

01127
25



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

“DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE DE INYECCIÓN USANDO TÉCNICAS CAD/CAM/CAE”

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO

PRESENTAN:

AARÓN RIOS OLEA
MIGUEL ANGEL AVILA PUC

DIRECTOR DE TESIS: ING. EDUARDO GARDUÑO

Ayuntamiento a la Dirección General de Bibliotecas
UNAM a difundir en formato electrónico e impre:
contenido de mi trabajo recepción:

NOMBRE: Miguel Angel Avila
Puc

FECHA: 26 de Marzo 2003

MÉXICO, D.F.

FIRMA: *[Firma]*
CIUDAD UNIVERSITARIA, 2003



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A



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.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

DEDICATORIAS

A Dios, por darme la oportunidad de vivir, por permitirme dar un paso más en mi vida, por darme unos padres únicos e inigualables, por darme la oportunidad de demostrarme a mí mismo que las cosas valiosas de la vida cuestan trabajo conseguirlas, pero que con dedicación y perseverancia cualquier meta o cualquier sueño se puede realizar.

A mi Mamá, por todo tu apoyo y confianza, este trabajo está dedicado especialmente para ti. Con todo mi cariño y respeto.

A mi Papá (1), por ser el ejemplo de honestidad, trabajo, respeto y fortaleza ante cualquier adversidad, cualidades que formaron en mí lo que ahora soy.

A mis hermanos y hermanas, gracias por su apoyo y compañerismo que me han motivado siempre.

A mi hermano Carlos, porque en todo momento he contado con tu apoyo incondicional cuando lo he necesitado.

A mi sobrino Omar, por tu apoyo, te deseo el mayor de los éxitos, por ti Cabozón.

A José Álvarez Camargo (1), por haberme enseñado el lado bueno de las matemáticas y a valorar a las persona tales como son.

A Ing. Eduardo Garduño, por el tiempo brindado y consejos para la realización de este trabajo.

A la M. I. Magdalena Trujillo Barragán, por la ayuda en la elaboración de este trabajo.

A la UNAM, mi alma mater, por brindarme sus puertas, misma que me permitió el logro de mi más anhelada meta, permitiéndome estudiar una carrera profesional, así como el de brindarme la oportunidad de ser parte de tan importante y prestigiada institución.

A la Facultad de Ingeniería, por otorgarme el conocimiento a través de mi estancia en ella y el de haberme formado como ingeniero.

Aarón Ríos Olea.

AGRADECIMIENTOS:

A mi madre María Trinidad Puc Colli

Con todo mi agradecimiento por su confianza y tiempo brindado en forma siempre cariñosa e incondicional.

A mi padre José Guadalupe Avila Reyes

Con profundo cariño y gran admiración por el apoyo e incondicionales esfuerzos que hicieron posible que llegara a la meta que siempre deseo.

A mis hermanos María Eloisa, Adaluz Patricia, María Guadalupe, José Luis, Juan José y Marco Antonio por el apoyo y confianza que me motivaron a alcanzar mi objetivo. Y porque ellos siempre creían en mí.

A mis sobrinos Karla, Jorge, etc.

A la memoria de mis tíos por haberme brindado siempre su gran cariño y comprensión.

A todas aquellas personas que de una manera directa o indirecta coadyuvaron al desarrollo del presente trabajo.

A MI ALMA MATER LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

Por la formación que me dio.

A mi compañero de tesis Aarón Ríos

GRACIAS

Avila Puc Miguel Angel

**ÍNDICE**

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. EL DISEÑO EN INGENIERÍA.	
1.1 INTRODUCCIÓN.....	3
1.2 EL DISEÑO.....	3
1.3 EL PROCESO DEL DISEÑO.....	4
1.4 CONSIDERACIONES DEL DISEÑO.....	12
1.4.1 FACTORES ECONÓMICOS.....	13
1.5 CÓDIGOS Y NORMAS.....	13
1.6 CAD.....	14
1.7 CAE.....	15
1.8 CAM.....	15
CAPÍTULO 2. MODELADO Y SIMULACIÓN ASISTIDOS POR COMPUTADORA.	
2.1 INTRODUCCIÓN.....	16
2.2 MODELO GOMÉTRICO POR COMPUTADORA.....	16
2.2.1 MODELADO DE ALAMBRE.....	16
2.2.2 MODELADO DE SUPERFICIES.....	17
2.2.3 MODELADO DE SÓLIDOS.....	19
2.2.4 MODELADO HÍBRIDO.....	21
2.2.5 MODELADO PARAMÉTRICO.....	21
2.3 TÉCNICAS PARA LA ELABORACIÓN DE PROTOTIPOS.....	21
2.3.1 TÉCNICAS CAD/CAM.....	21
2.3.2 CAE.....	22
2.3.3 ESTEREOLITOGRAFÍA.....	22
CAPÍTULO 3. SELECCIÓN DE MATERIALES Y PROCESOS DE MANUFACTURA.	
3.1 INTRODUCCIÓN.....	24
3.2 PROCESOS BÁSICOS DE MANUFACTURA.....	24
3.3 SELECCIÓN DE MATERIALES.....	25
3.4 MÉTODOS DE EVALUACIÓN PARA SELECCIÓN DE MATERIALES.....	26
3.4.1 MÉTODO DE COSTO vs. ÍNDICE DE DESEMPEÑO.....	26
3.4.2 MÉTODO DE PROPIEDADES PONDERADAS.....	27
3.4.3 MÉTODO POR ANÁLISIS DE FALLA.....	27
3.4.4 MÉTODO DE SELECCIÓN ASISTIDO POR COMPUTADORA.....	28
3.4.5 MÉTODO DE SELECCIÓN POR SISTEMAS EXPERTOS.....	28
3.5 DISEÑO PARA MANUFACTURA.....	28
3.6 INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS CAD/CAM/CAE.....	29



CAPÍTULO 4. GENERALIDADES DEL DISEÑO DE MOLDES DE INYECCIÓN.	
4.1 INTRODUCCIÓN.....	30
4.2 CLASIFICACIÓN DE MATERIALES POLIMÉRICOS.....	30
4.3 PROCESO DE INYECCIÓN.....	30
4.4 ELEMENTOS DEL MOLDE DE INYECCIÓN.....	33
4.5 TIPOS DE MOLDES.....	34
4.5.1 CLASIFICACIÓN DE MOLDES.....	34
4.5.2 MOLDES SENCILLOS O MÚLTIPLES.....	34
4.5.3 SISTEMAS DE LLENADO.....	35
4.5.3.1 CONO DE ENTRADA "BEBEDERO".....	35
4.5.3.2 EXTRACCIÓN DEL CONO "BEBEDERO".....	36
4.5.4 CONFIGURACIÓN DE LOS CANALES DE ENTRADA Y DISTRIBUCIÓN.....	36
4.5.5 DISPOSICIÓN DE LAS ENTRADAS EN LA PIEZA.....	38
4.5.6 CANTIDAD DE ENTRADAS.....	38
4.5.7 TIPOS DE MAZAROTES Y DE ENTRADAS.....	38
4.5.8 ENFRIAMIENTO DEL MOLDE.....	39
4.5.8.1 TIEMPO DE ENFRIAMIENTO.....	40
4.6 MATERIALES EMPLEADOS EN LA FABRICACIÓN DE MOLDES.....	42
4.6.1 ACEROS.....	42
4.6.2 MATERIALES OBTENIDOS GALVÁNICAMENTE.....	47
4.6.3 MATERIALES CERÁMICOS.....	48
4.7 MATERIALES DE COLADA.....	49
4.8 METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE MOLDES.....	49
4.8.1 CONSIDERACIONES REOLÓGICAS.....	49
4.8.2 NORMALIZACIÓN.....	56
4.9 MOLDES DE INYECCIÓN PARA MATERIALES TERMOPLÁSTICOS.....	56
CAPÍTULO 5. DISEÑO, ANÁLISIS Y FABRICACIÓN DEL MOLDE DE INYECCIÓN.	
5.1 INTRODUCCIÓN.....	59
5.2 IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD.....	59
5.3 DEFINICIÓN DE LA TAREA.....	59
5.4 ESPECIFICACIONES DE LA TAREA.....	59
5.5 CONCEPCIÓN DE Y CONCEPTUALIZACIÓN DE IDEAS.....	61
5.6 SELECCIÓN DEL CONCEPTO ÓPTIMO.....	65
5.6.1 SELECCIÓN DEL MATERIAL PARA LOS ELEMENTOS DEL MOLDE DE INYECCIÓN.....	66
5.7 ANÁLISIS DEL DISEÑO.....	67
5.7.1 ANÁLISIS DE INGENIERÍA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL MOLDE DE INYECCIÓN.....	68
5.8 PRUEBAS EXPERIMENTALES.....	70
5.9 INFORME FINAL.....	70
5.10 REALIZACIÓN.....	72
5.11 MANUFACTURA.....	72
5.12 DISTRIBUCIÓN.....	75
5.13 CONSUMO.....	75



INDICE



CAPÍTULO 6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	
6.1 INTRODUCCIÓN.....	76
6.2 PROPUESTAS DEL ANÁLISIS PARA MOLD FLOW.....	76
6.3PRESENTACIÓN DE CADA ELEMENTO DEL MOLDE DE INYECCIÓN.....	80
6.3.1PLACA DEL MOLDE.....	80
6.3.2 TAPA DE LA PLACA DE ENFRIAMIENTO.....	81
6.3.3 PLACA DE ENFRIAMIENTO.....	81
6.3.4 PLACA DE BOTADORES.....	81
6.3.5 PRESENTACIÓN DE LOS ELEMENTOS EN CONJUNTO...82	
CONCLUSIONES.....	83
BIBLIOGRAFÍA.....	84
ANEXO A.....	86
ANEXO B.....	87
ANEXO C.....	91
ANEXO D.....	92
ANEXO E.....	95



INTRODUCCIÓN

La competitividad hoy en día esta basada en el precio y tiempo de fabricación. Las industrias deben de mantener sus precios bajos y tener la capacidad de actualizar sus productos pero no a expensas de la calidad, seguridad o funcionalidad de estos. La competencia es tan intensa, consecuencia misma que el mercado ejerce, que la innovación es crítica para una industria que desee ser lider. Para innovarse la industria debe de tomar tanto como pueda la tecnología para el desarrollo de nuevos productos

Nuevos materiales y procesos de fabricación están actualmente disponibles para reducir el peso, tiempos de fabricación e incrementar la durabilidad, en pocas palabras, mejorar el producto día con día. Estos avances tecnológicos combinados con diseños creativos han permitido que la industria haga cambios nunca antes imaginados en los productos ya existentes o el desarrollo de nuevos productos, en tiempos extremadamente cortos.

Las industrias lideres deben satisfacer continuamente o mejor aun anticiparse por completo a las necesidades de los consumidores ya que estos nunca antes habían tenido una variedad tan extensa de marcas y productos con tal calidad. Sin embargo el estilo y la estética son ahora tan importantes como la funcionalidad y la durabilidad.

Ante el reto que este mercado tan competitivo lanza, las industrias tienen que dirigir sus esfuerzos a la reducción de costos de operación y fabricación, mejorar la calidad de sus productos, satisfacer a los consumidores, mantener sus precios tan bajos como les sea posible y además obtener las ganancias suficientes.

Un ejemplo claro es la fabricación de moldes de inyección de plástico, moldes de soplado de plástico y modelos para fundición con formas complejas, antes esto implicaba un trabajo laborioso y en ocasiones artesanal, lo que traía como consecuencia un consumo excesivo de tiempo en el desarrollo de estos elementos, además de que se incrementaban considerablemente los costos de diseño y manufactura, haciéndolos en ocasiones imposibles de producir, debido a las limitaciones que presentan las técnicas y equipos tradicionales de manufactura.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Actualmente existen nuevas tecnologías tales como el CAD (Diseño Asistido por Computadora), el CAM (Manufactura Asistida por Computadora) y CAE (Ingeniería Asistida por Computadora), cuyo objetivo es agilizar las tareas del diseño y fabricación de productos.

Debido a que se requiere una mayor agilización en el campo del diseño y manufactura, el presente trabajo pretende conjuntar estas tres tecnologías, teniendo como objetivo, **diseñar y fabricar un molde de inyección para uso en la inyectora de plásticos DEMAG ergotechpro 50-270, aplicando las técnicas CAD/CAM/CAE.**

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



CAPITULO I

EL DISEÑO EN INGENIERÍA

1.1 INTRODUCCIÓN.

En el desarrollo de este capítulo se mencionan aspectos importantes como son métodos de diseño, códigos, normas y las técnicas CAD, CAM, CAE para un óptimo diseño del molde de inyección de plásticos.

1.2 EL DISEÑO.

Diseñar es formular el plan para satisfacer una demanda humana. La necesidad particular que habrá de satisfacerse puede estar completamente bien definida desde el principio.

Un problema de diseño no es un problema en absoluto. Todo diseño tiene un propósito concreto: *la obtención de un resultado final al que se llega mediante una acción determinada o por la creación de algo que tiene realidad física*. En ingeniería, el término *diseño* puede tener diferentes significados para distintas personas; también es el proceso en el que se utilizan principios científicos y métodos técnicos (matemáticos, computación, electrónica, métodos gráficos y lenguaje común) para llevar a cabo un plan que satisfecerá cierta necesidad o demanda.

El diseño *mecánico* es el diseño de sistemas y objetos de naturaleza mecánica: piezas, estructuras, mecanismos, máquinas y dispositivos e instrumentos diversos. En su mayor parte, el diseño mecánico hace uso de las matemáticas, las ciencias de los materiales y las ciencias mecánicas aplicadas a la ingeniería.

El diseño en *ingeniería mecánica* incluye el diseño mecánico, pero es un estudio de mayor amplitud que abarca todas las disciplinas de la ingeniería mecánica, incluso las ciencias térmicas y de los fluidos.

El diseño en México, principalmente se da en las universidades y empresas transnacionales, ya que es donde se tienen los recursos para desarrollar dicha investigación, sin embargo aún falta bastante por realizar respecto a dicho tema, ya que no se cuenta con la infraestructura y el apoyo suficiente.

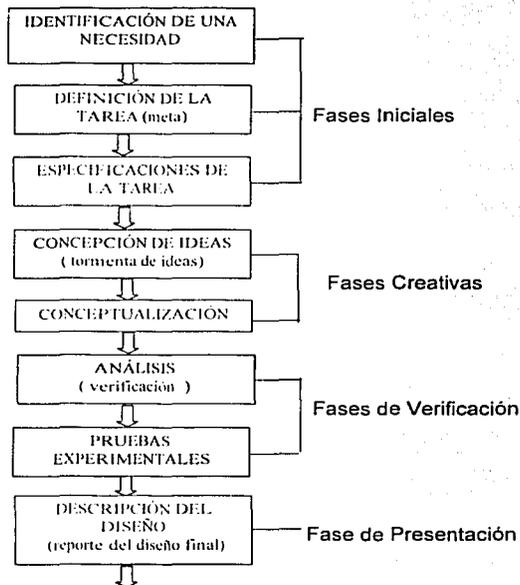


1.3 EL PROCESO DEL DISEÑO.

El objetivo de esta sección es destacar lo importante que tiene la exposición de un objeto como paso final en el proceso de diseño, la comunicación debe de ser lo más completa y clara posible.

Muchas personas en el pasado han preparado esquemas de los pasos que pueden seguirse en el proceso de diseño como el propuesto a continuación por Luzadder¹.

Luzadder nos indica, que en un proyecto típico de diseño el proceso se dividirá así mismo en un cierto número de fases de acuerdo a la complejidad del problema, se pueden considerar las fases siguientes, como lo muestra la figura 1.1.



¹ "Fundamentos de Dibujo en Ingeniería", Luzadder Warren J. Prentice-Hall, 1ª ed. 1981.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

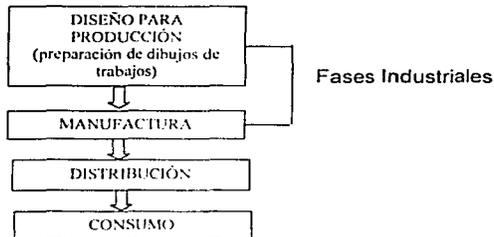


Figura 1.1 Proceso de diseño.

Se ha preparado este esquema con el fin de dar algún aspecto de orden al proceso de diseño total, a partir del punto de identificación de la necesidad, hasta el punto de comercializar el producto. Sin embargo, hay que reconocer que realmente existen muchas combinaciones de pasos en el proceso total y no hay un listado único que contenga la mejor, ni la única combinación. El procedimiento de diseño requerido en muchos casos puede ser muy complejo y los diseñadores con éxito han encontrado diferentes maneras de lograr sus metas.

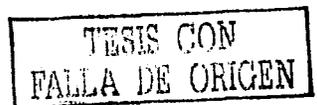
Se puede considerar que las fases básicas del proceso de diseño son:

- 1.- Identificación de la necesidad.
- 2.- Definición de la tarea (metas).
- 3.- Especificaciones de la tarea.
- 4.- Concepción de ideas.
- 5.- Conceptualización.
- 6.- Análisis.
- 7.- Pruebas experimentales.
- 8.- Descripción del diseño (solución).
- 9.- Diseño de producción.

La fase 9 (realización) no suele ser de primer interés para un diseñador. Además, el diseñador puede dar o no dar alguna atención a la manufactura, distribución y consumo del producto. Si se toman en cuenta estos factores, serían las etapas décima.

Definición de la tarea - definición de metas.

Enunciada con brevedad, la definición de la tarea es la expresión de una comisión para crear un producto o un sistema que satisfagan determinadas necesidades. Mediante enunciados generales, se identifican tanto el producto como las metas del proyecto.





Los enunciados deben ser claros y concisos para evitar al menos algunas de las dificultades (a menudo, encontradas en el diseño) que pueden conducir directamente hacia atrás de unas metas definidas deficientemente.

Aún cuando es probable que la persona iniciadora del proyecto ya haya reunido alguna información pertinente y tenga algunas ideas preconcebidas, es preferible no incluir ese material. Es mejor presentar las metas en términos de objetivos y entonces permitir que los diseñadores perciban el proyecto a su manera, tan libre de restricciones como sea posible. La definición de la tarea debe incluirse en la proposición.

Especificaciones de la tarea.

Este es un listado de parámetros y datos que servirá para controlar el diseño. Por lo común, esta etapa va precedida por alguna investigación preliminar para coleccionar información relacionada con la meta antes definida.

Al preparar las especificaciones de la tarea, el diseñador o el grupo de diseño enumera todos los datos pertinentes que puedan obtenerse de los informes de la investigación, periódicos comerciales, registros de patentes catálogos y otras fuentes que posean información relacionada con el proyecto propuesto. En esta lista deben estar incluidos los parámetros que tenderán a controlar el diseño. Otros factores dignos de considerarse como los materiales que se utilizarán, el mantenimiento y el costo, también deben anotarse.

Concepción de ideas.

Las creaciones en verdad grandes son posibles cuando uno, actuando solo o en grupo, deja su imaginación a volar a gran altura con pocas restricciones. Si un ingeniero asignado a un diseño puede poner a un lado su tecnología de ingeniero y cerrar sus ojos, al menos temporalmente, a los enfoques tradicionales, está en el trance adecuado para aceptar casi cualquier desafío. Esos son el modo y el enfoque mental que conducen a los grandes descubrimientos. Algunos los llaman concepción de ideas; otros los han llamado imaginaria. Si podemos aprender a abrir nuestras mentes de ingenieros a nuevos enfoques de nuestros problemas técnicos, así como a nuestros problemas presentes como la contaminación del aire, los desechos industriales, el transporte y aún el desempleo, no habrá límite que nos detenga.

Este enfoque de mente abierta de la imaginaria a los problemas debe ser atemperado con un sentido de responsabilidad profesional. Ya no se puede aceptar resolver un problema inmediato con una solución que durante años haya estado dañando el ambiente. La imaginaria es la ingeniería del bienestar total de la humanidad y todo el resto de los seres vivos.



