en compresión es comúnmente 2% mayor para las aleaciones de aluminio.
Relación de Poisson	0.33	0.33	
Maquinabilidad	50 %	50 %	0-100 Scale (100=best)
Modulo de elasticidad	26.5 GPa	3840 ksi	
Resistencia al corte	190 MPa	27600 psi	

<b>Propiedades Térmicas.</b>			
Calor de Fusión	389 J/g	167 BTU/lb	
CTE, linear 20°C	20.9 $\mu\text{m}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$	11.6 $\mu\text{in}/\text{in}\cdot^\circ\text{F}$	20-100°C
CTE, linear 250°C	22.9 $\mu\text{m}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$	12.7 $\mu\text{in}/\text{in}\cdot^\circ\text{F}$	20-300°C
Capacidad de Calor	0.963 J/g·°C	0.23 BTU/lb·°F	
Conductividad Térmica	146 W/m-K	1010 BTU-in/hr-ft <sup>2</sup> ·°F	
Pto. de fundición	557 - 596 °C	1030 - 1100 °F	
Sólidos	557 °C	1030 °F	
Líquidos	596 °C	1100 °F	



UNAM. F.E.S.C. C.4.			
NOMBRE DE LA INSTRUMENTA Y PARTE:		MOLDE (CAVIDAD)	
CAJA TRANSMISOR CHICA FUNDICION		"LAVADORAS"	
ESCALA	INSTRUMENTOS	FECHA	FECHA DE OPERACION
	PUNILAS	23-01-04	
PROJ.	OP.	OP.	OP.
CONSTR. RAMIREZ BUIZ		WWW	WWW
PART. No. 06-0618	OP.	FECHA LI	

NOTAS IMPORTANTES:

DIBUJO CON CONTRACCION  
ALUMINIO A - 360  
FACTOR DE CONTRACCION 1.005

#### 4.3 TAMAÑO Y MODELO DE LA MAQUINA.

El molde a diseñar debe montarse en una maquina que tiene las características mostradas en la tabla 4.2

Tabla 4.2 Características de la maquina.

Modelo KM 90 – 340 A		
-Fabricante		Krauss – Maffei
-Año de Construcción		1980
-Diámetro del husillo	mm	40
-Presión máxima de inyección	bar	1530
-Cilindrada	cm <sup>3</sup>	221
-Peso max de la pieza moldeada por inyección.	gr.	199
-Número de revoluciones del husillo.		Variable
-Fuerza de cierre de la herramienta	kN	900
-Recorrido de apertura de la herramienta	mm	350
-Apertura máxima distancia entre placas	mm	760
-Altura de montaje de la herramienta min.	mm	210/410
-Distancia entre largueros h x v	mm	350/330
-Tamaño de la placa portamolde	mm	520x500
-Elevador de expulsión	mm	100
-Instal. potencia de accionamiento	kW	15
-Instal. potencia de calefacción	kW	12
-Tipo de mando		Digitale A- Elektronik
-Tensión de alimentación		380 V, 50 Hz , 3Phasen
-Superficie de colocación maquina	mm ca	4170x1210
-Peso neto sin aceite	Kg. ca	4700

4.4 CALCULO DE ÁREA MÁXIMA UTILIZABLE DEL PLANO DE PARTICION, EN BASE A LA FUERZA DE CIERRE Y A LA PRESIÓN DE INYECCIÓN RECOMENDADAS.

En los datos técnicos de la maquina se observa que la fuerza de cierre nominal es de 900kN, que haciendo la conversión nos da:  $900000\text{N} ( 1 \text{ kg}_f / 9.81 \text{ N} ) = 91,743.1 \text{ kg}_f$  , mediante esta fuerza se mantiene en posición al molde durante la inyección del

metal, ya que al penetrar este en la cavidad del molde, la presión de inyección produce una fuerza que tiende a romper el sello formado por las dos mitades del molde, sin embargo, la oposición de la fuerza de cierre evita que se abra el molde.