Conceptualización.

La conceptualización sigue a la etapa de la idea preliminar (concepción) una vez que todos los bocetos aproximados y las notas se han agrupado y revisado para determinar cuál o cuáles soluciones aparentes son dignas de consideración ulterior. Al evaluar soluciones alternas, deben considerarse todas las restricciones impuestas al diseño final. En esta etapa del diseño los esbozos preliminares deben volverse a estudiar para que todas las ideas importantes se incluyan y que ninguna pase inadvertida.

En ningún momento durante esta fase el diseñador debe pensar que no se siente libre para desarrollar, de ser necesario, otra idea nueva casi por completo y un concepto diferente. Debe darse cuenta de que es más conveniente alterar o incluso abandonar un concepto en esta etapa, que después, cuando se hayan invertido cantidades considerables de dinero y tiempo en el proyecto. La etapa de conceptualización del diseño es la etapa donde se desarrollan otras soluciones y se les evalúa en forma de conceptos. Puede necesitarse una cantidad considerable de investigación y las especificaciones de la tarea deben ser revisadas frecuentemente.

Conforme la actividad progresa, se hacen muchos bocetos de las ideas a medida que se trabaja en otros enfoques que se evalúan para determinar la mejor oportunidad posible de éxito del producto. No es necesario en esta etapa del procedimiento de diseño trabajar con gran detalle ninguna de las soluciones opcionales.

Selección del concepto óptimo.

A medida que el diseño de un producto o sistema progresa, se llega a un punto en el punto en el procedimiento donde se necesita seleccionar el mejor concepto de diseño que se vaya a presentar a los administradores en forma de proposición. Al hacer esta elección final, se hace una evaluación más o menos completa del diseño para cada uno de los conceptos opcionales puestos a consideración. Esas evaluaciones pueden revelar formas en que los costos pueden reducirse y el valor mejorarse; también pueden darse a conocer los medios de simplificar el diseño para reducir costos.

Análisis de diseño.

Después de escoger un concepto de diseño como la mejor solución posible al problema planteado, debe someterse a un análisis de diseño; es decir, debe probarse en términos de las leyes físicas y evaluarse a la luz de ciertos factores de diseño que casi con certeza estarán presentes.





El análisis total de un diseño propuesto incluirá una revisión de los principios de ingeniería implicados y un estudio de los materiales que serán utilizados. Además, debe haber una evaluación de consideraciones de diseño como:

- 1.- Consideraciones del medio ambiente bajo las que funcionará el aparato.
- 2.- Factores humanos.
- 3.- Métodos posibles de producción y problemas de producción.
- 4.- Métodos de ensamblaje.
- 5.- Requerimientos de mantenimiento.
- 6.- Costo
- 7.- Estilo y atractivo comercial.

Si el diseño se basa en principios científicos descubiertos recientemente, debe haber alguna investigación metódica antes de llegar a una decisión.

Si el análisis de diseño probara que el diseño según se haya propuesto es inadecuado y no satisface los requerimientos, entonces el diseñador puede hacer ciertas modificaciones, o bien incorporar en su diseño algún concepto nuevo que pudiera ser la modificación de una idea temprana abandonada durante el proceso.

Pruebas experimentales.

La fase de pruebas experimentales del proceso de diseño va desde la prueba de una sola pieza de software o hardware hasta la verificación de su viabilidad, durabilidad y características operativas a través de la construcción y prueba de un prototipo en tamaño real del sistema físico completo.

Una componente de un producto debe probarse de modo que el diseñador pueda predecir su durabilidad y funcionamiento en las condiciones que encontrará en su utilización real. Se pueden efectuar las pruebas necesarias mediante aparatos de pruebas estándar o dispositivos especiales producidos para una prueba en particular.

Hay tres tipos de modelos que se pueden construir con el fin de probar y evaluar un producto. Estas son: (1) la maqueta; (2) el modelo a escala y (3) el prototipo.

Maquetas.

Una maqueta es un modelo de tamaño completo construido primordialmente para mostrar tamaño, forma, relaciones entre componentes y estilo del diseño de acabado. En este punto el diseñador puede ver que su concepción comienza a tomar forma por primera vez. Los fabricantes de automóviles acostumbra producir maquetas para evaluar cambios propuestos en el estilo de las carrocerías de modelos nuevos.



Las modificaciones necesarias en tamaño y configuración de la carrocería pueden determinarse mediante el estudio de la maqueta y el análisis de su apariencia total.

Puesto que el estilo del interior también es importante, los interiores se modelan en arcilla para revelar la apariencia estética que el estilista tenía en mente. Una maqueta ofrece más información que un boceto para quienes deben apoyar y aprobar. Las maquetas se hacen de arcilla, madera, plástico y materiales semejantes.

Modelos preliminares y a escala.

Se puede hacer modelos en casi cualquiera etapa del proceso del diseño para ayudar al diseñador en la evaluación y el análisis de su obra. Los modelos se hacen para reforzar la visualización tridimensional, para verificar el movimiento y el claro entre partes y para hacer las pruebas necesarias y aclarar preguntas surgidas en la mente del propio diseñador o en la de algún colega.

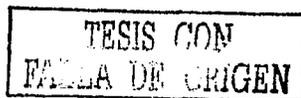
El diseñador puede preparar un modelo preliminar para comprender más a plenitud cómo debe ser la forma de una componente, qué tan bien puede esperarse que opere y cómo se puede fabricar más económicamente. En algunos casos, el modelo puede ser tan simple que pudiera hacerse de papel, madera o arcilla.

Los modelos a escala y de prueba se pueden construir, ya sea para análisis y evaluación o bien con el propósito de presentarlos a aprobación del diseño cuando se desarrolla una etapa más o menos refinada. Los modelos a escala se pueden hacer de madera balsa, plástico, aluminio, alambre, acero o cualquier otro material que se pueda manejar con ventaja.

Prototipos

Un prototipo es la forma más cara de modelo que pueda construirse para propósitos experimentales. No obstante, puesto que rendirá información valiosa difícil de obtener por otro medio, su costo suele justificarse. Puesto que un prototipo es un modelo de trabajo en tamaño real de un sistema físico construido de acuerdo con especificaciones finales, representa el paso final de una etapa experimental.

Puesto que un prototipo es un modelo de la clase de trabajo, se elabora a mano empleando máquinas herramientas de propósito general. Aunque puede ser mejor utilizar los mismos materiales que se emplearán en el producto producido en masa, esto no siempre se hace.





En el desarrollo de un diseño, el diseñador trata primero con la maqueta; a continuación ataca problemas específicos relativos a características unitarias con modelos preliminares; entonces evalúa el diseño con modelos a escala, y por último, si lo desea, puede probar la concepción total usando un prototipo. Este orden en el uso de los modelos mantiene una relación satisfactoria entre concepto y análisis y representa un procedimiento lógico en el proceso de diseño total.

Descripción del diseño (solución) : informe final.

En la descripción de la solución, el diseñador describe su diseño en el papel, para comunicar a otros sus ideas. Aunque el propósito del informe final puede ser vender la idea a la alta dirección, también puede usarse para instruir a la división de producción acerca de la forma de fabricar el producto. Por lo común, el informe contendrá información específica relativa al producto o sistema. En algunos casos el proceso se describirá con mucho detalle. Una descripción completa del diseño, preparada como parte principal de un informe formal, debe incluir:

- 1.- Descripción detallada del o sistema
- 2.- Explicación de cómo el aparato o sistema satisface las necesidades.
- 3.- Explicación de cómo funciona el aparato
- 4.- Juego completo de dibujos preliminares, bosquejos y gráficas.
- 5.- Presentación en forma de ilustración en caso de que sea necesario.
- 6.- Lista de partes.
- 7.- Análisis de costos.
- 8.- Instrucciones especiales para asegurar que la intención del diseñador se cumpla en la fase de producción.

Después de que se acepta y aprueba la descripción del diseño sólo restan las etapas comerciales del proceso del diseño total: la realización, la manufactura, la distribución (ventas) y el consumo.

Realización: diseño para producción.

La realización es la fase del proceso de diseño total donde se preparan los dibujos de trabajo para los operarios del taller quienes deben fabricar las partes no estándar y ensamblar el producto. Se necesita un juego completo de dibujos de trabajo, tanto de detalle como de ensamble, para permitir la manufactura del producto.

Aun cuando en teoría la fase de diseño preliminar y la aceptación del diseño recomendado en el informe final, en la práctica a menudo no hay una división clara entre esas dos fases.



Esto es así porque los dibujos de detalle de algunos componentes pueden haberse iniciado y en alguna medida completas muy al principio en la etapa de diseño preliminar, junto con uno o más ensambles preliminares. Más aún, no es raro que los dibujos de diseño de detalle se hagan para dos o más soluciones posibles en la etapa de diseño para producción, y la selección final de la mejor solución se retrase hasta que la información derivada de esos dibujos de detalle y los ensambles relacionados se puedan usar para tomar la decisión final. Este retraso en la toma de decisión causa que las fases de diseño preliminar y de diseño de producción parezcan fundirse una en la otra. Sin embargo, de todos hay una línea divisoria aun cuando los diseñadores puedan no reconocer este hecho.

Manufactura.

Desde el momento en que se escribieron las especificaciones de la tarea a través de todas las etapas, hasta la de manufactura, el diseñador trabajará en conjunto con un ingeniero de producción quien esté familiarizado con las instalaciones de taller, los métodos de producción, los procedimientos de inspección, el control de calidad y la línea de ensamble. Si así se procede, serán pocos los problemas que se encuentren en la etapa de manufactura.

Distribución.

Dado que un diseñador suele tener poca experiencia en el área, los problemas de la tarea relacionada con la distribución se asignan a especialistas en comercialización, quienes tienen los conocimientos y el personal de apoyo requeridos para decidir sobre la fecha de entrada al mercado y fijar un precio competitivo basado sobre estudios de mercado y análisis de costos utilidades. Deben incluirse entre esos especialistas, publicistas expertos para preparar la literatura de publicidad y la promoción necesarias. Sin embargo, esos especialistas consultarán con frecuencia al diseñador durante esta etapa, puesto que él sabe más del producto que ningún otro.

El diseñador es la única persona de quien se puede depender para el suministro de información y datos técnicos concernientes a las capacidades y limitaciones del producto. Además, la gente de promoción de ventas espera ideas del diseñador que conduzcan a una distribución extensa y favorable.



Consumo.

Se espera que exista un respaldo sobre el consumo en esta última etapa del proceso de diseño que sea útil para el diseñador cuando llegue a ser necesario alterar y mejorar el producto en el momento de cambiar al siguiente modelo. La mayor parte de esa información de apoyo vendrá del equipo de ventas, de los distribuidores y de los departamentos de servicio. Alguna de esa información estará en forma de quejas hechas por los usuarios airados, pero muchas se recibirán como sugerencias constructivas que conduzcan al diseñador a la etapa necesaria para el siguiente modelo y, así, comienza una nueva vuelta en el ciclo del diseño.

La etapa de consumo representa la meta prevista por el diseñador y es donde el diseño tendrá su última prueba. En esta etapa el diseño será declarado como un éxito o un fracaso por los usuarios, quienes son y serán siempre los jueces finales.

1.4 CONSIDERACIONES DEL DISEÑO.

La expresión *factor* de diseño significa alguna característica o consideración que influye en el diseño de un elemento o, quizá, en todo el sistema. Por lo general se tienen que tomar en cuenta varios de esos factores en un caso de diseño determinado. En ocasiones, algunos de esos factores será crítico y, si se satisfacen sus condiciones ya no será necesario considerar los demás. Por ejemplo, suelen tenerse en cuenta los factores siguientes:

- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| 1. Resistencia | 12. Ruido |
| 2. Confiabilidad | 13. Estilización |
| 3. Condiciones térmicas | 14. Forma |
| 4. Corrosión | 15. Tamaño |
| 5. Desgaste | 16. Flexibilidad |
| 6. Fricción o rozamiento | 17. Control |
| 7. Procesamiento | 18. Rigidez |
| 8. Utilidad | 19. Acabado de superficies |
| 9. Costo | 20. Lubricación |
| 10. Seguridad | 21. Mantenimiento |
| 11. Peso | 22. Volumen |

Algunos de estos factores se refieren directamente a las dimensiones, al material, al procesamiento, o bien a la unión o ensamble de los elementos del sistema. Otros se relacionan con la configuración total del sistema.



Para resolver los problemas de diseño por lo general se les da un enfoque matemático. Sin embargo, para conservar la perspectiva correcta, se debe de observar que, en muchos casos, los factores de diseño importantes son tales que no es necesario realizar cálculos o experimentos para definir un elemento o sistema, muchas veces uno puede confundirse cuando se encuentra en situaciones en las que es virtualmente imposible realizar un solo cálculo y, sin embargo, tiene que tomarse una decisión importante, y estos casos son cotidianos. Esto nos lleva a la conclusión de que no siempre hay un método racional, estrictamente matemático, para llegar a cualquier decisión de diseño.

1.4.1 Factores económicos.

Sin lugar a dudas, el factor económico es extremadamente importante en todos los diseños. La realización de un diseño económico depende de la experiencia del diseñador, del conocimiento y habilidad para intercambiar el parámetro de un diseño por otros parámetros del diseño. El tipo de objetividad involucrado en el análisis de valores debe estar presente en la "mente de un buen diseñador". Esto quiere decir que es posible lograr un diseño satisfactorio y funcional con un mínimo de materiales caros y que sea consistente con la vida y desgaste de las partes y del medio ambiente en que se use.

1.5 CÓDIGOS Y NORMAS.

Una *norma* es un conjunto de especificaciones para piezas, materiales o procesos establecidos a fin de lograr uniformidad, eficacia, eficiencia y una calidad especificada. Uno de los objetivos importantes de una norma es fijar un límite al número de términos de las especificaciones, así como permitir que se tenga un inventario razonable de herramientas, tamaños, formas y variedades.

Un *código* es un conjunto de especificaciones para efectuar el análisis, el diseño, la fabricación y la construcción de un objeto o sistema. El propósito de un código es alcanzar un grado especificado de seguridad, eficacia, eficiencia y buen funcionamiento o buena calidad. Es importante observar que los códigos de seguridad *no* implican la *seguridad absoluta*. De hecho, esta cualidad es imposible de obtener.

Todas las sociedades y organizaciones que se enumeran a continuación han establecido las especificaciones necesarias para formular normas y códigos de seguridad o de diseño. El nombre de cada organismo indica la naturaleza de la norma o código establecido.

Algunas normas y códigos, así como las direcciones de las citadas organizaciones, pueden obtenerse en muchos centros de información técnica. Las que interesan para el presente trabajo son:



American Iron and Steel Institute (AISI).
Society of Automotive Engineers (SAE).

1.6 CAD.

Las siglas CAD (Computer Aided Design), aparecen en una serie de conferencias dadas por un distinguido pionero en este campo, Ivan Sutherland, en Massachusetts Institute of Technology durante los años 60's.

El diseño asistido por computadora (CAD) puede ser descrito como "utilización de la computadora en el proceso del diseño". En el proceso de diseño, una computadora puede ser usada en la representación de modelos como en el análisis de los mismos. La aplicación del CAD para la representación de modelos no está limitada a la creación del dibujo. El modelado en alambre en 3-D, y el modelado de sólidos en general, son métodos al alcance del usuario de CAD, que le permiten conocer distintas características del modelo generado. Para ayuda en el análisis en ingeniería, existen paquetes que desarrollan simulación cinemática, simulación y análisis de circuitos, y modelado por elementos finitos para diferentes análisis. El campo de aplicación del CAD incluye a las aplicaciones en ingeniería mecánica, arquitectura e ingeniería civil, circuitos electrónicos, impresión de circuitos, entre otras. Los sistemas CAD frecuentemente consisten de una colección de ciertos módulos de aplicaciones sobre una base de datos común (no siempre), y un editor gráfico.

El CAD es una técnica de análisis, una manera de crear un modelo del comportamiento de un producto aun antes de que se haya construido. Los dibujos en papel pueden no ser necesarios en la fase de diseño. La situación ideal es aquella donde los números que controlan a las máquinas producen la misma descripción geométrica para hacer las partes que la utiliza para describir el diseño. Los dibujos en ingeniería son necesarios para coordinar a los trabajadores que manufacturan el producto.

En el diseño auxiliado por computadora, el hombre y la máquina electrónica llamada computadora se mezclan para formar un equipo solucionador de problemas, donde cada uno hace las tareas que puede hacer mejor. La combinación del ser humano y máquina produce mejores resultados en tiempo mucho menor que si lo hiciera una persona trabajando sola.

El ser humano y la máquina electrónica se complementan entre sí, cada uno con características superiores al otro. Al comparar las aptitudes del hombre y computadora, se encontrará que el hombre puede pensar y tomar decisiones usando su mente intuitiva y analítica.

La computadora tiene velocidad, trabaja con exactitud y tiene un almacenamiento de datos casi ilimitado y una rápida aptitud para la recuperación de la información.



Como parte del equipo CAD, la computadora tiene las funciones de proporcionar una extensión a la memoria del diseñador y reforzar su potencialidad analítica, así como efectuar las tareas repetitivas del diseño de modo que revela a su socio humano y lo libera para otro trabajo. Con la computadora realizando sus funciones, el diseñador quedará liberado para controlar el proceso del diseño; aplicar sus potencialidades de intuición, creatividad, imaginación y juicio al desarrollo de diseño y, por último, aplicar su experiencia al análisis de la información significativa.

1.7 CAE.

CAE o ingeniería asistida por computadora (por las siglas en inglés), es el término que se usa para describir el análisis de ingeniería basado en computadora de modelos digitales. La forma más popular de CAE para ingenieros mecánicos es el análisis de elementos finitos. En electrónica, existen varias formas de análisis de circuitos que se aplican de esta manera.

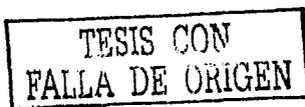
Para que el sistema CIM sea eficiente, el modelo creado en el proceso de diseño asistido por computadora debe tener la capacidad de soportar una prueba digital, a través del proceso de verificación del diseño que en forma usual sigue al proceso de diseño inicial. En un ambiente no automatizado, por lo general el taller de modelos construye un prototipo físico, el cual se somete a pruebas y los resultados se usan para rediseñar el producto. Luego, el modelo y los dibujos se entregan a los ingenieros de manufactura para que diseñen el proceso mediante el cual se fabricará el producto.

1.8 CAM.

La manufactura asistida por computadora o CAM (por sus siglas en inglés), por lo general se refiere a las máquinas herramientas controladas numéricamente, a los medios para controlarlas y a los sistemas asociados basados en computadora que existen en la fábrica.

Esta categoría incluye también otros dispositivos físicos, tales como sistemas de maquinado flexible (FMS por sus siglas en inglés), robots y vehículos guiados en forma automática, y sistemas de control de datos, como el programa de planeación de los requisitos de manufactura (MRP por sus siglas en inglés).

En el ambiente de manufactura integrada por computadora, los sistemas CAM son capaces de recibir datos en forma digital de la fase de diseño. Las descripciones digitales de las trayectorias de la herramienta para las máquinas herramientas de control numérico, por ejemplo, se pueden transmitir directamente desde la red de computadoras a los controladores de la máquina herramienta. (A este arreglo se le llama control numérico directo o DNC).





CAPITULO II

MODELADO Y SIMULACIÓN ASISTIDOS POR COMPUTADORA.

2.1 INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se mencionarán diferentes tipos de modelado existentes, haciendo uso solo de uno de ellos. Además se explicarán el análisis de fluidos, así como la integración de las técnicas CAD/CAM que se llevarán a cabo en una simulación asistida por computadora.

2.2 MODELO GEOMÉTRICO POR COMPUTADORA.

El modelado geométrico constituye la primera fase de entrada y visualización de objetos en dos y tres dimensiones. Este proceso de diseño geométrico de la forma de objeto final, constituye una parte importante de los sistemas CAD actuales. Además, la tendencia actual en la industria es que los ingenieros sean modeladores geométricos expertos en el manejo de las computadoras y que tengan capacidad para comunicar, documentar, analizar y visualizar el proceso de diseño. A continuación se explican diferentes métodos de modelado que se pueden realizar con un sistema de CAD.

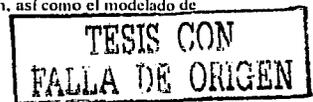
2.2.1 Modelado de Alambre².

Un modelo de esquemas se describe por completo en términos de puntos y líneas (figura 2.1). Este constituye el nivel más bajo de modelado y tiene serias limitaciones, la mayoría de las cuales derivan de la falta de datos relativos a determinadas líneas y a la incapacidad de distinguir entre el interior y el exterior de un objeto, no es posible tampoco obtener, peso, momentos de inercia y volumen.

Esta categoría es la que requiere el menor nivel de memoria en la computadora. Una de las aplicaciones más comunes del modelado de esquemas es en el de simulación de herramientas de corte en 3D, en operaciones simples de maquinado tales como fresado en 2 y 3 ejes.

Los sistemas más simples pueden tratar solamente figuras de sección transversal uniforme.

² Este método fué el usado para el diseño de los elementos del molde de inyección, así como el modelado de algunos elementos para la generación de trayectorias de maquinado.



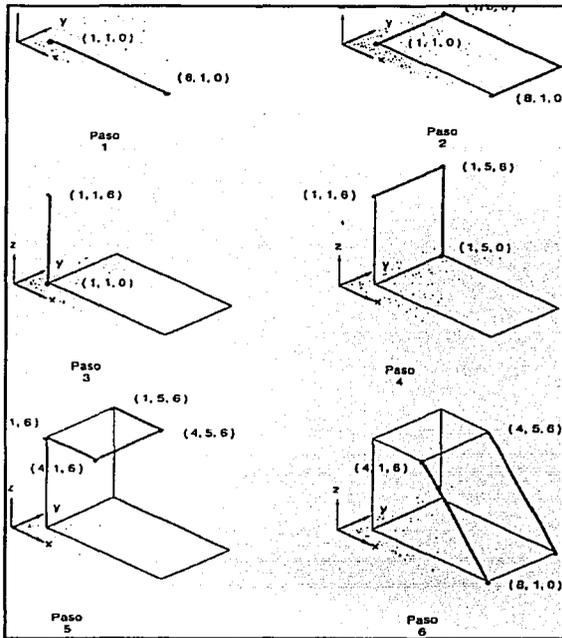


Figura 2.1 Modelos de alambre

2.2.2 Modelado de Superficies.

Un modelo de superficie se define en términos de puntos, líneas y caras, se puede considerar como un modelo de nivel más alto que el de alambre y por lo tanto resulta más versátil (figura 2.2). El modelado de superficies es más adecuado cuando las características interiores no son de interés, ya que un modelo de este tipo se construye pegando o uniendo diferentes superficies unas con otras, hasta obtener la parte exterior del modelo o cáscara.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



MODELADO Y SIMULACIÓN ASISTIDOS POR COMPUTADORA

Las ventajas de modelar con superficies respecto al modelo de alambre son:

- 1) Capacidad para reconocer y visualizar perfiles curvados complejos.
- 2) Capacidad para reconocer caras, proporcionando por consiguiente facilidades de sombreado de superficies en 3D.
- 3) Facilidad mejorada de simulación de manejo de robots.
- 4) Capacidad para visualizar simulaciones de cortes de herramientas en 3D en operaciones de máquinas multi-axiales y formas complejas.
- 5) Capacidad para reconocer características superficiales, tales como orificios.

Se pueden mencionar tres tipos de modelado de superficies.

- 1) Geometría básica. Esta se crea fácilmente mediante el dibujo de líneas rectas y la introducción de un comando que "barra" esta línea idéntica a lo largo de una curva y una distancia específica en el espacio 3D. Dentro de este mismo punto también se pueden barrer áreas dentro de objetos en 3D, sin embargo, cabe resaltar que este sistema de modelado no reconoce la vista resultante como un volumen suplido, sino como un conjunto de caras o superficies unidas en un espacio de 3D con un interior vacío.
- 2) Superficies de revolución. Se pueden crear fácilmente controlando la rotación de una forma plana ya creada sobre un eje definido. Otra vez cabe mencionar que el resultado será una superficie.
- 3) Analíticas. Las superficies analíticas se definen mediante una ecuación matemática en términos de coordenadas X, Y, Z. Los perfiles se visualizan según su ley matemática y una superficie automáticamente sobre ellos.

El modelado de superficies es más fácil de manejar en comparación con el modelado de sólidos, además requieren de menor capacidad de memoria y los tiempos de procesamiento de datos es mucho menor. Son utilizados para las aplicaciones de Elemento Finito y generación de trayectorias para control numérico, pueden utilizarse para simulaciones de movimiento de elementos de máquinas.

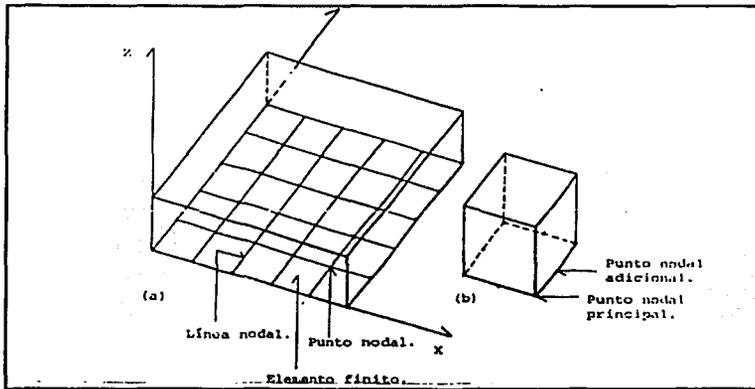


Figura 2.2 Modelado de superficie.

2.2.3 Modelado de sólidos³

Un modelo sólido se describe en términos de la forma volumétrica que ocupa. El modelado de sólidos constituye así la única técnica que proporciona una total y no ambigua descripción de una forma en 3D (figura 2.3). Este tipo de modelado es el más reciente y funciona con mayor eficiencia en estaciones de trabajo, se utiliza cuando el interior es tan importante como el exterior, además permiten cortes en cualquier dirección para ver los detalles geométricos del interior.



Figura 2 3 Modelado de sólidos

Existen varios métodos de trabajo para la creación de una pieza en un modelador de sólidos, pero la más común es partiendo de un sólido primitivo (esfera, cubo, etc.) ir esculpiendo a la pieza por medio de operaciones booleanas.

³ Este método fue usado para el diseño y modelado de los elementos del molde de inyección y accesorios.



los operadores booleanos más comúnmente usados son la unión, la diferencia y la intersección.

Existen dos formas principales de representar un modelo sólido.

- Y **CSG** (Constructiv Solid Modeling)
- Y **B-Rep** (Boundary Representation)

CSG esta forma de representar un modelo sólido es llamada *geometría constructiva de sólidos*, la cual consiste en combinar sólidos elementales (prismas, cilindros, conos y esferas), moldeando con ellos la forma del cuerpo final. Las operaciones que puede realizar con estos sólidos primitivos son: 1) Traslación, escalado y rotación, para situar las primitivas en la posición adecuada; 2) Unión; 3) Intersección; 4) Diferencia.

B-Rep para crear modelos utilizando B-Rep se pueden emplear, exactamente, las mismas técnicas, es decir, se pueden formar primitivas con barridos lineales y rotacionales y construirse formas compuestas utilizando operadores booleanos. Al modelar con B-Rep se reconoce el cuerpo en términos de los contornos y caras que establecen sus superficies colindantes (es decir, sus límites volumétricos en 3D). Los datos relativos a la representación de los contornos se estructuran en términos de su topología (que describe el número de caras) y su geometría (que describe la forma y posición de vértices, contornos y caras).

La principal ventaja del modelado B-Rep es que las superficies de los contornos se pueden modificar con más facilidad. Sin embargo, el sistema B-Rep necesita más recursos de memoria.

Las ventajas a largo plazo que se obtienen utilizando modelos sólidos incluyen:

- a) Completa definición de formas volumétricas, incluyendo la capacidad de distinguir entre el interior y el exterior de un objeto. Una de las ventajas es la facilidad para detectar automáticamente interferencias no deseadas entre componentes.
- b) Capacidad para incorporar opciones de color y control de tono.
- c) Capacidad para proporcionar vistas de secciones en 3D automáticamente a través de sus componentes.
- d) Capacidad para proporcionar borrado automático en líneas ocultas.
- e) Simulación mejorada de mecanismos dinámicos, procedentes de cortes de herramientas y manipulación de robots.
- f) Ventajas analíticas que incluyen visualización automática de las propiedades de las masas y la construcción eficiente de elementos finitos.
- g) Capacidad para proporcionar borrado automático en líneas ocultas.





2.2.4 Modelado híbrido.

Modelado híbrido es un sistema de modelado en 3D el cual combina la operación y la estructura de la base de datos de más de uno de los sistemas de modelado más comunes. Son empleados en los sistemas de computo más potentes, en dicho sistema se combinan las ventajas de más de un sistema, como un ejemplo, podría ser la combinación de los dos sistemas mencionados anteriormente (CSG y B-Rep).

2.2.5 Modelado paramétrico⁴.

Modelado paramétrico es aquel que captura el intento de diseño a través de las relaciones entre los elementos geométricos con ecuaciones y relaciones lógicas. Los parámetros están asociados con elementos geométricos, como valores numéricos, ecuaciones y relaciones geométricas (por ejemplo, paralelo o perpendicular).

Cuando se cambia un parámetro, los elementos geométricos relacionados con él se ven afectados. Una de las ventajas de este modelado es que facilita la exploración de variaciones en el diseño.

2.3 TÉCNICAS PARA LA ELABORACIÓN DE PROTOTIPOS.

La elaboración de prototipos es un término muy amplio que se emplea para describir varios procesos relacionados con la creación de modelos, a partir directamente de una base de datos de CAD, algunos sistemas utilizan un líquido especial que se solidifica cuando se expone a un rayo de luz. Otros usan un proceso denominado revelado por deposición fundida (FDM), que emplea filamentos de varios materiales que primero son fundidos y después se les permite solidificarse para construir la forma. La construcción de prototipos se utiliza para la creación de prototipos del concepto de modelado, para el moldeo por inyección y por inversión fundida.

2.3.1 Técnicas CAD/CAM.

El CAD para el modelado en 3D es muy importante en muchas técnicas de manufactura, entre las que se incluyen la manufactura asistida por computadora (CAM), la manufactura integrada por computadora (CIM), la ingeniería concurrente y el diseño para facilidad de manufactura (DFM). Todas estas técnicas tienen como fin acortar el ciclo de diseño, minimizar el consumo de material y los costos de mano de obra, aumentar la calidad del producto y disminuir el costo del producto final.

⁴ El método mencionado fue usado en este trabajo para la realización de los planos de fabricación.



Existen varios softwares que integran estas dos técnicas tales como MASTERCAM, SMARTCAM, SURFCAM, SPRIT, etc. Estos solo son algunos softwares de uso común en la industria manufacturera. Para nuestro proyecto de tesis se utilizará el paquete de MASTERCAM ya que es un software bastante flexible que contiene una interfase CAD/CAM y esto facilita interaccionar con diferentes softwares de CAD de uso común en el diseño de partes. Además de que se puede simular el proceso visualizando la dirección de cada trayectoria de corte en un tiempo aproximado al real. También cuenta con una variedad de estrategias de maquinado las cuales permiten tener mejores acabados superficiales, así como la modificación y adecuación de los parámetros de corte en cualquier etapa de maquinado.

2.4.2 CAE.

La perseverancia en la innovación y el compromiso por mejorar el proceso que abarca desde el diseño hasta la fabricación de piezas de plástico transformadas por inyección, ha permitido desempeñar un papel relevante en el mercado de la Ingeniería Asistida por Computadora (CAE: Computer Aided Engineering). Para esto se requiere proporcionar las herramientas necesarias para controlar el ciclo completo del moldeo desde el diseño a la fabricación y, en definitiva, los resultados. Los problemas relacionados con el diseño de piezas y moldes, la calidad de las piezas y las deficiencias en la fabricación implican costos en tiempo y dinero.

Para este trabajo de tesis se utilizará el software de análisis de flujo Moldflow, este software será de gran importancia para el óptimo desarrollo del molde de inyección, puesto que está especialmente creado para análisis y simulaciones de flujo en moldes de inyección de plásticos, lo cual es una gran ventaja ya que contiene una gama de herramientas para las variables más importantes de un molde tales como: el punto de inyección, la selección ideal del plástico, así como los canales de inyección y arreglos óptimos de las cavidades a inyectar.

2.4.3 Estereolitografía.

Las técnicas para la construcción de prototipos permiten fabricar modelos físicos a partir, directamente, de una base de datos 3D. Con algunos sistemas, la superficie externa del modelo puede trasladarse en una serie de trayectorias trazadas por las cabezas de corte de una máquina fresadora.

Esta técnica puede usarse para la producción con baja precisión de prototipos elaborados a partir de materiales de bajo costo, como la cera o bloques de hule espuma. Actualmente se dispone de una técnica más costosa llamada *estereolitografía* que usa un rayo luminoso para trazar la superficie evitando con esto las limitaciones de las cabezas de corte mecánicas. Con esta técnica, el modelo se descompone en una serie de capas muy delgadas. Cada capa es un perfil en 2D con un espesor nominal en la tercera dimensión.



MODELADO Y SIMULACION ASISTIDOS POR COMPUTADORA

Dos rayos luminosos mueven el punto focal alrededor de una cuba de un polímero foto sensible, trazando el esbozo de una de las capas. Una vez que los rayos luminosos endurecen la capa de polímero, se traza entonces la siguiente capa. La estereolitografía es una de las diversas técnicas de construcción rápida de prototipos, con esto es posible crear modelos complejos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



CAPITULO III

SELECCIÓN DE MATERIALES Y PROCESOS DE MANUFACTURA

3.1 INTRODUCCIÓN.

En el presente capítulo se mencionan algunos métodos de selección de materiales y procesos de manufactura, que nos permitan elegir un adecuado material para el molde de inyección de plásticos y sus componentes adicionales

3.2 PROCESOS BÁSICOS DE MANUFACTURA.

Clasificación de procesos de manufactura existentes:

A. Procesos que cambian la forma del material.

1. Forja
2. Laminación
3. Compactación de polvos
4. Fundición

B. Procesos por desprendimiento de viruta.

1. Torneado
2. Maquinado por electroerosión
3. Maquinado electroquímico
4. Oxícorte
5. Maquinado láser

TORNEADO.

Este proceso puede caracterizarse como: reductor de masa, estado sólido del material de trabajo, proceso básico primario de tipo mecánico (fractura). El proceso de torneado se emplea para manufacturar todo tipo de formas cilíndricas eliminando material en forma de rebabas con una herramienta de corte figura 3.1. El material de trabajo gira y la herramienta de corte avanza longitudinalmente a él.



Figura 3.1. Torneado.

FRESADO

Una gran variedad de procesos de maquinado se basa en el mismo principio de corte de metal; entre los más comunes están el fresado y el taladrado que se efectúan en diversas máquinas de herramienta.

Variando la geometría de la herramienta y el patrón de movimientos relativos entre la pieza de trabajo pueden producirse componentes de muchas formas diferentes figuras 3.2.

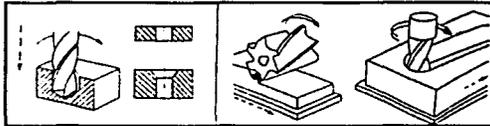


Figura 3.2. Fresado.

C. Procesos para acabar la superficie.

1. Esmerilado
2. Barrenado

D. Procesos para el ensamblado de materiales.

E. Procesos que cambian las propiedades físicas.

- Trabajo en frío
- Trabajo en caliente
- Tratamiento térmico

3.3 SELECCIÓN DE MATERIALES.

La selección del material y del proceso para fabricar una parte es un paso importante en el proceso de diseño. Como la selección de materiales determina en parte el proceso de fabricación, y los detalles geométricos y del tamaño de la parte.



En aplicaciones de ingeniería se puede usar una cantidad virtualmente infinita de materiales, si se consideran todas las aleaciones metálicas, los polímeros, las cerámicas y los materiales compuestos. De esta manera, es importante tener las características de funcionamiento del material claramente definidas, para acelerar el proceso de selección de material.

Debido a las grandes cantidades de materiales, la medición y la compilación, hasta de algunas pocas características de funcionamiento relevantes de cada material, es una tarea formidable.

Además, se están desarrollando nuevos materiales con una rapidez cada vez mayor. Por consiguiente, la responsabilidad del ingeniero de materiales en un equipo de diseño es probar el material y tener la capacidad de medir con precisión las características relevantes de funcionamiento de materiales.

3.4 METODOS DE EVALUACIÓN PARA SELECCIÓN DE MATERIALES.

No hay una metodología bien desarrollada para la selección de materiales. En parte, es debido a la complejidad de las comparaciones que deben realizarse. En muchas ocasiones no pueden ponerse las propiedades que nosotros estamos comparando en términos comparables para que una decisión clara pueda tomarse. En parte es debido a la poca investigación que se ha llevado a cabo en el desarrollo de soluciones a estos problemas.

Los métodos usados en la selección de materiales pueden clasificarse de la siguiente manera:

1. - Costo vs. Índices de desempeño.
2. - Método de índices de propiedades ponderadas.
3. - Análisis del valor.
4. - Análisis de falla.
5. - Método de selección por sistemas expertos.

3.4.1 Método de costo vs. índice de desempeño.

Debido a que el costo, es el criterio más importante en la selección de un material, es natural considerar esto como uno de los factores clave en la selección inicial de los materiales. El costo es el parámetro más útil cuando este puede ser referido a una propiedad de un material crítico que controla el desempeño en el diseño. Así mismo el costo vs. índice de desempeño puede ser un parámetro útil para la optimización en la selección de un material. La optimización para simples condiciones geométricas y simples condiciones de carga podrán ser fáciles, pero esto se vuelve difícil encontrar índices de desempeño significativos que engloben situaciones complejas en muchos diseños.



3.4.2 Método de propiedades ponderadas⁵.

El método de propiedades ponderadas puede ser usado en la optimización de la selección de materiales cuando algunos deben ser tomados en consideración.

El método consiste en proponer las propiedades más importantes que influyen en el diseño, este método nos permite realizar una selección del material más adecuado para un propósito en particular basándonos en las propiedades propuestas, que son recopiladas en bibliografía especializada.

Después de realizar una serie de ponderaciones y combinaciones de las propiedades y los materiales, se selecciona aquel material que obtenga el mayor índice de ponderación.

$$\gamma = \sum_{i=1}^n \beta_i \omega_i, \quad \text{Donde } \gamma = \text{índice de ponderación.}$$

β_i = valor de la propiedad en estudio.

ω_i = factor de peso.

$$\omega_i = \frac{\#comb.(+)}{N} \quad \text{donde } \#comb.(+) = \text{número de combinaciones positivas.}$$

N = número de combinaciones.

$$\beta_i = (\text{Grado a ponderar} \times 100) / \text{Máx. Grado de ponderación}$$

$$N = \binom{n-1}{2} (n) \quad \text{Donde } N = \# \text{ de combinaciones.}$$

n = # de propiedades.