Ahora bien, se observa en la tabla 3.2, que en piezas técnicas que requieren buen acabado y tolerancias dimensionales pequeñas e inyectadas en aleaciones a base de aluminio, se recomienda una presión de inyección de 4.08 a 6.12 kg/mm<sup>2</sup>, por lo que dividiendo la fuerza de cierre nominal entre el límite superior de la presión de inyección se obtendrá el área máxima utilizable del plano de partición.

$$\text{Área máxima utilizable del plano de partición} = \frac{\text{Fuerza de cierre nominal}}{\text{Presión de inyección máx.}}$$

$$= \frac{91,743.1 \text{ kg}}{6.12 \text{ kg/mm}^2}$$

$$= 14990.7 \text{ mm}^2$$

#### 4.5 CALCULO DE LA SECCIÓN DEL ATAQUE.

Como ya se vio, la sección de ataque se calcula mediante la siguiente relación, según W. Davok.

$$S_a = 0.18 W$$

W = peso de la pieza, incluyendo rebosaderos en g.

0.18 Constante

Entonces, tenemos:  $S_a = 0.18 ( 847 \text{ g. } ) = 152.46 \text{ mm}^2$

A partir de esta área, se determinan las dimensiones del ataque; la primer limitante, es que el espesor del ataque no puede ser mayor que el de la pieza, y la segunda indica que debe dimensionarse lo mas pequeño posible para facilitar el desprendimiento de la pieza del canal de colada y minimizar las rebabas.

Los valores orientativos del espesor del ataque para la aleación de aluminio, se tiene un margen de 1 a 1.4 mm.

Entonces tenemos:

$$\text{Ancho del ataque} = \frac{\text{Área calculada}}{\text{Espesor selec.}} = \frac{152.46 \text{ mm}^2}{1.4 \text{ mm}} = 108.9 \text{ mm} = 4.28 \text{ pulg.}$$

#### 4.6 CALCULO DE LA FUERZA DE CIERRE NECESARIA.

Como lo vimos en el capitulo anterior, para obtener la fuerza de cierre necesaria debemos de hacer los siguientes cálculos.

$$\begin{array}{r}
 \text{Área de las piezas} \\
 \text{Área de los rebosaderos} \\
 + \text{Área de los canales de alimentación} \\
 \hline
 \text{Área total del plano de partición}
 \end{array}$$

El área total del plano de partición lo multiplicamos por la presión de inyección, según la aleación que se va a utilizar.

$$\text{Área de la pieza} = 945 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área de los rebosaderos o cacahuates} = 1.2 \text{ pulg}^2 \times 25.4 \text{ mm}^2 / 1 \text{ pulg}^2 = 774.2 \text{ mm}^2$$

como son cinco los rebosaderos, entonces multiplicamos por cinco dicha cantidad

$$774.2 \times 5 = 3871 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área del canal} = 15.5 \text{ pulg}^2 \times 25.4 \text{ mm}^2 / 1 \text{ pulg}^2 = 9999.9 \text{ mm}^2$$

Sumamos:

$$\begin{array}{r}
 945 \text{ mm}^2 \\
 + 774.2 \text{ mm}^2 \\
 \hline
 9999.9 \text{ mm}^2 \\
 14815.9 \text{ mm}^2
 \end{array}$$

Así el área total del plano de partición = 14815.9 mm<sup>2</sup>, esta cantidad se multiplica por el valor de la presión de inyección para la aleación de aluminio, consultando la tabla 3.2, se obtiene que para una pieza técnica que requiere buen acabado y tolerancias

dimensionales pequeñas el valor de las presiones de inyección es de 4.08 a 6.12 kg/mm<sup>2</sup> para aleaciones de aluminio que es el material que se va a utilizar.

Obteniendo una media de los valores de la tabla, se utiliza como valor de la presión de inyección un valor igual a 5 kg/mm<sup>2</sup>.

Por lo tanto :

$$14815.9 \text{ mm}^2 \times 5 \text{ kg/mm}^2 = 74079.5 \text{ kg.}$$

$$\text{Fuerza de cierre necesaria} = 74079.5 \text{ kg.}$$

Como se puede observar, para realizar dicha inyección, se necesita una fuerza de cierre mayor a 74079.5 kg<sub>f</sub>.

Según los datos técnicos de la máquina seleccionada, proporciona una fuerza de cierre de 900 kN, realizando la conversión se obtiene:

$$900000\text{N} ( 1 \text{ kg}_f / 9.81 \text{ N} ) = 91743.1 \text{ kg}_f.$$

Lo cual significa que se esta dentro del rango permitido.

#### 4.7 SELECCIÓN DE LOS CORAZONES FIJOS.

La función de estos corazones, igual que en otros procesos de fundición es formar pequeños taladros, agujeros ciegos ( llamados así por no atravesar la pieza de lado a lado), aberturas o cavidades en la pieza inyectada.

Cuando los corazones impiden la salida de la pieza, deben ser móviles, es decir, deben poder extraerse del molde para permitir la expulsión de la pieza.

#### 4.8 EXPULSION DE LA PIEZA DEL MOLDE.

El diseñador debe considerar la condición que al abrir el molde una vez que se ha inyectado metal, debe quedar retenido el racimo de inyección ( formado por las piezas, los rebosaderos y el sistema de alimentación) en el semimolde móvil, para que al desplazarse este ultimo en la carrera de apertura, sean accionados los dispositivos de expulsión y el racimo pueda ser retirado por tener una posición estática, el

semimolde fijo debe permitir una salida libre del racimo para que este ultimo no permanezca en el lado fijo y pueda ser sacado del lado móvil.

En general, los dispositivos de expulsión consisten de un cilindro unido al semimolde móvil; un pistón donde están montados los pernos expulsores ( espigas cilíndricas ); un vástago libre y un resorte antagónico. El pistón puede ser accionado por un tope mecánico o un sistema hidráulico, de tal forma que al abrir el semimolde móvil, el vástago libre del pistón, es detenido en el primer caso o accionado en sentido inverso al de la carrera de apertura, en el segundo caso, con lo que se consigue que los pernos expulsores choquen contra uno o varios puntos del racimo de inyección sacándolo del semimolde móvil. El vástago regresa a su posición mediante el resorte.

#### 4.9 REFRIGERACION DEL MOLDE.

Para poder expulsar la pieza del molde, se requiere disipar cierta cantidad de calor para solidificar el metal recién inyectado.

En todas las aleaciones empleadas para fundición a presión por cámara caliente y fría, se requiere disminuir en unos 200 °C la temperatura del racimo, en el intervalo de tiempo comprendido entre el final de la inyección del metal fundido y la expulsión del racimo.

Para conocer el parámetro ( peso de metal inyectado por hora ), se debe determinar el peso del racimo de inyección en base a sus dimensiones. Los pesos de los componentes del racimo se enuncian a continuación:

- Peso de las dos piezas, incluyendo rebosaderos : 1694 g.
- Peso de los canales de alimentación : 66 g.
- Peso del cono bebedero : 132 g.
- Peso total del racimo : 1892 g.

La frecuencia o numero de ciclos por hora, se podrá determinar una vez que se ponga en funcionamiento el molde en base al acabado superficial, zonas con material faltante, etc., se adopta el numero de ciclos por hora mas adecuado.

En este ejemplo, en base al peso del racimo y a su grado de complejidad normal, podría esperar tener una frecuencia máxima de 45 ciclos / hora, por lo que el peso del metal inyectado por hora será de:

(Peso del racimo) (No. Ciclos/hora) = Peso del metal inyectado/hora

(1892 gr.) (45 ciclos/hora) = 85140 g/h

#### 4.10. SELECCIÓN DEL ACERO PARA FABRICAR EL MOLDE.

El rendimiento del molde en la fundición a presión desempeña un papel muy importante en el éxito económico del proceso. Por lo tanto, para obtener una buena eficiencia, es necesario hacer una correcta selección del acero y del tratamiento térmico para fabricar el molde, además de realizar eficaz mantenimiento de sus piezas durante el uso. Un acero para moldes de fundición a presión debe:

- Conservar su dureza en caliente.
- Ser insensible a los cambios bruscos de temperatura.
- Poseer suficiente resistencia al desgaste a altas temperaturas.