3.4.3 Método por análisis de falla.

A pesar de todas las pruebas y los análisis, siguen ocurriendo fallas debido a mecanismos imprevistos, cálculos incorrectos de diseño, mala selección de material, abuso de la maquinaria durante el funcionamiento (por ejemplo, no seguir el procedimiento recomendado de operación o no apegarse al calendario y a los procedimientos adecuados de mantenimiento), o a que un defecto crítico de manufactura escape a la detección durante los procedimientos de aseguramiento de calidad. Se lleva a cabo un análisis de falla para comprender la causa de una falla y poder adoptar medidas que la prevengan en el futuro, así como para asignar responsabilidad legal por el daño causado por ella. Por lo anterior, el análisis de falla a veces se llama ingeniería forense.

⁵ "Ingengering Design Methods", Cross Nigel/Limusa Wiley 3^a ed.





Los mecanismos de falla se pueden identificar llevando a cabo una serie de exámenes que revelen la calidad del material, la del proceso de fabricación, y el abuso posible durante el servicio. Los medios usados por el análisis de falla incluyen microscopía óptica y electrónica, y máquinas de prueba como las que se usan para las mediciones de tensión, dureza e impacto de Charpy. Las partes que fallaron también se someten a pruebas no destructivas, análisis químicos y pruebas mecánicas complejas para comprobar la tenacidad a la fractura, la resistencia a la fatiga, o la resistencia a la fluencia.

3.4.4 Método de selección asistido por computadora.

Los materiales y los procesos de selección empiezan por el reducimiento del rango de alternativas disponibles para un número controlable. Esta preliminar selección de materiales y procesos puede ser una tarea muy tediosa si contamos con el desempeño manualmente de libros y proveedores de catálogos. Es difícil tener de inmediato la introducción de algunos sistemas de ordenadores base, para materiales y/o procesos de selección.

3.4.5 Método de selección por sistemas expertos.

Los sistemas expertos, también llamado sistemas "conocimiento-basado", son programas ordenadores que simulan el razonamiento de un experto humano en un dado campo del conocimiento. Los sistemas expertos son diferentes de los programas de computadora convencionales en la que estos usan heurística, o reglas de pulgar, para extraer información de una larga base de conocimiento. En contraste, los programas convencionales usan determinadas repeticiones de algoritmos en la solución de problemas.

3.5 DISEÑO PARA MANUFACTURA.

El primer paso en el diseño para manufactura de un producto es la *planificación del proceso* donde se determina el enfoque más eficiente para la producción del producto. Puesto que cada pieza se fabrica por separado, el producto, y por ende el modelo, se divide de acuerdo con su estructura jerárquica natural.

Los modelos creados proporcionan información que será utilizada para determinar el tiempo, los materiales y la mano de obra necesarios para manufacturar el producto. Si se requieren tipos especiales de operaciones de maquinado (por ejemplo, máquinas de corte, soportes, etc.), entonces también pueden crearse modelos en 3D para ellas.

Cada vez más, La maquinaria empleada para la fabricación se programa utilizando los modelos de computadora de cada pieza.



La información relacionada con el modelo es traducida por programas especiales en operaciones de manufactura. Estos programas controlan las máquinas herramientas a través de un proceso denominado *Control Numérico (CN)*. Las mejoras en la tecnología han conducido a la integración completa de las máquinas herramientas con las computadoras, así como al desarrollo del *Control Numérico por Computadora (CNC)*. El empleo del CNC significa menos traducción y menos posibilidades de error. En la generación actual de tecnología CNC, las simulaciones de la acción de la herramienta de corte se crean y se prueban en modelos virtuales antes de utilizar los equipos y los materiales reales.

Esto permite reducir el desperdicio de material y el tiempo de detección de fallas, liberando al equipo para su mayor uso en la producción.

3.6 INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS CAD/CAM/CAE.

La *automatización* es el uso de la maquinaria en lugar de la mano de obra. Los avances tecnológicos recientes y el uso de las computadoras han tenido un impacto significativo en los procesos de producción. El CAD ha mejorado las capacidades de los diseñadores, el CNC de máquinas herramientas ha aumentado las capacidades de los maquinistas, y la planificación de procesos asistida por computadora (CAPP), ha aumentado las capacidades de los planificadores de la producción.

En sí en conjunto el CAD, CAM y CAE han hecho que el diseño para manufactura tenga una mayor facilidad, calidad, eficiencia, rapidez y producción, esto se puede resumir en lo que ahora conocemos como *Sistemas de Manufactura Flexible*.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



CAPITULO IV

GENERALIDADES DEL DISEÑO DE MOLDES DE INYECCIÓN⁶

4.1 INTRODUCCIÓN.

A continuación se citarán los conocimientos básicos para el diseño de un molde de inyección como son: los diferentes tipos de moldes, materiales usados para su fabricación, materiales usados para la colada y demás parámetros para su realización

4.2 CLASIFICACIÓN DE MATERIALES POLIMÉRICOS.

Los polímeros son compuestos orgánicos naturales o sintéticos. Entre los polímeros naturales se incluyen el asta natural, la goma de laca, la gutapercha y la goma de caucho. Los polímeros sintéticos aparecen en infinidad de productos de plástico, ropa, piezas de automóvil, acabados y cosméticos. Ya sean naturales o sintéticos, los polímeros tienen estructuras químicas que se caracterizan por la repetición de pequeñas unidades llamadas *meros*. Para que el compuesto sea un polímero deberá tener al menos 100 meros.

Existen muchas maneras de clasificar a los polímeros, como sigue:

Mecanismos de polimerización. Polímeros por adición se producen uniendo covalentemente las moléculas. Los *polímeros por condensación* son producidos cuando se unen dos o más tipos de moléculas mediante una reacción química que libera un producto colateral.

Estructura del polímero. Los *polímeros lineales* forman largas cadenas que contienen miles de moléculas. Los *polímeros de red* son estructuras reticulares tridimensionales producidas mediante un proceso de enlaces cruzados.

Comportamiento del polímero. Los *polímeros termoplásticos*, se comportan de manera plástica a elevadas temperaturas. Los *polímeros termoestables* son polímeros de red formados por una reacción de condensación, estos polímeros no pueden ser reprocesados después de que han sido conformados. Los *elastómeros*, tienen la capacidad de deformarse elásticamente en alto grado sin cambiar permanentemente su forma.

4.3 PROCESO DE INYECCIÓN.

Los procesos de inyección sirven para convertir resinas, polvo, pelets y otras formas de plásticos en formas útiles.

⁶ "Moldes para Inyección de Plásticos", Mengues G., Gill, S.A. 2ª ed. 1990.



El proceso de inyección constituye uno de los principales procedimientos para convertir plásticos en productos útiles. El proceso de inyección es apropiado para todos los termoplásticos con la excepción de los fluoroplásticos de politetrafluoroetileno (PTFE), las polímidas, algunos políésteres aromáticos y ciertos tipos especiales. En todos los casos, los materiales peletizados o granulados absorben suficiente calor para facilitar su fluidez, lo que permite la inyección del plástico caliente en un molde cerrado, en el que se crea la forma deseada. Cuando se enfría, o una vez que ha tenido lugar una transformación química, se extraen las piezas del molde con un sistema de expulsión.

Elementos de los ciclos de moldeo.

En figuras 4.1-3 se representa esquemáticamente el proceso en sus fases principales en una máquina de inyección horizontal.

La explicación seguirá el camino del material M^1 , que se vierte en la tolva del dispositivo dosificador situado sobre la unidad inyectora de la máquina. Cierta cantidad del material entra en el émbolo del dosificador. Esta porción de material es empujada hacia adelante por el émbolo dosificador en el curso del ciclo de trabajo y cae primeramente sobre el émbolo de inyección a través del pozo vértical de la placa transversal, cayendo de nuevo ante este émbolo cuando efectúa su movimiento de retroceso. Esta porción dosificada de material se designa con M^2 . El émbolo de inyección impulsa este material hacia adelante al iniciar su movimiento de trabajo a través de la camisa hacia el cilindro de plastificación. Las bandas calefactoras le llevan a una temperatura que produce la transformación de la masa de inyección prensada en una fusión termoplástica.

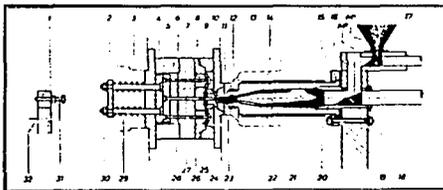


Figura 4.1 Esquema del proceso de inyección: (primer ciclo de trabajo)
El molde ha sido cerrado por la unidad de cierre de la máquina.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



GENERALIDADES DEL DISEÑO DE MOLDES DE INYECCIÓN

Los números de referencia de las figuras significan:

- | | |
|--------------------------------|--|
| 1) Soporte extractor. | 19) Placa transversal. |
| 2) Émbolo de inyección. | 20) Camisa. |
| 3) Placa transversal. | 21) Banda calefactora. |
| 4) Camisa. | 22) Presor de la masa. |
| 5) Banda calefactora. | 23) Boquilla. |
| 6) Presor de la masa. | 24) Cuerpo anterior de moldeo. |
| 7) Boquilla. | 25) Placa anterior del molde. |
| 8) Cuerpo anterior de moldeo. | 26) Placa intermedia. |
| 9) Placa anterior del molde. | 27) Expulsor de mazarota. |
| 10) Placa intermedia. | 28) Placa extractora anterior. |
| 11) Expulsor de mazarota. | 29) Perno extractor. |
| 12) Placa extractora anterior. | 30) Puente extractor. |
| 13) Perno extractor. | 31) Tope extractor. |
| 14) Puente extractor. | 32) Cuerpo de la máquina. |
| 15) Tope extractor. | M ¹) Material en la tolva. |
| 16) Cuerpo de la máquina. | M ²) Material dosificado. |
| 17) Émbolo de dosificación. | T) Pieza moldeada. |
| 18) Émbolo de inyección. | |

La pared interior del cilindro transmite continuamente su calor al granulado, que empieza rápidamente a modificar su consistencia sólida de granos bajo la influencia de la temperatura. El curso de esta disgregación del material se indica en la figura 4.2 mediante el creciente engrrecimiento del flujo del material. Para impulsar el material hacia la pared interior del cilindro y conseguir una fluencia térmica uniforme, se ha dispuesto en el interior del mismo un dispositivo presor de la masa, conocido como torpedo por su configuración hidrodinámica.

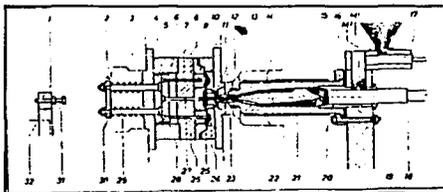


Figura 4.2 Esquema del proceso de inyección: (segundo ciclo de trabajo)
El material fundido en el cilindro ha sido inyectado por el émbolo a través de la boquilla y del bebedero en las cavidades del molde.

Con cada avance aumenta la disgregación del material, llegando a la parte delantera del cilindro calefactor como fusión plástica homogénea y lista para la inyección. A través de la boquilla se presiona la masa caliente hacia el molde cerrado. El flujo propio de este proceso, que se efectúa con un despliegue de energía relativamente elevado, ha motivado que en la práctica se designe como disparo el ciclo de trabajo de la inyectora.



GENERALIDADES DEL DISEÑO DE MOLDES DE INYECCIÓN

La velocidad de inyección depende de las propiedades del plástico que se emplea; el émbolo puede moverse en forma lenta o brusca según el diseño de la máquina.

El molde de inyección es parte de la unidad de cierre de la máquina y consta fundamentalmente de dos mitades, fijadas respectivamente a los platos portamolde del lado de la boquilla y el lado del extractor.

El material inyectado a través el bebedero de la mitad del molde correspondiente al lado de la boquilla y llega a través de los canales de llenado a los espacios huecos del mismo, que corresponden a la imagen en negativo de la pieza a fabricar.

La cantidad de material dosificada debe ser tal que su volumen baste para llenar los huecos del molde. La masa plástica enfría al poco tiempo dentro del molde, donde un sistema de atemperado dispuesto en sus dos mitades disipa el calor y acelera el proceso de solidificación de la pieza.

Finalizado el proceso de solidificación puede abrirse el molde, y es extraída la pieza por los expulsores del sistema extractor. Ello ocurre cuando casi se ha alcanzado la posición de apertura máxima del plato portamolde del lado extractor y el puente extractor choca con el tope situado en el soporte de la máquina. Con el desmoldeo de la pieza inyectada termina el ciclo de trabajo.

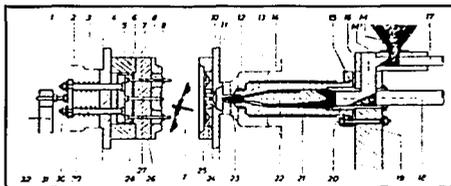


Figura 4.3 Esquema del proceso de inyección: (tercer ciclo de trabajo)
El émbolo de inyección ha retrocedido a su posición inicial. La unidad de cierre abre el molde por su plano de separación, mediante los expulsores se desmoldea la pieza enfriada.

4.4 ELEMENTOS DEL MOLDE DE INYECCIÓN.

En lo sucesivo se emplean las siguientes denominaciones indicadas en la figura 4.4

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

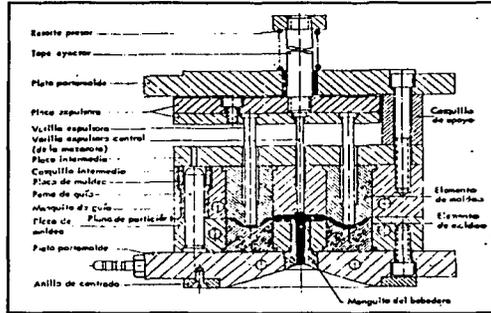


Figura 4.4 Elementos del molde de inyección.

4.5 TIPOS DE MOLDES.

4.5.1 Clasificación de moldes.

Según la cantidad de cavidades, se tienen moldes simples o múltiples. Para que el llenado, la refrigeración y el desmoldeo sean uniformes, es conveniente fabricar solamente artículos de la misma especie en un molde múltiple. Según el tipo de desmoldeo, se dividen los moldes en:

- Moldes normales.
- Moldes para piezas con resaltes.
- Moldes de guillotina.
- Moldes de corredera.
- Moldes de mordazas.
- Moldes para roscas.
- Moldes especiales.

4.5.2 Moldes sencillos o múltiples.

La diferencia entre un molde sencillo y uno múltiple es la cantidad de cavidades del molde. Por lo general, el material, la forma del artículo y la máquina inyectora, son fundamentales para la elaboración del molde, para que se pueda conseguir la calidad deseada de las piezas a inyectar y claro no se debe olvidar la rentabilidad del molde.

Aquí es donde entra la cuestión de la cantidad de cavidades del molde y así mismo el costo. Una vez fijadas las características de realización del artículo y el material, el número de cavidades depende, en primer lugar de la máquina elaboradora.



La cantidad de cavidades se calcula:

1°. Por la relación entre el peso o volumen máximo del material correspondiente que puede inyectar la máquina y el peso del volumen del artículo. Según esto, la cantidad máxima teórica de cavidades será, ecuación

$$F_1 = \frac{S_v}{A_v} \quad (4.1)$$

S_v = Volumen máximo de inyección de la máquina [cm³].
 A_v = Mazarota [cm³].

2°. Por la relación entre el rendimiento de plastificación del cilindro inyector y el producto del número de inyecciones por el volumen del artículo, referido al material correspondiente. Según esto, el número de cavidades será, ecuación (4.2)

$$F_2 = \frac{L}{Z \times A_v} \quad (4.2)$$

L = Rendimiento de plastificación [cm³].
 Z = Número de inyecciones.

4.5.3 Sistemas de llenado.

El sistema de llenado tiene por objeto recibir la masa de moldeo procedente del cilindro de plastificación y dirigirla a la cavidad del molde como se muestra en la figura 4. 5.

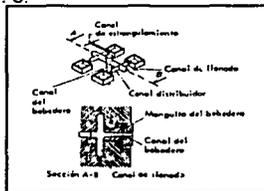


Figura 4.5 Sistema de llenado.

4.5.3.1 Cono de entrada "bebedero".

El cono del bebedero recoge la masa plástica directamente del cilindro de plastificación y la dirige hacia el plano de partición del molde, perpendicularmente a este plano. Generalmente este canal tiene forma cónica para facilitar el desmoldeo.

En los moldes simples, el sistema de alimentación está constituido muchas veces únicamente por el canal cónico de entrada, dejando aún lado los canales de distribución y de estrangulamiento.



El diámetro del bebedero es determinado por la geometría de la pieza, el diámetro del orificio de entrada (diámetro menor) se puede determinar aproximadamente a partir del volumen a inyectar. Para el llenado es adecuada una velocidad del frente de la masa fluida de unos 1000 mm/s. Para el diámetro mayor del cono, se aplica:

$$F_{base} = \sum F_{cambios\ de\ estrangulamiento} \quad (4.3)$$

Dicho diámetro ha de ser mayor a la suma de todos los canales de estrangulamiento. El orificio del bebedero debe estar terminado con pulido brillante. Las eventuales estrías de pulido han de discurrir en sentido longitudinal para evitar rugosidades en el perfil, ya que pueden ofrecer dificultades al desmoldear. Si se emplean masas de moldeo corrosivas, los orificios pulidos se revestirán de un material adecuado.

El bebedero cónico, es el tipo más antiguo y simple de canal de entrada. Entre los diversos sistemas es el que ofrece menor resistencia al flujo. Por esta razón es empleado con masas de moldeo de flujo difícil y sensibles a la temperatura, así como para todas las piezas de pared gruesa que exijan exactitud de dimensiones.

4.5.3.2 Extracción del cono bebedero.

El canal de entrada ha de ser suficientemente cónico, estar terminado con un pulido brillante y tener las estrías de pulido en sentido longitudinal, para evitar imperfecciones. Si se cumplen estas condiciones, al abrir el molde la mazarota quedará como prolongación respecto al canal del bebedero o bien saldrá junto con la pieza por el lado del molde correspondiente al eyector. La mazarota tiene que salir sin dificultades del bebedero. En las piezas que no se inyectan directamente, si no que es a través de un canal de desvío, el orificio del bebedero se prolonga y se realiza en forma especial para garantizar, el desmoldeo de la mazarota. Otra posibilidad de desprender la mazarota del manguito del bebedero, consiste en apoyar éste sobre un resorte. En cuanto la boquilla de inyección se separa del manguito del bebedero al terminar el proceso de llenado, el resorte, al recuperarse, produce el desprendimiento.

4.5.4 Configuración de los canales de entrada y distribución.

Los canales de distribución constituyen la parte del sistema del llenado que, tienen el objetivo de conseguir que el material penetre en todas las cavidades simultáneamente y a igual presión y temperatura. Las dimensiones del canal dependen del tamaño de la pieza, del tipo del molde y de la masa a elaborar

Por otra parte, se tiene la exigencia de producir un artículo con el máximo de rentabilidad. Adquiere, por lo tanto, gran importancia el dimensionado de los canales tanto en lo que respecta a la calidad como a la rentabilidad de la producción.



El canal circular cumple óptimamente la condición de mantener mínima la relación superficie/volumen; con este canal se producen las mínimas pérdidas de calor y fricción. Para poder desmoldearlo con facilidad, tiene que dividirse diametralmente por partes iguales, lo que resulta de difícil realización.

Por lo tanto se elegirá una sección que se aproxime a la circular, pero de modo que el canal resultante pueda alojarse en una sola mitad del molde; para facilitar el desmoldeo, se aplica en la parte móvil del molde (lado eyección). La sección parabólica es la más utilizada, por aproximarse mucho a las exigencias citadas y proporcionar sólo un poco más de desperdicio que el canal circular.

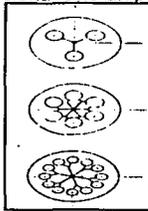


Figura 4.6
Distribuidor en estrella.