Conocer el tipo de metal fundido a utilizar, las cargas y frecuencia de inyección, las dimensiones del molde la clase de maquina de fundición a presión (cámara caliente o fría), permitirá juzgar de manera apropiada los requisitos del acero ya mencionados.

Además, debe cumplir con las siguientes características generales, indispensables en todos los aceros altamente aleados y que son:

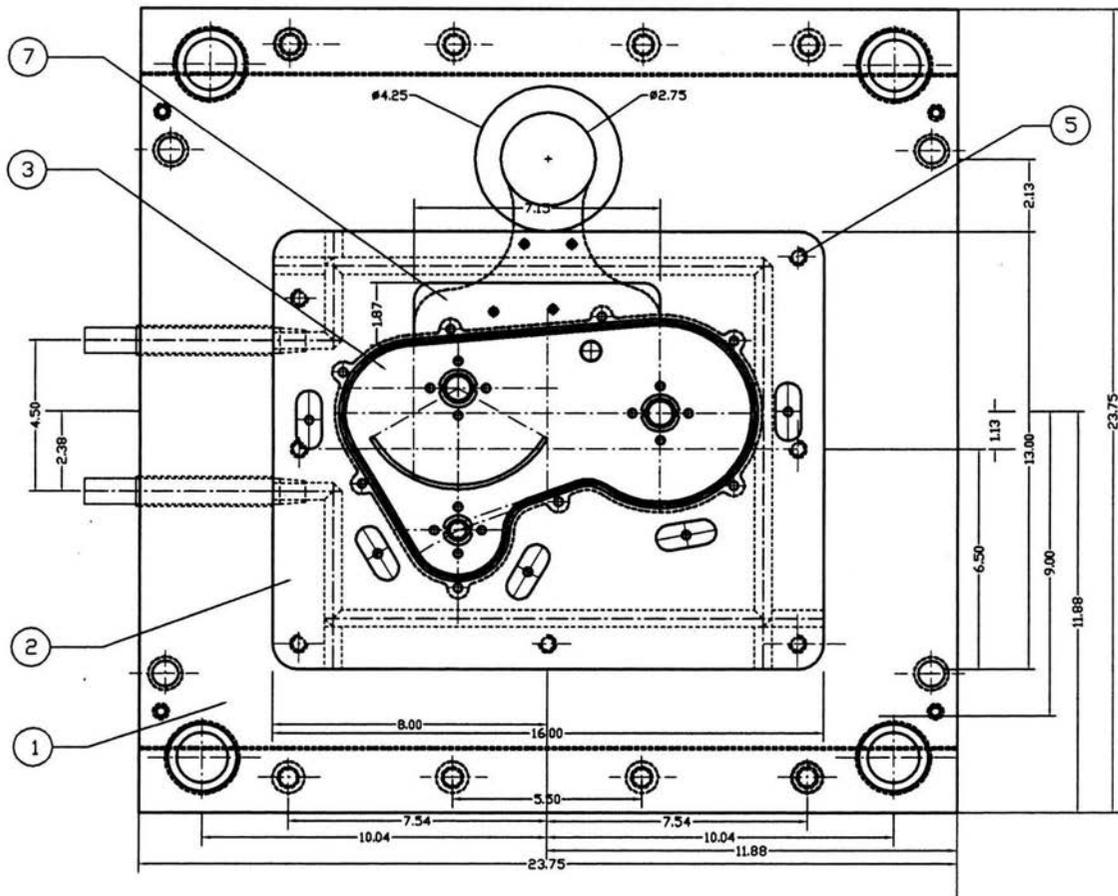
- Estar exento de inclusiones y segregaciones.
- Ser indeformable.
- Poseer un grado elevado de dureza.
- Ser de fácil maquinabilidad.

Para la realización de esta pieza se va a inyectar una aleación de Aluminio 360, se puede orientar la selección del acero hacia el AISI H-13, este acero es especialmente para moldes, de aleación especial a base de Molibdeno (que aumenta la resistencia a la tracción, la dureza y la tenacidad, conserva la dureza a temperaturas elevadas), Cromo ( que aumenta la resistencia a la tracción, la dureza y la tenacidad, incrementa la resistencia a la abrasión y al desgaste y produce resistencia a la corrosión y a la oxidación), y Vanadio ( que favorece la formación de carburos y aumenta la resistencia al desgaste).

#### 4.11 DISTRIBUCION DEL MOLDE.

En las figuras 4.2, 4.3, 4.4 y 4.5 se pueden observar como están distribuidas las diferentes partes del molde como son: el porta molde, el inserto corazón, el corazón, la cavidad y los botadores.

Estos planos nos van ayudar a comprender como esta distribuido este molde, a conocer sus dimensiones tanto del molde como de la pieza que queremos obtener.



U.N.A.M. F.E.S.C. C.4.

FORMA DE LA HERRAMIENTA Y PARTE: MOLDE I CAVIDAD  
CAJA TRANSICION CHICA FUNDICION "LAVADORAS"

ESCALA: NOTACIONES: FIGURA: TUBO NO ESPECIFICADO ACABADOS  
FRACC. + 1/64 00 = BARRA  
PULG. 21-01-04 000 = NO. FIG.  
DISEÑADOR: MIRAN RAMIREZ BLIZ  
PARTIC. NO.: 06-0618  
OP: FIGURA: 12

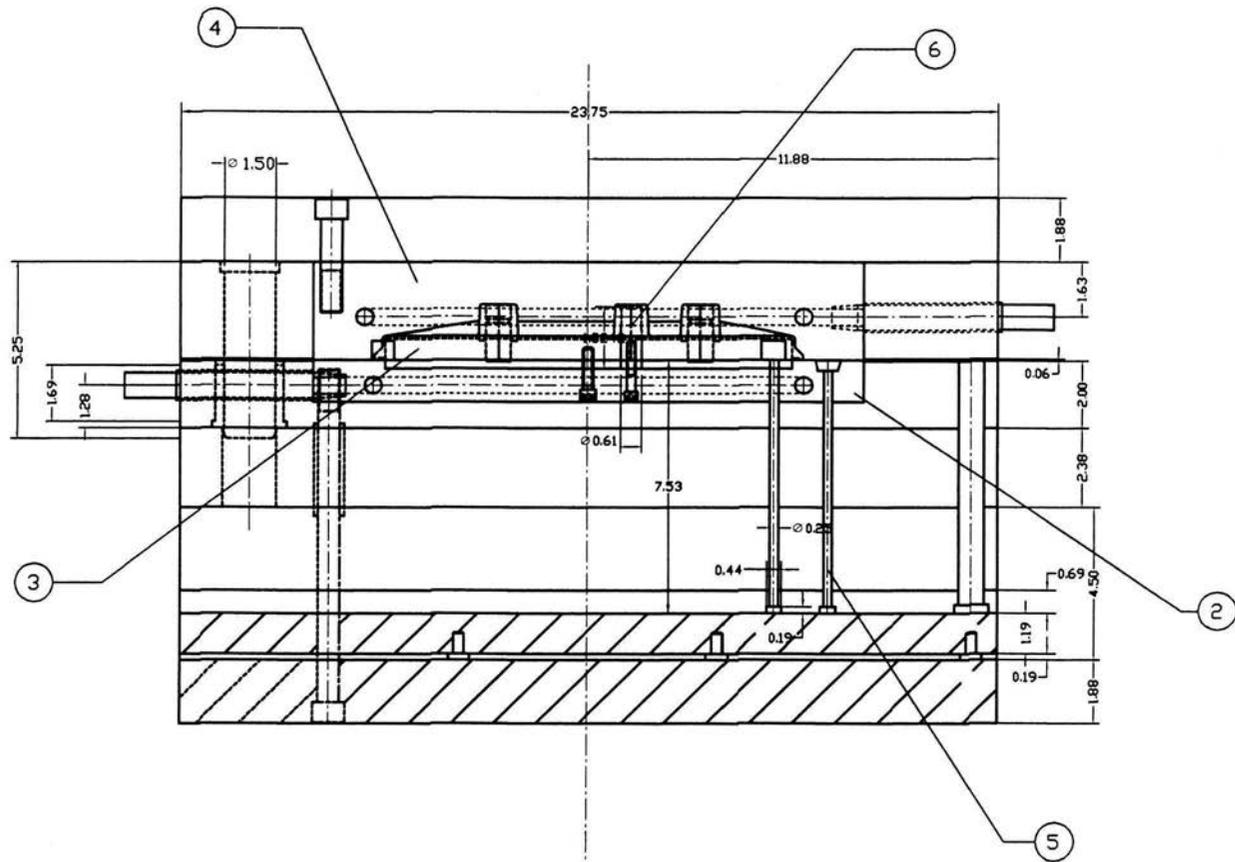
LISTA DE MATERIALES

No.	Descripcion	Materia	Medida Final	Cant
1	PISTA MOLDE	2424 FABRICAR EN RESA		1
2	INSERTO CHAZON	ACERO H-13	1 1/2 X 13 X 16	1
3	CHAZON	ACERO H-13	1 X 8 X 12 1/2	1
4	CAVIDAD	ACERO H-13	3 X 13 X 16	1
5	MOLDE	RESA	8.57 X 16.87	1
6	INSERTO CHAZON	ACERO H-13	0.5 X 8 X 7.75	1
7	INSERTO CHAZON	ACERO H-13	1 1/2 X 2 1/2 X 1 1/4	1
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

NOTAS IMPORTANTES:

- 1- MATERIAL A FUNDIR: ALUMINIO
- 2- CONTRACCION: 1.805%
- 3- NO TOMAR MEDIDAS DIRECTAMENTE DE PLANO
- 4- APOYARSE EN BUBIDO DE EL PRODUCTO
- 5- SI TIENE DUDAS PREGUNTE.
- 6- LA CONTRACCION YA ESTA INCLUIDA EN LAS DIMENSIONES DE EL PLANO