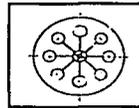


Figura 4.7
Distribuidor anular

Para obtener vías de flujo iguales, lo mejor es disponer las cavidades en círculo alrededor del punto central del bebedero; en tal caso, el sistema de distribución suele llamarse "de araña" o "de estrella". Una forma especial de este sistema lo es el canal anular; la masa plástica procedente del bebedero llega primeramente a un distribuidor principal en forma de anillo, el cual va conectado a las diversas cavidades mediante canales secundarios, las figuras 4.6 y 4.7 muestran algunas posibilidades de ordenamiento de los canales de distribución.

Si no es posible una distribución semejante, se emplea el llamado distribuidor "de hileras". Como se muestra en la figura 4.8, consta de un canal principal y diversos canales secundarios que terminan en el canal de estrangulamiento.

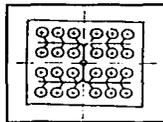


Figura 4.8
Distribuidor de hileras.



4.5.5 Disposición de las entradas en la pieza.

La disposición de las entradas determina la dirección de flujo de la masa de moldeo en la cavidad del molde. Como es sabido, las propiedades de resistencia de las piezas inyectadas varían según el sentido ya sea longitudinal o transversal. Así, pues, antes de la construcción del molde, hay que tener bien en cuenta los esfuerzos que debe soportar la pieza y conocer la dirección según la cual sufrirá el esfuerzo principal. Como la magnitud de la sección de estrangulamiento depende del espesor más grueso de la pieza, será conveniente efectuar la entrada donde se presente tal esfuerzo. Si la entrada no se efectúa en el punto más grueso de la pieza (existen excepciones), suele producirse porosidades, rechupes y una deformación de importancia que afecta las dimensiones de las piezas.

A causa de las orientaciones mal estudiadas, resultan importantes pérdidas de calidad que influyen en la contracción y en la deformación.

4.5.6 Cantidad de entradas.

La cuestión referente al número de entradas necesarias no puede resolverse en forma general. La forma del artículo y el material a elaborar determinan la necesidad de una o varias conexiones de la pieza con el sistema de llenado. La deformación presentada por algunos materiales y algunas formas (placas, tiras) de la pieza pueden compensarse con varias entradas. Con varias entradas se producen uniones de flujo en los lugares que converge la masa en el interior del molde.

Estas uniones resultan más visibles cuanto más viscosa es la masa. Por lo general, la pieza tiene una resistencia menor en las líneas de unión; por ello, principalmente en piezas sometidas a esfuerzos elevados, conviene hacer una sola entrada que satisfaga a todo el molde. Si, a pesar de todo, se hace necesario comunicar mediante varias entradas, se deberá de tomar en cuenta la ley del llenado uniforme, es decir, de iguales caminos de flujo desde la entrada hasta las líneas de convergencia de flujos o hasta el extremo de la pieza.

4.5.7 Tipos de mazarotes y de entradas.

La elección del tipo de mazarota y la situación de los canales de entrada de colada respecto a la pieza son factores que influyen en la calidad de ésta y en la rentabilidad de la producción.

La posición y la configuración de dichos elementos determinan el proceso de llenado y, por siguiente, también en gran parte, la resistencia de la pieza. La mazarota debe de estar diseñada de forma que se separe con facilidad de la pieza y no resulte un impedimento para la utilización de la misma.



Barra o mazarota cónica.

La mazarota cónica es el producto de la forma más sencilla y antigua del canal de entrada. Permite una elevada presión residual, que actúa plenamente hasta la solidificación de la pieza. Este tipo de canal opone la mínima resistencia al flujo de la masa, es muy empleado cuando se tienen masas viscosas y sensibles a la temperatura. Son apropiadas para la producción de piezas de paredes gruesas con reducida tolerancia en las dimensiones.

Existen dos posibilidades de hacer en el molde del canal de entrada que produce una mazarota cónica o de barra. Si se emplea un manguito de bebedero, por lo general queda una marca en la pieza figura 4.9. Si se quiere evitar esta marca, el canal de colada tiene que elaborarse directamente en la mitad del molde lado de la boquilla figura 4.10.

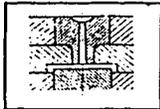


Figura 4.9
Mazarota de barra con
manguito de bebedero.

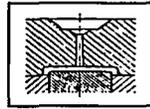


Figura 4.10
Mazarota de barra en
la mitad del molde lado boquilla.

4.5.8 Enfriamiento del molde.

El enfriamiento es de gran importancia para la calidad y rentabilidad que muchas veces se exige que se tenga en cuenta para la construcción de un molde, aunque pocas veces se hace. La construcción se debe hacer siguiendo el llamado principio del cono, es decir, que la pieza se tiene que ir enfriando uniformemente, partiendo del borde exterior hacia el punto de la colada.

Al elegir la temperatura del molde se tendrán en cuenta exigencias económicas y de técnica de la producción. Por lo general, las temperaturas elevadas producen:

- Buenas superficies (brillo),
- Buena fluidez,
- Reducido grado de orientación y pocas tensiones propias,
- Pocas grietas de tensión,
- Poca contracción posterior,
- Largos tiempos de enfriamiento.

Las ventajas económicas obtenidas con tiempos de enfriamiento cortos aportan, abundantes desventajas en calidad. Además hay que tener en mente que los costes del enfriamiento con temperaturas inferiores a la del ambiente por lógica aumentan a medida que bajan la temperatura de las paredes del molde.



Así, pues, es necesario establecer un compromiso razonable para cada caso.

4.5.8.1 Cálculo del tiempo de enfriamiento.

El tiempo de enfriamiento depende de la temperatura de la masa θ_M , de la temperatura del moldeo θ_w , de la temperatura de desmoldeo θ_E , de la conductibilidad térmica λ del material inyectado y del espesor de la pared s (geometría).

En general, el campo de temperatura no es estacionario, con una conducción térmica unidimensional, queda descrito por la siguiente ecuación diferencial de Fourier, figura 4.11.

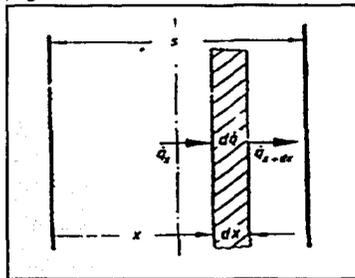


Figura 4.11.

Balance térmico de un elemento volumétrico.

$$q'_x = -\lambda \frac{\partial \theta}{\partial x} \quad (4.4a)$$

$$q'_{x+dx} = q'_x + \frac{\partial q'_x}{\partial x} dx \quad (4.4b)$$

$$dq' = \rho \cdot c \cdot \frac{\partial \theta}{\partial t} dx \quad (4.4c)$$

Donde:

- q' = la intensidad de corriente térmica; c = la capacidad calórica;
- θ = la temperatura; s = el espesor de la pared.
- t = el tiempo;
- x = el camino recorrido;
- λ = la conductibilidad térmica;
- ρ = la densidad;



GENERALIDADES DEL DISEÑO DE MOLDES DE INYECCIÓN

De $q' = q'_x - q'_x + dx$ se obtiene $-\frac{\partial \theta}{\partial t} = a \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2}$

Con $a = \frac{\lambda}{\rho \cdot c} =$ Conductividad de temperatura

Con temperatura de pared y conductibilidad de temperatura constantes se obtienen, para el tiempo de refrigeración t_k , las siguientes soluciones de aproximación (válidas para placas y piezas de paredes finas):

$$t_k = \frac{s^2}{\pi \cdot a} \operatorname{erf} \left(\frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{\theta_M - \theta_w}{\theta_F - \theta_w} \right)$$

$$t_k = \frac{s^2}{\pi^2 \cdot a} \operatorname{erf} \left(\frac{4}{\pi} \cdot \frac{\theta_M - \theta_w}{\theta_F - \theta_w} \right)$$

$\bar{\theta}_F$ Es la temperatura de desmoldeo, promedio de la sección, y

$\hat{\theta}_F$ Es la temperatura máxima en el centro de la pieza.

Para piezas con otras formas se aplican las relaciones indicadas en la tabla 4.1.

Forma de la pieza	Dimensión principal	Tiempo de enfriamiento t_k
Cilindro	Diámetro d	$t = d^2 / (23.14) a$ en $(1.599T)$
	Longitud ∞	$t = 1 / [(23.14/d^2) + (\pi^2/l^2)] a$ en $(6.396/\pi)T$
	Diámetro d Longitud l	
Cubo	Longitud de aristas h	$t_k = h^2 / 3\pi a$ en $(64/\pi^2 T)$
Esfera	Diámetro d	$t = d^2 / 4\pi a$ en $(2T)$
		$T = (\theta_M - \theta_w) / (\theta_F - \theta_w)$

Tabla 4.1 Determinación del tiempo de enfriamiento según la pieza.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



4.6 MATERIALES EMPLEADOS EN LA FABRICACIÓN DE MOLDES.

Los diseñadores de moldes deben poseer unos conocimientos básicos de los diferentes tipos de materiales empleados en la fabricación de moldes. Un diseñador procurará estar informado sobre los nuevos métodos y materiales que aparecen de vez en cuando y tomará nota de las posibilidades de adaptarlos a las exigencias especiales. Para poder leer bibliografía técnica y charlar con los proveedores, necesitará unos conocimientos básicos de los principios fundamentales de la obtención y termotratamiento del acero y de la terminología particular del ramo. Otros muchos metales distintos del acero se están empleando para fabricar moldes y alguna de las distintas clases pueden tenerse en cuenta y valorarse con respecto a su idoneidad para el tipo de trabajo a realizar.

Los avances realizados en el moldeo y en la fabricación de moldes pueden permitir en el futuro el uso de materiales o de métodos que ahora se dejan de lado.

4.6.1 Aceros

Un diseñador de moldes ha de tener en cuenta muchos factores. El molde proyectado debe ser correcto, producir piezas económicamente, y sólido para resistir el duro manejo a que va a estar sometido. El coste del acero utilizado en un molde es el factor menos importante; sin embargo, las horas de trabajo empleadas en la construcción de las diferentes partes representan una inversión importante que se perderá si el diseño es malo o los materiales no son adecuados. A la vista de estas y otras consideraciones, el diseño del producto final es fruto, en general, de un compromiso bien equilibrado entre los factores de aspecto, técnicos y de costos.

En la elección de los materiales, empleados en la fabricación de un molde debe tenerse el máximo cuidado y dedicarle gran atención.

Aceros utilizados en la fabricación de moldes.

En lo que se refiere a la fabricación de moldes, el acero puede definirse como un metal que posee unas propiedades que hacen de él un material muy útil para formar el cuerpo principal de las herramientas.

Ciertas aleaciones de hierro que pueden templarse, obtenidas con un alto control de calidad, pueden ser también muy adecuadas para la fabricación de moldes.

Hay cinco clases generales de acero utilizado por los fabricantes de moldes, y son:

1. Acero de bajo contenido en carbono (menos del 0,20 %). Este acero no posee el suficiente carbono que le permita endurecerlo suficiente cuando se calienta y se temple.



2. Acero de contenido medio en carbono (0,20 a 0,60%).
3. Acero de alto contenido en carbono (0,70 a 1,30 %).
4. Aceros de aleación. Los aceros de esta clase contienen diversos elementos además de carbono, cada uno de los cuales comunican a la masa unas características especiales.
5. Aceros para herramientas.

Acero de muy bajo contenido en carbono.

El acero de muy bajo contenido en carbono se denomina a veces como hierro, y se está usando bajo diferentes nombres comerciales. Estos productos, que se hacen especialmente para la embutición con punzón de forma y que se maquinan con facilidad, son muy buenos bajo ciertas condiciones para determinados tipos de moldes. Son del tipo cementarote.

La mayor desventaja de los materiales de este tipo es su falta de resistencia física en estado templado. Esta falta de dureza conduce a la deformación y rotura de los asientos cuando se aplican grandes presiones unitarias.

Acero de contenido medio de carbono.

Acero medio carbono. Por su contenido de carbono estos aceros se utilizan para la fabricación de piezas estructurales de mediana resistencia.

Garantía; Solo se garantiza el análisis químico. (*) Cuando el silicio (Si) es requerido, los siguientes rangos son los mas comúnmente usados: Si = 0.10 máximo Si = 0.10 - 0.20 % Si = 0.15 - 0.35 %

Acero de alto contenido de carbono.

Acero alto carbono. Por su contenido de carbono estos aceros se utilizan para la fabricación de piezas estructurales y para piezas no críticas y que no estén expuestas a altos esfuerzos en puentes, construcciones y edificios, piezas de maquinaria, herramientas, palas, reducción en frío, etc.

Garantía; Solo se garantiza el análisis químico. * Cuando el silicio (Si) es requerido, los siguientes rangos son los mas comúnmente usados: Si = 0.10 - 0.25% Si = 0.15-0.35%. * Esta clasificación es para uso comercial. * Para uso estructural "P" máximo = 0.035 %, "S" máximo = 0.040 %.

Aceros de aleación.

Se da el nombre de aceros aleados a los aceros que además de los cinco elementos: carbono, silicio, manganeso, fósforo y azufre, contienen también cantidades relativamente importantes de otros elementos como el cromo, níquel, molibdeno, etc., que sirven para mejorar alguna de sus características fundamentales. Utilizando aceros aleados es posible fabricar piezas de gran espesor, con resistencias muy elevadas en el interior de las mismas. En elementos de máquinas y motores se llegan a alcanzar grandes durezas con gran tenacidad.



Es posible fabricar mecanismos que mantengan elevadas resistencias, aún a altas temperaturas. Hay aceros inoxidables que sirven para fabricar elementos decorativos, piezas de maquinas y herramientas, que resisten perfectamente a la acción de los agentes corrosivos. Es posible preparar troqueles de formas muy complicadas que no se deformen ni agrieten en el temple, etc.

Acero de herramientas.

El acero de herramientas fue el primer material que se usó en cantidad en la fabricación de moldes. Sus muchos defectos y desventajas condujeron a la aparición de aceros de aleación especiales para la fabricación de moldes para plásticos.

Existen tres tipos generales de acero para herramientas: templado en agua, templado en aceite y templado en el aire. Estos aceros se maquinan fácilmente, pero no son adecuados para embutición con punzón de forma.

Una vez templado, un bloque de acero para herramientas tiene aproximadamente la misma dureza en todas direcciones y carece de tenacidad.

Como consecuencia de todo ello, el molde tiende a romperse en lugar de deformarse cuando se aplica un exceso de presión.

El coste inicial de un acero para herramientas es alto. Se usa con frecuencia para moldes de inyección debido a que no se deforma tan fácilmente como otros aceros bajo la acción de una gran presión. Esta ventaja es consecuencia de estar templado uniformemente en todo su espesor. Bajo ciertas condiciones, estos aceros tendrán una duración máxima.

Cuando se desea un máximo de dureza puede utilizarse un acero para herramientas templado en agua. Cuando se temple se deforma considerablemente; por lo tanto y para corregirlo debe realizarse un amplio rebaje.

En general no son recomendables los aceros para herramientas templados en agua, y cuando se desea una dureza extrema, se obtendrán mejores con aceros nitrurados ya que éstos poseen una parte central tenaz. Con frecuencia, el uso de un carburo metálico o la combinación de un carburo y acero da mejores resultados que el acero templado en agua. Puede utilizarse un acero para herramientas templado en aceite cuando la deformación ha de ser mínima sacrificando un tanto la dureza.

Condiciones requeridas en un acero para molde.

Los moldes para plásticos necesitan unos grados de acero de distintos tipos y producidos con mucho cuidado. Los aceros que se han de utilizar en la fabricación de moldes han de poseer ciertas características.



GENERALIDADES DEL DISEÑO DE MOLDES DE INYECCIÓN

Pureza.

Un buen acero para moldes debe estar limpio; no debe contener inclusiones no metálicas que den lugar a picaduras durante el pulido.

Solidez.

El acero debe ser denso y sin porosidad.

Estructura uniforme.

Su estructura debe ser uniforme y estar relativamente libre de heterogeneidad en la aleación. También debe ser uniforme por análisis químico.

Maquinabilidad.

La facilidad de maquinado de un cierto grado de acero depende de la dureza de éste y de su microestructura. La blandura o ductilidad no es necesariamente un signo de fácil maquinado, y una blandura excesiva es tan indeseable como una dureza extrema. Para la fabricación económica de moldes se precisan aceros que se maquinen fácil y uniformemente.

Facilidad de embutición con punzón de forma.

Los aceros para embutir con punzón de forma deben ser muy blandos cuando se han recocido y deben ser también puros y dúctiles. Los aceros suaves, el acero sueco y la chapa para calderas pueden embutirse fácilmente con punzón de forma, pero son preferibles los aceros desarrollados especialmente para este fin ya que poseen el máximo de pureza y uniformidad. El hierro puro obtenido en horno de solera y los aceros de baja aleación son los que se embuten con más facilidad.

Los aceros hiperaloados (incluyendo los aceros al carbono) ofrecen una cierta dificultad pero dan los mejores resultados en servicio.

Capacidad de templado.

Buenos aceros para moldes deben adquirir el temple deseado en el tratamiento térmico, uniformidad, una superficie resistente y una parte central tenaz y resistente.

El hierro puro de horno de solera y los aceros de bajo contenido en carbono se templarán en agua, pero pueden deformarse y quedar inservibles.

Los aceros de aleación se templan en aceite o aire y sufren una cantidad mínima de cambios dimensionales durante el templado.

Solidez y tenacidad.

Los moldes necesitan una superficie dura y su parte interior debe ser muy tenaz; en cuanto más grande es el molde, mayor será la resistencia que debe tener la parte interna para impedir su deformación.



Seguridad en el tratamiento térmico.

Una característica muy importante en un buen acero para moldes es su aptitud para templarse satisfactoriamente en las piezas más variadas y según métodos distintos y dando no obstante resultados uniformes.

Acabado.

Todos los aceros para moldes deben ser capaces de tomar fácilmente un acabado de espejo, aunque a veces se utiliza una superficie mate por ser así el acabado final que se desea.

Resistencia al desgaste.

Resistencia al desgaste es una característica fundamental que debe poseer un acero de uso general para moldes. Algunos plásticos provocan poco desgaste, pero otros tales como los compuestos con fibra de vidrio y asbesto, necesitan una resistencia máxima al desgaste.

Elección de un acero.

En los primeros tiempos del moldeo de plásticos, los aceros no estaban considerados como una parte importante del molde. A medida que esta industria fue progresando, numerosos factores hicieron adquirir importancia al acero y comenzaron a realizarse numerosas peticiones a los fabricantes del mismo.

Aumentó el tamaño de los moldes, sus formas se hicieron más complejas, se utilizaron presiones más altas y los nuevos desarrollos añadieron nuevos materiales a la lista de compuestos de moldeo, algunos de los cuales eran corrosivos y otros abrasivos.

Chapas de acero.

Las chapas de acero o chapas para calderas, son de acero de bajo contenido en carbono producidas en horno Martin-Siemens u otros procedimientos baratos, en donde la pureza tiene menos importancia que el volumen. Este material se utiliza casi exclusivamente en la fabricación de armazones de moldes.

El acero para chapas puede cementarse y templarse o templarse en caja tensa a veces para fabricar cavidades y machos, pero esta aplicación no es recomendable debido a la baja resistencia de la parte central de este acero y debido también a defectos estructurales tales como rechupes, costuras, picaduras y otros defectos. Estos tipos de aceros no deben emplearse para cavidades y machos ni siquiera en los moldes más baratos.

Hay varias calidades de acero para chapas y si se ha de realizar alguna presión, deben elegirse los grados mejores.



Algunos fabricantes de moldes utilizan los grados más baratos de chapas para calderas para fabricar los platos de sujeción, paralelas, etc., y los grados mejores (semejantes a SAE 1020) para placas soporte, placas para el vapor u otros miembros en los que pueden concentrarse esfuerzos mecánicos.

El obrar así lleva consigo que hay que disponer de unas existencias muy variadas; por tanto será mucho mejor emplear los mejores girados para todo.