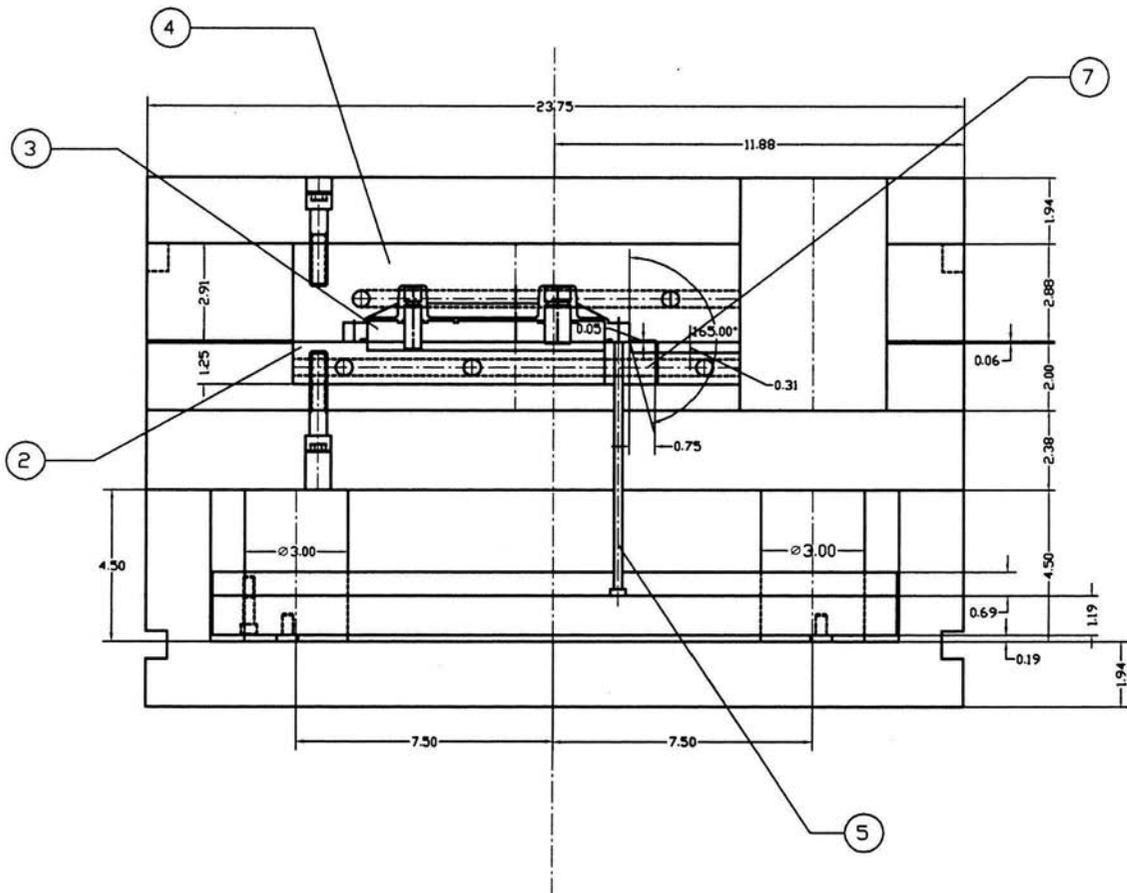


UN.A.M. F.E.S.C. C.4.

NOMBRE DE LA HERRAMIENTA Y PARTES: VOLTE I CAVIDAD  
CAJA TRANSMISION CHICA FUNDICION "LAVADORAS"

ESCALA	INDICACIONES	FECHA	TOLERANCIAS	ACABADOS
	1 PULGOS	27-01-04	FRACC. + 0.04	0.05
			0.01	0.05
			0.005	0.05
			0.002	0.05

UN.A.M. F.E.S.C. C.4.  
DISEÑADO POR: RAFAEL RUIZ  
PARTES No. 05-0618



U.N.A.M. F.E.S.C. C.4.			
NOMBRE DE LA HERRAMIENTA Y PARTE:		NOMBRE Y CANTIDAD	
CAJA TRANSMISION CHICA FUNDICION "LAVADERAS"		1	
ESCALA:	PROYECTISTA:	FECHA:	TIPO DE OPERACION:
1:1	PAULIS	27-01-04	ADJUSTE
PROYECTO:	PROYECTISTA:	FECHA:	TIPO DE OPERACION:
UNAM RANUREZ 2 04/07	PAULIS	27-01-04	ADJUSTE
PARTES No.:	05-0618	DR	FIGURA 43

## **CONCLUSIONES.**

Después del trabajo desarrollado se pueden establecer las conclusiones siguientes:

1.- Conocimos los diversos tipos de fundición que existen, como son la fundición de lingotes y la fundición de formas, las recomendaciones para cada tipo de fundición y los diversos métodos para la fundición de formas, así como las ventajas y desventajas asociadas con la fundición.

2.- Se establecieron los parámetros que deben tomarse en cuenta para la realización de un molde permanente y los diversos cálculos.

3.- Se establecieron los diversos materiales a utilizar tanto para el molde como para la pieza a fundir, por sus diferentes características y eficiencia.

4.- Se estableció el modelo y tamaño de la maquina apropiada para la realización de dicha pieza, tanto por la demanda requerida y su economía.

5.- Finalmente, se realizo todo lo necesario para elaborar la carcasa de transmisión de lavadora, sus planos, sus diferentes cálculos, tomando en cuenta diferentes parámetros, y tomando en cuenta las ventajas de un proceso de fundición a presión de aluminio.

## BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Ingeniería de Manufactura.  
Ing. Ulrich Scharer Sauberli.  
Compañía Editorial Continental.  
México 1984.
  
- 2.- Fundamentos de Manufactura Moderna. Materiales, Procesos y Sistemas.  
Mikell P. Groover.  
Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A.  
México 1997.
  
- 3.- Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales.  
William D. Callister, Jr.  
Editorial Reverte.  
España 1995.
  
- 4.- Ciencia e Ingeniería de los Materiales.  
Donald R. Askeland.  
International Thomson editores.  
México 1998.
  
- 5.- [www.matweb.com](http://www.matweb.com)
  
- 6.- Procesos para Ingeniería de Manufactura.  
Leo Alting.  
Editorial Alfaomega.  
México 1990.