El ahorro que supone el utilizar los grados más baratos representa una diferencia despreciable con respecto al coste total del molde ya que equivalen a sólo unas cuantas pesetas por kilo.

Las placas del molde se fabrican en general con acero para chapas, mientras que las barras expulsoras y las placas de fijación de las espigas se hacen de barras de acero suave o de acero laminado en frío. En general es mejor utilizar acero laminado en frío si puede hallarse el tamaño deseado a no ser que estas piezas necesiten acabado, en cuyo caso, es más indicado utilizar acero suave.

Un acero suave pertenece a la misma clase general que el acero de chapas SAE 1020. La diferencia consiste en que el acero suave se ha laminado en caliente en forma de barras planas o cuadradas y en tochos redondos. En muchas aplicaciones estas barras pueden utilizarse sin acabado especial excepto un rectificado superficial sobre ambas caras para darle planicidad. Con el moderno soplete cortador, el problema se reduce a cuál de los dos se adquiere más fácilmente, independientemente de la especificación.

Si un material laminado en frío precisa un acabado, debe quitarse de ambos lados la misma cantidad de material con objeto de igualar las tensiones. Las chapas de acero laminadas en frío poseen una cantidad considerable de tensiones superficiales como consecuencia de haber sido trabajadas en frío.

Cuando se rebaja una superficie y se liberan las tensiones de un lado solamente, puede originarse su alabeamiento.

Armazones de moldes Para muchas aplicaciones existen hoy día armazones normalizadas para moldes, placas normalizadas, espigas, etc., y un proyectista de moldes debe tener guardados los catálogos de estos productos para facilitarse su uso cuando sea preciso.

Pueden adquirirse fácilmente armazones que admiten series de moldes normalizadas para usarlos en muchas aplicaciones.

4.6.2 Materiales obtenidos galvánicamente.

La separación metálica producida galvánicamente proporciona un nuevo medio para ejecutar, con exactitud de medidas, vaciados de formas complicadas. Existe una serie de materiales para el moldeo galvánico.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



SELECCIÓN DE LOS MATERIALES PARA EL DISEÑO DE MOLDES DE INYECCIÓN

Los más importantes para la fabricación de moldes son el níquel y las aleaciones de níquel-cobalto, ya que presentan las mejores propiedades de resistencia, poseen la máxima dureza superficial y tienen un comportamiento óptimo frente a la corrosión y la abrasión. Además, estas propiedades pueden variarse notablemente mediante la elección de determinados electrolitos de níquel y las condiciones de segregación.

El cobre y el hierro obtenidos galvánicamente son excesivamente blandos para utilizarlos como materiales para moldes, incluso en su forma galvánicamente más dura. En cambio, el cromo galvánico es tan duro que no es posible efectuar un trabajo posterior, por otro lado presenta fuertes tensiones internas, que pueden conducir a la formación de grietas en la capa de cromo, en la siguiente tabla 4.2 se indican algunos materiales obtenidos galvánicamente y sus propiedades.

Material	Resistencia a la tracción [kp/mm ²]	Límite de alargamiento [kp/mm ²]
Níquel	36-151	22-64
Níquel (blando)	35-39	7-12
Níquel-cobalto 60/40	70-145	-
Hierro	26-55	-
Cobre	7-56	8-11
Cobre (blando)	18-26	-

Tabla 4.2 Materiales obtenidos galvánicamente para moldes de inyección.

4.6.3 Materiales cerámicos.

Recientemente se ha permitido comprobar que también los materiales de este grupo son apropiados para la construcción de moldes. Un ejemplo es el carbón sintético electrografitado. Este material presenta una serie de propiedades que resultan particularmente importantes para la fabricación de moldes.

El carbón sintético se caracteriza por una excelente estabilidad en los cambios de temperatura, buen comportamiento deslizante, resistencia química prácticamente universal, buena conductibilidad térmica y baja densidad. Es conveniente que el electrografito se impregne con metal para alcanzar una mejor conductibilidad térmica. Los moldes de electrografito se obtienen por mecanizado, para ello se emplean las mismas máquinas y herramientas usadas para los metales.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



4.7 MATERIALES USADOS DENTRO DE LOS MOLDES.

Entre los materiales de colada más usados se encuentran los siguientes:

- Y Polietileno de baja densidad (LDPE).
- Y Polietileno de alta densidad (HDPE).
- Y Policloruro de vinilo (PVC).
- Y Polipropileno (PP).
- Y Poliestireno (PS).
- Y Poliuretano (PU).
- Y Poliester termoplástico (PET).

Los cuales son calentados por encima de su temperatura de fusión y forzados dentro de un molde cerrado para producir una figura moldeada.

4.8 METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE MOLDES.

Dada la diversidad de materiales, procesos y aplicaciones, el diseño con plásticos exige una mayor experiencia que en el caso de otros materiales.

En los problemas específicos del diseño se pueden analizar desde distintos ángulos, que se abordan en los apartados dedicados a los materiales y procedimientos concretos.

En lo que son las consideraciones hechas para la elección del plástico se elegían principalmente como sustitutos de otros materiales. Algunos de aquellos primeros durante su desarrollo, tuvieron mucho éxito por el nuevo concepto que representaban y la novedad del material, en donde, otros fracasaron, por que los diseñadores desconocían cada una de las propiedades del material utilizado o estaban inspirados más bien por el coste que por el aprovechamiento del material, de manera que el artículo no soportaba el uso cotidiano y el desgaste. Paralelamente al crecimiento de la industria del plástico, los diseñadores han ido recojiendo cada vez más datos sobre las propiedades de este tipo de material.

Al combinar una serie de propiedades que no reúne ningún otro, como resistencia, ligereza, flexibilidad y transparencia, en donde hoy en día el plástico es el material utilizado por excelencia en la industria, más allá de ser un mero sustituto.

4.8.1 Consideraciones reológicas.

La reología, que trata de la mecánica de los fluidos deformables, abarca desde los materiales no completamente sólidos hasta los casi líquidos. Bajo este concepto se incluyen también los puntos de vista tecnológicos respecto al comportamiento de fluidez de los materiales que se elaboran en el proceso de inyección.



Una fabricación rentable presupone moldes correctos en máquinas de inyección en buen estado, o sea, la mejor máquina no sirve para mucho si el molde presenta defectos, ya que de la construcción y ejecución del molde depende la calidad de las piezas inyectadas, por lo menos en igual medida que del funcionamiento de la máquina.

Esta exposición es perfectamente clara, y en los círculos de elaboradores de materias termoplásticas se conoce perfectamente el cuidado que hay que poner en todos los detalles relacionados para conseguir el resultado de trabajo deseado.

El observador se enfrenta constantemente con nuevos materiales que aparecen en el mercado, que poseen en partes considerables propiedades, pero que también llevan consigo nuevas dificultades en cuanto a su elaboración. Se desea una calidad y resistencia óptimas.

Las piezas tienen que estar exentas de irregularidades en la estructura del material y de tensiones internas, para que puedan cumplir con las exigencias impuestas por su finalidad de aplicación. Hay que evitar al máximo los trabajos de retoque, y las vías de llenado tienen que procurar una pérdida de material lo más reducida posible.

Siempre será valioso el conocimiento de las propiedades técnicas de flujo del material termoplástico que penetra en la cavidad del molde, para la planificación de un molde destinado a una nueva producción.

La problemática empieza en el émbolo de inyección, que actúa sobre el material termoplástico con una presión específica desde unas fracciones hasta varias toneladas por centímetro cuadrado. El material se funde con una viscosidad determinada, que varía en el transcurso del proceso de inyección en forma análoga a la diferencia de temperatura entre el cilindro y la cavidad del molde. Esta diferencia de viscosidad es influenciada también por la velocidad de inyección y muchos otros factores.

Debido a la variación de viscosidad y a la creciente reducción de la sección de los caminos de flujo, con la resistencia así originada, la presión de inyección desciende dentro de la cavidad del molde.

Si partimos de la concepción de que el llenado del molde se efectúa perpendicularmente a la dirección del flujo, el proceso puede compararse a la corriente de una masa viscosa, con determinada viscosidad estructural, por el espacio libre entre dos paredes. La distancia entre ambas paredes corresponde aproximadamente al espesor de la pieza a fabricar. El curso de la corriente no es en absoluto uniforme durante el llenado del espacio, ya que los factores que pueden influir en ella, velocidad y presión de inyección, temperatura de plastificación, temperaturas en las zonas de las vías del flujo del material, etc., están asimismo sujetos a variaciones.



En la década de 1980, tres instrumentos han revolucionado el tratamiento de diseño en el mundo de la industria: el diseño asistido por ordenador (CAD), la fabricación por ordenador (CAM) y la fabricación de moldes asistida por ordenador (CAMM).

En estas técnicas se eliminan prácticamente las tareas de dibujo y cálculo, gracias a lo cual los diseñadores, fabricantes, fabricantes de materiales y herramientas cometen menos errores en los diseños de la pieza, la selección del material y las configuraciones de la herramienta.

Hoy en día, el diseñador puede valerse de la computadora para el diseño, la ingeniería y la fabricación de cualquier artículo de plástico. Se permite dibujar de forma rápida un diseño y modificarlo progresivamente para mejorar el aspecto y la función de la pieza. Además se puede girar el modelo gráfico que aparece en la pantalla catódica para contemplarlo desde diferentes ángulos, así como para ampliar detalles concretos o formas complejas.

La ventaja principal del uso de la computadora en ingeniería es el perfeccionamiento del diseño, la productividad de la mano de obra, la competencia en el mercado, el rendimiento de capital, la innovación, la calidad y la rentabilidad.

Con la ingeniería asistida por computadora (CAE), el diseñador puede emplear elementos finitos y otros sistemas de análisis del diseño y el moldeo y pruebas de estructuras simuladas. El CAM es útil para programación, interfaces con robótica, control de calidad y otras operaciones asociadas con la fabricación del producto. Con los sistemas CAD/CAE/CAM se pueden evaluar y revisar elementos de precio superior como son gestión del material y las herramientas y su mantenimiento, costes de materia prima o pérdidas por chatarra, antes de comenzar la producción.

En la mayoría de los diseños debe conseguirse un equilibrio entre comportamiento, buen aspecto, producción eficaz y reducción de costos. Principalmente, son tres las consideraciones que se toman en cuenta en un diseño, las cuales se tienen a continuación:

1. *Consideraciones sobre el material.*
 - A. Medio ambiente.
 - B. Características eléctricas.
 - C. Características químicas.
 - D. Factores mecánicos.
 - E. Economía.

2. *Consideraciones sobre el diseño.*
 - A. Aspecto.
 - B. Limitaciones de diseño.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



3. *Consideraciones de producción.*

- A. Procesos de fabricación.
- B. Contracción del material.
- C. Tolerancias.
- D. Diseño del molde.
- E. Pruebas de comportamiento.

1. *Consideraciones sobre materiales.*

Se deben seleccionar materiales que posean las propiedades adecuadas para satisfacer las condiciones de diseño, economía y servicio.

La selección final del material para fabricar un producto se guía por el objetivo de alcanzar el equilibrio más favorable entre diseño, fabricación y coste total o precio de venta del artículo acabado. El uso de plástico, tanto en diseños simples como en los complicados, puede suponer una menor elaboración o menos operaciones en la fabricación, a lo que se puede unir una combinación de características concretas que hagan de él un material competitivo en costos.

A. Medio Ambiente.

A la hora de diseñar un producto de plástico, las condiciones físicas, químicas y térmicas del entorno son consideraciones muy importantes. Ciertos plásticos retienen sus propiedades a temperaturas criogénicas (extremadamente bajas). Los contenedores, cojinetes autolubricantes y tubos flexibles deben funcionar correctamente a temperaturas por debajo de los 0°C. Los entornos fríos y hostiles del espacio y la tierra son sólo dos ejemplos. Siempre que entre en juego la refrigeración o los envases para alimentos, o en los casos en los que el olor y el aroma suponen un problema, se deben elegir plásticos idóneos.

B. Características eléctricas.

Todos los plásticos poseen útiles características como aislantes eléctricos. La selección del plástico suele basarse en las propiedades mecánicas, térmicas y químicas, aunque el sector pionero de esta industria fue el de las aplicaciones eléctricas. Los problemas de aislamiento eléctrico en entornos a gran altitud, en el espacio, en el fondo marino o subterráneos se resuelven mediante el uso de plásticos.

C. Características químicas

La naturaleza química y eléctrica de los plásticos está íntimamente relacionada con su composición molecular. No existe una regla general sobre la resistencia química. Habrá que probar cada plástico en el entorno químico para determinar su uso real.



D. Factores mecánicos.

La elección del material incluye la consideración de factores mecánicos como son la resistencia a la fatiga, a la tracción, a la flexión, al impacto y a la contracción, la dureza, el amortiguamiento, el flujo en frío, la dilatación térmica y la estabilidad dimensional. Los productos que requieren estabilidad dimensional exigen una atenta selección de los materiales, si bien las cargas sirven para mejorarla.

E. Economía.

La última fase en la selección de un material viene dada por el aspecto económico. No es aconsejable considerar el costo del material en la selección preliminar de los materiales candidatos.

En este punto no se deben desechar los materiales con propiedades de comportamiento marginales o por su costo, ya que tal vez constituyan un candidato adecuado según los parámetros de tratamiento, ensamblaje, acabado y condiciones de operación.

El costo es siempre un factor principal en las consideraciones de diseño o selección de materiales. La relación resistencia-masa, o la resistencia química eléctrica y a la humedad, pueden superar el inconveniente del precio.

Los tres factores que se compensan en el diseño de un plástico son el servicio, la producción y el costo. El uso y comportamiento de un artículo reviste interés cuando se definen algunos factores de diseño. Los costes generales compensan los demás elementos que se tienen en cuenta para el diseño y el desarrollo y, en general, se basan en el método de producción.

1. Consideraciones de diseño.

Al considerar las condiciones de diseño globales debe revisarse la aplicación o función pretendida, el entorno, los requisitos de calidad y las especificaciones. La base de datos de los sistemas informáticos puede alertar al diseñador de que un modelo se encuentra fuera de los parámetros del material o proceso seleccionado.

A. Aspecto.

Tal vez el consumidor sea el que mejor conozca el aspecto físico y la utilidad de un artículo, que abarca el diseño, el color, las propiedades ópticas y el acabado superficial. Los elementos del diseño y el aspecto agrupan varias propiedades a la vez. El color, la textura, la forma y el material puede hacer que un producto sea atractivo para el consumidor o no.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



GENERALITAT DE CATALUNYA. DISEÑO DE MOLDES DE INYECCIÓN

Para asegurar un diseño correcto debe existir una estrecha colaboración entre los encargados de la obtención del molde, los fabricantes y los que llevan a cabo el tratamiento y la producción.

Antes de moldear la pieza, es necesario meditar sobre su diseño para garantizar que se consigue la mejor combinación de propiedades mecánicas, eléctricas, químicas y térmicas.

Al forzar un material que se adapte a la forma del molde, se crean tensiones residuales, que se bloquean durante el enfriamiento o curado y la contracción de matriz, pero pueden ocasionar el alabeo de superficies planas.

No existen reglas rápidas y sólidas para determinar el grosor de pared más práctico de una pieza moldeada. Nervaduras, grabados, flecos y perlas son los métodos más comunes para añadir resistencia sin aumentar el grosor.

B. Limitaciones de diseño.

Además de la selección del material, las herramientas y el tratamiento influyen bastante en las propiedades y la calidad de todos los productos de plástico. Intimamente relacionado con la producción está el modelo del producto y, finalmente, el diseño del molde para producirlo.

La velocidad de producción, las líneas de división, las tolerancias de dimensiones, las muescas, el acabado y la contracción del material son puntos que deberá tener en cuenta el fabricante de moldes o diseñador de herramientas. Por ejemplo, las muescas e inserciones hacen más lentas las velocidades de producción y exigen un mayor corte.

El problema de la contracción del material es tan relevante para el diseñador de moldes como para el diseñador de los productos moldeados. La pérdida de disolventes, plastificantes y humedad durante el moldeo, junto con la reacción química de polimerización en algunos materiales, tiene como resultado la contracción.

El uso de un modelo informático de sistema CAD permite señalar la respuesta al esfuerzo de una pieza con geometría, contenido en refuerzo, orientación de refuerzo y orientación de moldeo (flujo) específicos.

Al diseñar productos de plástico son importantes las consideraciones sobre el material y la producción. Los problemas asociados a la producción de artículos de plástico suelen exigir la selección de las técnicas de producción antes de pasar a considerar el material.

3. Consideraciones de producción.

En cualquier diseño de producto, el comportamiento del material y el coste se suelen reflejar en las técnicas de moldeo, la fabricación y el ensamblaje.



El diseño de la herramienta debe tener en cuenta la contracción de material, la tolerancia dimensional, el diseño de molde, los insertos, la decoración, los pasadores de bloqueo, las líneas divisorias, la velocidad de producción y otras operaciones posteriores al tratamiento.

A. Procesos de fabricación.

Con la tecnología y los materiales nuevos, el tratamiento constituye normalmente un factor competitivo decisivo. Hoy día existen menos limitaciones de materiales termoplásticos y termo endurecibles que en el pasado. Gracias a la capacidad de moldeo, los índices de producción y otras propiedades, materiales aparentemente costosos se abaratan notablemente.

B. Contracción de material.

Las irregularidades en el grosor de pared pueden crear tensiones internas en la pieza moldeada. Las zonas gruesas tardan más en enfriarse que las delgadas y pueden causar rechupados, así como contracción diferencial en los plásticos cristalinos moldeados por inyección tienen una alta contracción, mientras que los amorfos se contraen menos.

Se debe ejercer una gran presión para introducir el material por las zonas más estrechas, hecho al que se suma el problema de la contracción del material.

C. Tolerancias.

La contracción está muy relacionada con el hecho de mantener las tolerancias dimensionales. El moldeo de artículos con tolerancias de precisión exige una selección cuidadosa de materiales, siendo además más caras las herramientas para el moldeo de precisión.

D. Diseño de molde.

El diseño del molde es muy importante para determinar la producción

E. Pruebas de comportamiento.

Lo que verdaderamente pone a prueba un producto es su comportamiento en las condiciones de operación reales. Las pruebas sirven para valorar el diseño y volver a rehacerlo si es necesario y para determinar su calidad.

La palabra prueba implica los métodos y procedimientos empleados para determinar si las piezas satisfacen las propiedades demandadas o específicas. Los procedimientos de control de calidad deben aplicarse para averiguar si un producto se ajusta a las especificaciones. Se trata primordialmente de una técnica utilizada para conseguir calidad. La inspección garantiza que el personal de fabricación comprueba los procedimientos técnicos, las lecturas del aclibre y detecta los defectos en el tratamiento de materiales. La inspección forma parte del control de calidad.



4.8.2 Normalización.

En los moldes de inyección existe una serie de elementos y configuraciones que se producen frecuentemente. Por lo tanto las empresas se especializan en fabricar estas piezas y tipificarlas. Los fabricantes de estos llamados elementos normalizados han desarrollado dos sistemas: el molde patrón y los moldes construidos mediante elementos normalizados.

Sólo existen moldes patrón en pocas construcciones sencillas, por esa razón su utilización es limitada. Actualmente es más frecuente construir los moldes con elementos básicos prefabricados, como placas, elementos de guía, manguitos de bebedero, platinas de centrado, varillas expulsoras, distanciadores y placas expulsoras

El empleo de piezas normalizadas proporciona al constructor de moldes una serie de ventajas:

Para la fabricación de moldes más complicados, se puede emplear maquinaria más moderna, también se puede prescindir de un costoso almacén de materiales. Los moldes pueden desmontarse posteriormente, ya que los elementos son intercambiables. El riesgo para el moldeo de ofertas es menor, puesto que se puede contar con costes fijos para los diversos elementos.

4.9 MOLDES DE INYECCIÓN PARA MATERIALES TERMOPLÁSTICOS.

El moldeo por inyección de termoplásticos es el procedimiento que ha experimentado un desarrollo mayor dentro de la industria de moldeo; continuamente aparecen nuevos materiales; estos materiales puros o modificados amplían enormemente la posibilidad de lanzar al mercado nuevos productos plásticos. Paralelamente al progreso de los materiales han surgido nuevas máquinas de moldeo, avanza la ingeniería de moldes, el diseño de productos y se perfecciona la ingeniería de procedimientos y la automatización. Para ampliar sus conocimientos y experiencia, los proyectistas de moldes deben estar al tanto de todos estos progresos.

En la mayor parte de los casos, las máquinas de inyección de tornillo alternativo, han desplazado a las primitivas prensas de pistón; esto ha dado lugar a un mayor crecimiento del moldeo por inyección y a aumentar el empleo de productos plásticos.

Los equipos de moldeo por inyección que se emplean actualmente con más frecuencia pertenecen a los tipos básicos siguientes:

1. La prensa de inyección a pistón lleva una cámara de calentamiento y un pistón que obliga al material a entrar en el molde.



2. La máquina de pre-plastificación a pistón e inyección en una segunda etapa, consta de un cilindro de calentamiento convencional y de un pistón; en este cilindro se plastifica el material por calor y se impulsa a una segunda cámara o cilindro, generalmente de más capacidad, desde donde se inyecta en el molde por la acción de otro pistón. Este tipo de equipo mejora el control del peso del disparo, plastifica mejor y aumenta también la capacidad de la máquina.
3. La prensa de tornillo alternativo, llamada a veces prensa en línea, utiliza un tornillo alternativo para mover y fundir los gránulos de material cuando son triturados y transportados por dicho tornillo a lo largo del cilindro de inyección caliente. La mayor parte del fundido se logra mediante el trabajo mecánico desarrollado por el tornillo en el compuesto de moldeo. Una vez fundido, el material se sitúa en la parte delantera del tornillo, obligándole a retroceder. A partir de este momento, el tornillo se para y hace de pistón, moviéndose hacia delante y empujando al material plastificado para que entre en el molde.
4. La prensa de tornillo de dos etapas lleva, en la mayoría de los casos, un tornillo fijo para plastificar los gránulos de plástico y empujar el compuesto fundido a una cámara desde la cual se transfiere al molde con ayuda de un pistón, como se aprecia en la siguiente figura.
5. El torpedo rotatorio, que es una variante del 1 tipo descrito anteriormente, va accionado por un eje que lo obliga a dar vueltas dentro del cilindro de calentamiento, independiente del pistón de inyección, ayudando con ello a la fusión de la granza de plástico.

La misión de un molde de inyección consiste en dar forma a la pieza y mantener el plástico fundido bajo presión fundido hasta que esté suficientemente rígido de modo que sea posible su expulsión.

Debe realizar esta función repetidamente con ciclos mínimos de producción continua, sin que se produzca agarrotamiento, deformación, desgaste, rotura de algún elemento, y sin que exija un mantenimiento excesivo. El molde debe también transferir el calor con rapidez y eficiencia.

Consideraciones sobre diseños.

Al diseñar un molde de inyección conviene tener en cuenta las observaciones siguientes:

1. Conocer perfectamente el plano de la pieza a moldear, establecer las líneas de partición, zona de entrada, lugar de los expulsores, aplicación de producto moldeado, y operaciones del montaje o piezas que encajan unas con otras. Revisar todas las dimensiones y tolerancias y comprobar las concididades y detalles de la construcción del molde que puedan facilitar su fabricación.



GENERALES DEL DISEÑO DE MOLDES DE INYECCIÓN

2. Calcular el peso de la pieza y el número de cavidades a hacer, basándose en el tamaño de la máquina y en las exigencias de fabricación o de costos.
3. Determinar el tipo de máquina de moldeo y el efecto que puede tener en el diseño del molde.
4. A partir de las especificaciones del material, tener en cuenta su contracción, las características de flujo y abrasión y los requisitos de calentamiento y enfriamiento.
5. Cuando ciertas partes de la cavidad o macho del molde, se han de construir de manera que la pieza moldeada presente ciertas marcas tales como una línea o una superficie interrumpida, el proyectista deberá asegurarse de que este defecto en el aspecto será comprendido y aceptado por el usuario del producto.

En ciertos casos, los defectos ocasionados por montajes o ajustes escalonados serán censurables ya que pueden devenir ásperos, acumular suciedad y echar a perder su buen aspecto. Lo mismo puede decirse con respecto a las zonas donde se sitúan las entradas y los expulsores.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



CAPITULO V

DISEÑO, ANÁLISIS Y FABRICACIÓN DEL MOLDE DE INYECCIÓN

5.1 INTRODUCCIÓN

Para el presente capítulo se tomo el método de diseño propuesto por Luzadder⁷, que se mencionó en el primer capítulo de esta tesis, el cual es desarrollado paso a paso. El tipo de molde que se fabricará es un molde sencillo (molde de una sola placa de cavidades) con un sistema de botadores.

5.2 IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD.

En la Facultad de Ingeniería de la UNAM se tiene una máquina de inyección de plásticos marca *DEMAG ergotechpro 50-270*, la cual solo cuenta con pocos moldes de inyección, debido a esto es necesario la fabricación de más moldes, lo cual se llevará a cabo en este proyecto de tesis.

5.3 DEFINICIÓN DE LA TAREA.

El proyecto consiste en diseñar y fabricar un molde de inyección de plásticos y otros elementos adicionales que cumplan con las características y requerimientos de la máquina de inyección.

El diseño y fabricación del molde se realizará entre dos personas, las cuales elegirán y aplicarán las herramientas más adecuadas para el desarrollo óptimo de dicho molde. Para conseguir el objetivo será necesario el uso del diseño, manufactura e ingeniería asistidos por computadora (CAD/CAM/CAE).

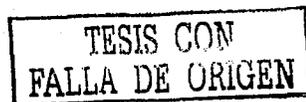
5.4 ESPECIFICACIONES DE LA TAREA.

Primeramente se definió la pieza que se inyectará en el molde, el cual es un "clip" que se usará como souvenir para la división de ingeniería mecánica de la Facultad de Ingeniería.

El molde será de una sola placa, ya que la pieza a inyectar es de una cara, además se realizará un análisis para saber de cuantas cavidades constará dicho molde. Un molde de este tipo consta de varios elementos, tales como:

- Placa del molde.
- Placa de enfriamiento.
- Placa de botadores.
- Botadores.
- Placas portamoldes.
- Placa retenedora.
- Placa de expulsión.

⁷ "Fundamentos de Dibujo en Ingeniería", Luzadder Warren J. Prentice-Hall, 1ª ed. 1981.





DISEÑO, ANÁLISIS Y FABRICACIÓN DEL MOLDE DE INYECCIÓN

A la Facultad de Ingeniería le donaron un molde de inyección, esta donación fue por parte de la empresa *CELANESE*, de este molde se tomaron varias partes que cumplieran con las necesidades del molde a fabricar, en este proyecto se fabricaran las partes restantes y más significativas, ya que estas son parte del producto final, las cuales se mencionan a continuación :

- Y Placa del molde
- Y Placa de enfriamiento
- Y Tapa de placa de enfriamiento
- Y Placa de botadores
- Y Botadores

El material a utilizar en la fabricación de los diferentes tipos de placas del molde de inyección será acero 1018 y para los botadores acero AISI-H13, se utilizará este material debido a su bajo costo, como se sabe este acero contiene un bajo porcentaje de carbono y las normas recomiendan otro tipo de acero como, por ejemplo, un acero AISI P20 para la fabricación de un molde de este tipo, pero la justificación de la elección de este material es que al terminar de fabricar el molde y hacer algunas pruebas de inyección, este molde pasará a una segunda fase, la que llevarán acabo otros compañeros, dicha fase consiste en aplicarle un recubrimiento al molde para aumentar su propiedades mecánicas y por lo tanto su vida útil.

También se utilizaran algunas conexiones de bronce, mangueras para la circulación de fluido refrigerante, tornillos estándar, herramientas de corte, machuelos, etc.

El mantenimiento que llevará este molde a lo largo de su vida útil es mínimo y consiste en una adecuada limpieza, buena lubricación, adecuada colocación de cada uno de sus elementos y mantenerlo en un ambiente con bajo porcentaje de humedad.

En la tabla 5.1 se mencionan los costos de las placas como materia prima y otros elementos que integran el molde.

ELEMENTO	COSTO
Placa del molde	\$323.79
Placa de enfriamiento	\$255.00
Tapa de placa de enfriamiento	\$70.00
Placa de botadores	\$90.34
Botadores	\$824.00
Conexiones	\$70.00
Mangueras	\$80.00
Herramientas de corte	\$300.00
Machuelos	\$250.00
Tornillería	\$60.00

Tabla 5.1 Costos del material y elementos adicionales.



En total se tiene un costo aproximado de \$2323.13 mas los costos de tiempo y hombre máquina que no se mencionan.

5.5 CONCEPCIÓN Y CONCEPTUALIZACIÓN DE IDEAS.

Una vez realizado un análisis general sobre las partes del molde y generando una lluvia de ideas para la solución de las características propias del molde a realizar, se hizo una comparación con el molde que se habla donado y nuestra propuesta, a continuación se mencionara dicha comparativa elemento por elemento.

PLACA DEL MOLDE

En este caso solo se compararon los diferentes tipos de arreglos que podían quedar dentro de las dimensiones de la placa del molde.

A continuación se muestran los arreglos propuestos para la placa del molde figura 5.1 y 5.2.

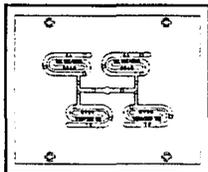


Figura 5.1
Arreglo #1.

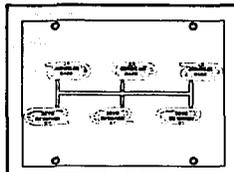


Figura 5.2
Arreglo #2.

El arreglo #1 fue el idóneo para maquinarlo en la placa, ya que fue mucho más fácil su balanceo y sus dimensiones se apegaban más a las de la placa sin tener que llegar a los límites de estas.

PLACA DE ENFRIAMIENTO

En esta placa se tuvieron las siguientes propuestas; en la figura 5.3 se muestra una primera placa de enfriamiento la cual tiene las siguientes características, es única y exclusiva para un molde, ya que contiene solo un arreglo de barrenos para el paso de los botadores del molde en uso, su manufactura es difícil de realizar con maquinado tradicional, debido a que contiene canales internos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Por otra parte tenemos en la figura 5.4 nuestra propuesta con las siguientes características, es una placa más flexible puesto que es útil para mas de un molde en particular, su sistema de enfriamiento consiste en una serie de mangueras flexibles que pasan a través de un caja de la placa debido a su flexibilidad, estas mangueras se pueden mover y así colocar los botadores en diferentes configuraciones, esto permitirá que la placa sea útil para una gran diversidad de moldes.

Ya que el objetivo es realizar una placa mucho más flexible, la cual no fuera exclusiva de un molde en particular y así poderla utilizar en algunos otros moldes y bajar los costos para la producción de dicho molde, se eligió la placa propuesta por nosotros.

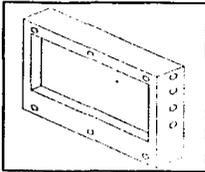


Figura 5.3
Placa de enfriamiento inicial.

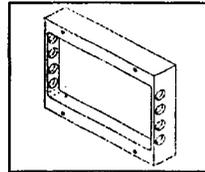


Figura 5.4
Placa de enfriamiento propuesta.

TAPA DE LA PLACA DE ENFRIAMIENTO

La tapa de la placa de enfriamiento (figura 5.5) es una simple placa con los barrenos correspondientes a los botadores del molde y a los tornillos de sujeción entre el molde y la placa de enfriamiento, la función de esta placa es cubrir el cajeadado donde se encuentran las mangueras del sistema de enfriamiento y transmitir el calor por medio de conducción hacia las mangueras.

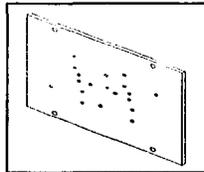


Figura 5.5
Tapa de la placa de enfriamiento



PLACA DE BOTADORES

La figura 5.6, nos muestra la placa de botadores de un molde ya fabricado la cual al compararla con la propuesta y tratar de adecuarla a nuestro molde no es práctico, ya que la posición de los botadores es totalmente diferente, los botadores son de distintas dimensiones y en todo caso que se quisiera maquinar en esta placa se tiene la posibilidad de estropear algún barreno de los primeros botadores y dejarlos infuncionales.

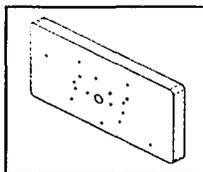


Figura 5.6
Placa de botadores existente.

También se propuso una placa de botadores con una matriz de barrenos (figura 5.7) para que se tenga una variedad de barrenos y los cuales puedan coincidir con los del molde de inyección a usar.

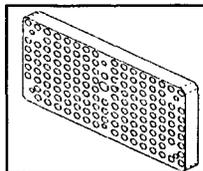


Figura 5.7
Placa de botadores (propuesta 1.)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



En la (figura 5.8) se muestra la placa que se propuso de acuerdo al arreglo de la posición de los botadores de nuestro molde de inyección, las dimensiones se basaron en la placa de botadores que se tenía como referencia.

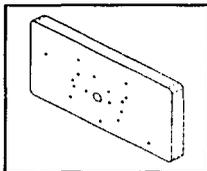


Figura 5.8
Placa de botadores (propuesta 2.)

De las tres alternativas la última es la más adecuada ya que cumple con los requerimientos exactos para el molde a fabricar y no presenta algún problema para su realización.

BOTADORES

El botador mostrado en la figura 5.9 es uno que se tenía en existencia, debido a que sus dimensiones son diferentes a las requeridas para nuestro molde, se propuso un botador con las características adecuadas figura 5.10.

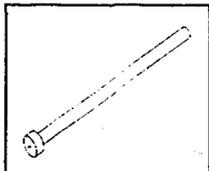


Figura 5.9
Botador existente.

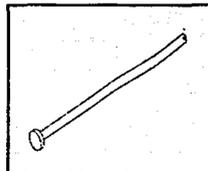


Figura 5.10
Botador propuesto.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



CONEXIONES

Las conexión como la que se ilustra en la figura 5.11. se utiliza para conectar las mangueras del sistema de enfriamiento, es una conexión comercial de bronce, de estas conexiones serán necesarias ocho para el funcionamiento de dicho sistema.

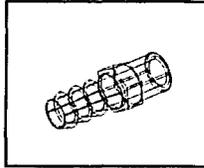


Figura 5.11 Conexión.

MANGUERAS

Las mangueras utilizadas en la placa de enfriamiento son flexibles con una malla de acero la cual permitirá una mayor transferencia de calor disipado por el molde hacia el fluido de enfriamiento, figura 5.12.

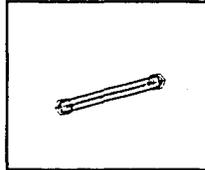


Figura 5.12 Manguera.

5.6 SELECCIÓN DEL CONCEPTO ÓPTIMO.

Para la selección de los elementos óptimos que conformaran el molde de inyección, tales como la placa del molde, placa de enfriamiento, la tapa de la placa de enfriamiento, conexiones, mangueras y tornillos, se realizará la selección aplicando el método de propiedades ponderadas, explicado en el capítulo III.



5.6.1 Selección del material para los elementos del molde de inyección.

Para la selección del material óptimo del cual se fabricará el molde de inyección de plásticos se usará el método de propiedades ponderadas mencionado en el capítulo 3.

A continuación se muestra la tabla 5.2 y 5.3 las propiedades a ponderar más apropiados para la fabricación del molde.

Material	Costo [\$/kg]	Rango de maquinado [% . 1112*]	Expansión Térmica [µm/mK]	Dureza [RC]
AISI 1018	20.5	73	13.4	14
AISI 4140	37.4	61	13.0	36
AISI P4	35.3	90	13.7	62
AISI P20	28.7	80	12.8	62

Tabla 5.2. Materiales a ponderar.

En la siguiente tabla se colocan las propiedades según el grado de ponderación que se consideró más importante para el molde.

Propiedad	
1	Costo
2	Rango de maquinado
3	Expansión Térmica
4	Dureza

Tabla 5.3. propiedades a ponderar.

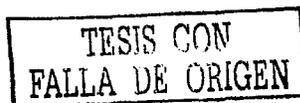
Posteriormente se realiza una tabla lógica, en el cual se ponderan dos propiedades a la vez hasta obtener el número de combinaciones posibles con cada una de las propiedades elegidas, como se muestra en la tabla 5.4.

$$N = \binom{4-1}{2} (4) = 6$$

Propiedad	(1)(2)	(1)(3)	(1)(4)	(2)(3)	(2)(4)	(3)(4)
Costo	1	1	1	-	-	-
Rango de maquinado	0	-	-	1	1	-
Expansión térmica	-	0	-	0	-	1
Dureza	-	-	0	-	0	0

Tabla 5.4. Tabla lógica.

* El material 1112 se toma como referencia, ya que se considera que tiene el 100% de maquinabilidad.





Posteriormente se procede a obtener el número de combinaciones positivas para cada propiedad y así a su vez con este dato obtener el factor de peso como se muestra en la tabla 5.5.

Propiedad	Combinaciones (+)	ω_i
Costo	3	0,5
Rango de maquinado	2	0,333
Expansión térmica	1	0,166
Dureza	0	0
Total	6	1,0

Tabla 5.5. Tabla de combinaciones positivas y ω_i .

Para obtener el índice de ponderación se calcula el valor de la propiedad en estudio (tabla de 5.6), para ello se toman los valores de los materiales propuestos.

	Costo	Rango de maquinado	Expansión térmica	Dureza
AISI 1018	100	81.1	95.5	22.5
AISI 4140	70.8	67.7	98.4	58.0
AISI P4	75.0	100	93.4	100
AISI P20	92.3	88.8	100	100

Tabla 5.6. Tabla de β_i .

Por último se obtiene la sumatoria del índice de ponderación para cada material tal como se muestra en la tabla 5.7.

	Costo (0.5)	Rango de maquinado (0.333)	Expansión térmica (0.166)	Dureza (0)	Total
AISI 1018	50.0	27.0	15.85	0	92.85
AISI 4140	35.4	22.54	16.33	0	74.27
AISI P4	37.5	33.3	15.50	0	86.3
AISI P20	46.15	29.57	16.6	0	92.32

Tabla 5.7. Índice de ponderación.

Como se puede apreciar de acuerdo a este método el material adecuado para la fabricación del molde según nuestras necesidades es el AISI 1018, ya que es el que obtuvo el mayor grado de ponderación con respecto a los demás.

5.7 ANÁLISIS DEL DISEÑO.

Después de realizar la selección óptima de los elementos que conformaran el molde, se realizará un análisis del diseño completo del molde de inyección.



Materiales a utilizar por cada elemento:

- Y Placa del molde.....acero AISI 1018
- Y Placa de enfriamiento.....acero AISI 1018
- Y Tapa de placa de enfriamiento.....acero AISI 1018
- Y Placa de botadores.....acero AISI 1018
- Y Botadores.....acero AISI-H13
- Y Conexiones.....bronce
- Y Mangueras.....recubiertas de malla de acero

El acero AISI 1018 contiene 0.18% C 0.4% Mn, resistencia a la tensión 290-400 MPa, resistencia a la fluencia 159-262 MPa, 30-45% de elongación, dureza de 14 RC, por lo regular se usa en planchas y flejes para trefilado, cables, clavos, tornillos, bielas, barras para reforzamiento de hormigón.

El acero AISI-H13 tiene excelentes propiedades mecánicas para soportar variaciones de temperatura y tiempos prolongados de trabajo a altas temperaturas. Además los botadores tienen cabezas forjadas en caliente y recocidas. Dureza en el núcleo de 41-45 RC. Superficie rectificada, nitrurada (65-74 RC) y pulido.

El medio ambiente en el cual funcionará el molde de inyección es a la temperatura de inyección del plástico y todas las características de la inyectora de plásticos DEMAG ergotechpro 50-270 mencionadas más adelante.

5.7.1 Análisis de ingeniería para la optimización del molde de inyección.

El análisis de la inyección de plástico se realizó mediante el paquete de MoldFlow, que tiene las siguientes características, es un paquete de ingeniería asistido por computadora diseñado para ayudar a determinar la forma y configuración de alimentación las partes de manufactura en un molde de inyección, tales como los canales, cavidades y puntos de inyección. MoldFlow analiza los puntos de inyección, el flujo del plástico, las dimensiones más ideales para el molde; posteriormente el paquete arroja resultados importantes como son: tiempo de llenado, temperatura del flujo, presión de inyección y algunos otros aspectos de suma importancia para un adecuado diseño y fabricación del molde.

En el análisis se propusieron varios tipos de plásticos, utilizando como referencia del plástico a inyectar (Polipropileno), en base a esta referencia se fueron cambiando las condiciones de inyección, las dimensiones y configuraciones de las cavidades, etc. Arrojando los siguientes resultados preeliminares, tal como nos lo muestran las siguientes tablas 5.2 y 5.3.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Material PP[CO] Pro-fax	SB786	SB787	SB821	SB912	SG702	SG875	SR549M	SV956
Temp.Molde[°C]	40.5	40.5	40.5	40.5	35	35	35	35
Temp.[°C]	238.5	238.5	238.5	238.5	205.5	205.5	214	233.5
Pres.Máx.Iny.[Mpa]	100	100	100	100	100	100	100	100
Tiempo Iny.[s]	1.41	1.82	1.42	2.03	2.02	1.62	1.62	2.02
Pres.Iny.[Mpa]	7.48	5.10	7.3	6.19	8.46	5.42	7.99	5.03
Burbujas	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Líneas	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Tiempo Ciclo[s]	25.75	35.91	23.78	38.63	24.25	21.25	21.25	23.63

Tabla 5.2 Resultados del análisis en la simulación (Polipropileno Copolímero).

Material PP[HO] Pro-fax	6323	6323 5%	6323 10%	6323 20%	6331	6433	6231	6523	PD701
Temp.Molde[°C]	37.5	35	35	35	35	35	35	35	35
Temp. [°C]	225	215	215	215	214	238.5	205.5	248	205.5
Pres.Máx.Iny.(MPa)	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Tiempo Iny.[s]	1.62	2.22	2.22	2.02	1.62	2.02	1.62	1.22	1.62
Pres. Iny.[Mpa]	6.74	5.59	4.14	1.65	8.57	3.94	7.08	7.24	7.45
Burbujas	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Líneas	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Tiempo Ciclo[s]	27.75	23.63	23.63	23.63	23.75	36.75	22	23.25	20.5

Tabla 5.3 Resultados del análisis en la simulación (Polipropileno Homopolímero).

Teniendo este análisis preliminar se eligió aquél material que se apegara más a las características del material que se tiene en la Facultad de Ingeniería, para este material se obtuvo el siguiente reporte completo de inyección en MoldFlow. Este reporte se encuentra en el anexo E.

Para realizar el maquinado de las cavidades del molde se utilizó el paquete MASTER-CAM, este es una herramienta de manufactura asistida por computadora, la cual nos sirvió para la simulación del maquinado y obtener los parámetros y herramientas óptimas para llevar a cabo la manufactura.

Una vez terminado el molde se procedió a ensamblarlo en la máquina de inyección. El ensamble del molde en ensamblar cada uno de los componentes que conforman el molde, los cuales van sujetos mediante tornillos, en lo que se tuvo que tener mayor cuidado es en el ensamble del conjunto que va dirigido hacia la inyectora de plásticos, puesto que debía cumplir con ajustes importantes para una buena inyección.

En lo que respecta al mantenimiento, no es gran problema ya que consiste en una limpieza superficial de cada elemento del molde y una adecuada lubricación de estas.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



En cuanto al estilo y atractivo visual del molde, este debe de tener buenos acabados superficiales, para que todo el sistema en conjunto funcione bien, así obtener una pieza inyectada de buena calidad y atractiva al consumidor, aunque en este caso la pieza a obtener no será con fines de lucro, esta debe cumplir con lo mencionado anteriormente, ya que es un trabajo de ingeniería y su fin es como un distintivo de lo que se realiza en el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería.

5.8 PRUEBAS EXPERIMENTALES.

Las pruebas experimentales como se mencionó con anterioridad se realizaron en los paquetes de MASTER-CAM y MoldFlow, realizando una serie de simulaciones hasta obtener el modelo adecuado que cumplirá con nuestros requerimientos y con esto generar los programas de maquinado.

Lo que fue la placa de enfriamiento y tapa de la placa de enfriamiento no se efectuaron pruebas experimentales ya que para ellas se tenían muy bien definidas las rutas de trabajo y objetivos en base a los requerimientos de la máquina, además de las placas del molde donado.

Para la placa del molde se realizaron varias pruebas de maquinado, primeramente en Nylamid, enseguida en aluminio y por último en acero SAE 1018, para cada caso se realizó con los parámetros adecuados.

Para la placa de botadores, también se realizaron varias pruebas ya que se debe tener la seguridad de que coincidirán concéntricamente los barrenos de la placa del molde con está, las pruebas fueron realizadas en Nylamid hasta obtener el ensamble perfecto con todas las piezas.

5.9 INFORME FINAL.

Una vez realizadas las pruebas experimentales para obtener el modelo adecuado que cumpla con todos los objetivos, se procedió a maquinar cada una de las partes del molde, para esto se describe a detalle cada componente del sistema.

PLACA DEL MOLDE.

Esta placa tiene las dimensiones de 260.35X203.2X19.05 mm, es de acero AISI 1018, con un arreglo de cavidades, las cuales son en forma de clips con el siguiente emblema: "F.I. ING. MECANICA, UNAM"; será el producto a obtener, que satisface las necesidades que requerimos, puesto que es un producto de promoción para la Facultad de Ingeniería.

Esta placa es la principal, ya que es en la que se inyectará el plástico a una presión y temperatura ideal. Además tiene cuatro barrenos por los que pasaran unos tornillos para su sujeción y cuatro pernos que embonan en otra placa porta moldes, por último el arreglo de botadores para expulsar las piezas.



Todos los detalles de la placa del molde se muestran los planos 5, 6 y 7 que se encuentra en el apéndice A.

PLACA DE ENFRIAMIENTO.

Respecto a esta placa sus dimensiones son 260.35X203.2X50.8 mm, es de acero AISI 1018, en esta placa se maquinaron dos cajas, una de cada lado, las dimensiones de la primer caja es de 228.6X127X19.05mm, su objetivo es de albergar a la placa de botadores; la segunda es de 222.25X142.875X25.4 mm, además tiene cuatro cuerdas internas de cada lado, en las que se instalaran unas conexiones para unas mangueras que a su vez transportaran el fluido de enfriamiento del molde que estará recirculando durante el periodo de inyección para mantener la temperatura adecuada y así evitar problemas de inyección, también posee barrenos para su sujeción y el arreglo de barrenos de los botadores, más detalles se muestran los planos 3 y 4 del apéndice A.

TAPA DE LA PLACA DE ENFRIAMIENTO.

Esta placa mide 260.35X203.2X6.35 mm, es de acero AISI 1018, la placa es muy sencilla contiene los barrenos de los botadores del molde y cuatro más que sirven para pasar los tornillos de sujeción entre el molde y la placa de enfriamiento. La función de esta placa es simple ya que solo cubre la caja de la placa de enfriamiento por la que pasan las mangueras y transmite el calor del molde a estas. Todos los detalles están en el plano 2 del anexo A.

PLACA DE BOTADORES

Sus dimensiones son 228.6X127X19.05 mm, es de acero AISI 1018, la placa tiene también el arreglo de barrenos de los botadores del molde y otros seis que sirven para sujeción de esta placa con las placas porta moldes. La función específica de esta placa es sujetar a los botadores, que a su vez sirven para expulsar el producto inyectado del molde. La placa es impulsada por un mecanismo instalado en la inyectora, que se desplaza cierta longitud para que salgan las partes inyectadas y vuelve a regresar a su posición inicial para otra inyección; los detalles se encuentran en el plano 1 del anexo A.

BOTADORES

Los botadores no se maquinaron ya que es más viable comprarlos directamente puesto que tienen que llevar una tratamiento y maquinado especial, estos botadores son de acero AISI-H13, con excelentes propiedades para su trabajo

Los botadores son los que expulsan directamente a las piezas inyectadas, fueron colocados estratégicamente a lo largo de las cavidades del molde; con dimensiones de 2 778 mm de diámetro del cuerpo, el diámetro de la cabeza de 6 35 mm y una longitud variable, ya que depende de la posición en la que se encuentre el botador en el molde, más detalles plano 8 del anexo A.



Las mangueras tienen una longitud de 30 cm con unas conexiones de 12.7 mm, son de acero, están realizadas de un polímero que lo cubre una malla de acero que es flexible, lo que nos permitirá poder moverlas para la colocación de los botadores, dicha malla también facilitará la transferencia de calor que proviene del molde y así controlar la temperatura. Estas mangueras serán compradas ya que existen en el mercado y son fáciles de conseguir, anexo C.

Las conexiones que unen a las mangueras con la placa de enfriamiento son de bronce de $\varnothing 12.7$ mm, estas a su vez unen a otras mangueras que están instaladas en la inyectora, que van directamente al depósito del refrigerante. Dichas conexiones también se compran en el mercado debido a su facilidad de obtención, anexo C.

Todos los elementos mencionados se ensamblan en un conjunto mediante tornillos y posteriormente todo el conjunto del molde es montado en la inyectora de plásticos DEMAG ergotechpro 50-270, después se ajustan todos los parámetros de inyección tales como: presión, temperatura, etc. una vez controlados todos los parámetros se procede a realizar la inyección.

5.10 REALIZACIÓN.

En esta fase se efectuara la ruta de trabajo para la fabricación del cada elemento del molde, lo que consiste en la recopilación nuevamente de todas las ideas, simulaciones, programas, planos y demás detalles para la ejecución del proyecto. En esta fase se buscan todas las ideas y consejos de gente con mayor experiencia en este ramo para ahorrar tiempo y optimizar mejor el diseño.

5.11 MANUFACTURA.

Ya conjuntados todos los puntos anteriores se procede a la manufactura del molde, el trabajo se realizará en las siguientes máquinas y con los siguientes accesorios.

La figura 5.13 muestra la máquina utilizada en la fabricación del molde la cual cuenta con las siguientes características.

- 4 ejes de movimiento independientes.
- Motor de 240 V.
- Velocidad de giro del husillo 200 a 5000 rpm.
- Torreta con capacidad de 12 herramientas.
- Área de trabajo máxima de 700 mm eje X, 500 mm eje Y, 400 mm eje Z, 360° eje B.
- Controlador marca SIEMENS modelo Sinumerik 810M.



Figura 5.13 VMC300.

La figura 5.14 muestra la máquina utilizada en la fabricación de ciertos elementos del molde de inyección, tales como tornillos, pemos etc. La cual cuenta con las siguientes características:

- Velocidad de giro del husillo 4500 rpm.
- Volteo \varnothing 340 mm.
- Potencia 13.5 Hp.
- Entre puntos 300 mm.
- Paso de barra 1 5/8".
- Servomotores DC de alta precisión.
- Desplazamiento x/z 12 m/min.



Figura 5.14 EMCOTURN-242.

- Centro de maquinado vertical EMCO, modelo VMC300.
- Tomo EMCOTURN 242.
- Taladro convencional.
- Fresa convencional.

La lista de herramientas utilizadas para el proyecto son:

- Cortador recto \varnothing 5 mm.
- Cortador recto \varnothing 6.35 mm.
- Cortador recto de \varnothing 12.7 mm
- Cortador de bola \varnothing 3.175 mm.
- Cortador de bola \varnothing 6.35 mm.
- Cortador de bola \varnothing 12.7 mm.
- Cortador de pastillas de \varnothing 37 mm.



DISEÑO, ANÁLISIS Y FABRICACIÓN DEL MOLDE DE INYECCIÓN

- ✓ Broca Ø 1.788 mm.
- ✓ Broca Ø 3.175 mm.
- ✓ Broca Ø 3.969 mm.
- ✓ Broca Ø 5.556 mm.
- ✓ Broca Ø 6.35 mm.
- ✓ Broca Ø 7.938 mm.
- ✓ Broca Ø 11.51 mm.
- ✓ Broca Ø 12.7 mm.
- ✓ Broca Ø 17.86 mm.
- ✓ Machuelo NS 3.175 mm.
- ✓ Machuelo NS 6.35 mm.
- ✓ Machuelo NS 12.7 mm.
- ✓ Machuelo NPT 20.64 mm.

Los programas que se usaron a lo largo del proyecto se encuentran en el anexo B.

La selección de avance y número de revoluciones de corte se calcularon de la siguiente manera:

$$n = \frac{v \times 1000}{D \times \pi}$$

Donde :

n = revoluciones del husillo [rpm].

v = Velocidad de corte [m/min].

D = Diámetro del cortador [mm].

$$F = A_d \times Z \times n$$

Donde:

F = Avance de la mesa [mm/min].

A_d = Avance por diente [mm].

Z = número de dientes.

n = Revoluciones del husillo [rpm].

También se usaron algunas tablas, diagramas de velocidades y avances dependiendo del material de la herramienta de corte y del material a cortar, para más detalles véase el anexo D.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



5.12 DISTRIBUCIÓN.

En lo que respecta a este ámbito, es muy fácil, ya que es un Souvenir para la Facultad de Ingeniería, este se repartirá en la División de Ingeniería Mecánica, así como en visitas, prácticas curriculares y extracurriculares de la misma División y a todo el público en general. Debido a estos aspectos, este producto no necesita algún estudio de mercado.

5.13 CONSUMO.

En esta etapa, la cual es la culminante, se espera críticas de los consumidores, ya que ellos serán los que tendrán la última palabra para saber ¿si el producto es satisfactorio o no?, y así en un futuro poder realizar modificaciones para una mejora del molde y por ende del producto inyectado.



CAPÍTULO VI

PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 INTRODUCCIÓN.

Para este capítulo se presentan las diferentes propuestas para la obtención de los parámetros y dimensiones más ideoneos para el molde de inyección, así como los resultados como los resultados obtenidos dentro del presente trabajo.

6.2 PROPUESTAS DE L ANÁLISIS DE MOLD FLOW.

Una etapa muy importante en este proyecto fue encontrar el balance de llenado de las cavidades del molde para ello se utilizó el paquete de análisis Moldflow. Especificamente el modulo conocido como Part Adviser, en este modulo se selecciono el plástico a utilizar en la inyección , así como, los parámetros necesarios para un llenado óptimo tales como:

- Punto de inyección
- Punto de fusión.
- Índice de fluidez.
- Temperatura del molde.
- Índice de contracción, etc.

De esos puntos mencionados anteriormente el más crítico de encontrar fue el punto de inyección, ya que es el que nos importaba un poco más, porque es la base para realizar un adecuado arreglo de cavidades, que más adelante se mencionará.

En la figura 6.1 se presenta una cavidad del producto a inyectar en esta fase también se debe calcular el punto de inyección para el buen balance de llenado de la pieza.

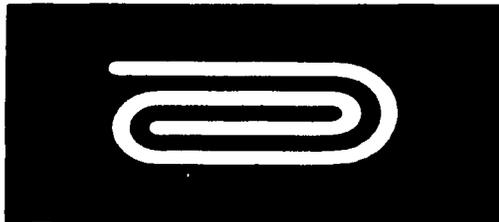


Figura 6.1. Localización del punto de inyección ideal.



PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS



A continuación se presentan algunos resultados importantes de la simulación tales como tiempo de llenado figura 6.2, temperatura de la masa fundida al momento de llenado figura 6.3, burbujas de aire figura 6.4.

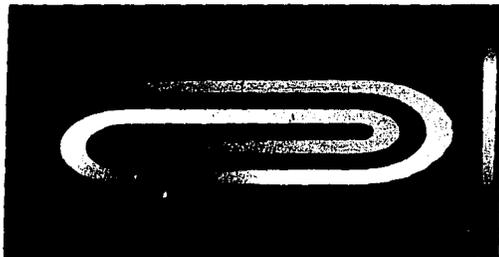


Figura 6.2. Tiempo de llenado.

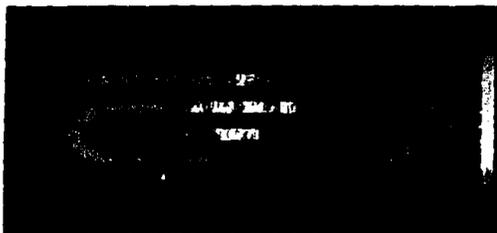


Figura 6.3. Temperatura de la masa fundida.



Figura 6.4. Burbujas de aire.



Una vez calculado el llenado óptimo de la cavidad, la siguiente etapa fue la de realizar un arreglo de las cavidades para obtener el diseño final del molde.

Para ello fue necesario balancear el llenado de todas las cavidades que conforman el molde, eligiendo el tamaño y forma de los canales, y puntos de inyección. Para tal fin se utilizó el modulo de Mold Adviser que también es parte del paquete de análisis de ingeniería Moldflow.

La siguiente figura 6.5 nos muestra un arreglo propuesto de seis cavidades, esta propuesta no fue elegida, ya que se encontraba en los límites del área disponible para su maquinado en la placa del molde y su balanceo se complico bastante, ya que se tenían que estar proponiendo distancias y dimensiones de los canales de distribución, entradas y punto de inyección principal, cada análisis tardaba varias horas para que la computadora arrojará los resultados y si este no era satisfactorio se tenía que volver a simular una y otra vez, hasta obtener el más óptimo, por tal motivo se eligió otro arreglo en el cual fueran menos cavidades para que entrara en el área disponible para la placa del molde, además que en este proyecto no importaba la cantidad de cavidades, ya que este no es el objetivo principal de la tesis.

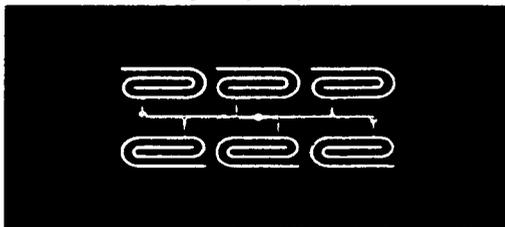


Figura 6.5. Arreglo de seis cavidades.

La propuesta ideal es la mostrada en la figura 6.6, la cual fué la elegida como propuesta final, debido a que fue mucho más fácil el balanceo del llenado de las cavidades, además, el arreglo, las dimensiones de esta propuesta entran por abajo de los límites del área óptima para realizar el maquinado de las cavidades del molde. También el tiempo de simulación se disminuyó y además se considero un número aceptable de cavidades a inyectar; el análisis completo de esta propuesta se encuentra en el anexo E.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

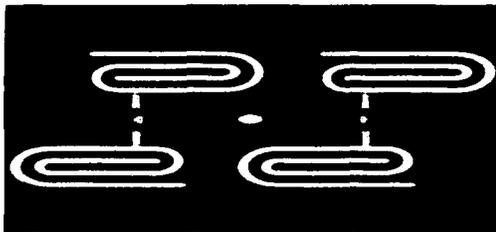


Figura 6.6. Arreglo de cuatro cavidades.

Las siguientes figuras muestran algunos resultados importantes obtenidos de la simulación mediante moldflow con el arreglo final. Figura 6.7 tiempo de llenado, figura 6.8 calidad de llenado, figura 6.9 temperatura de la masa fundida al momento del llenado y figura 6.10 burbujas de aire.

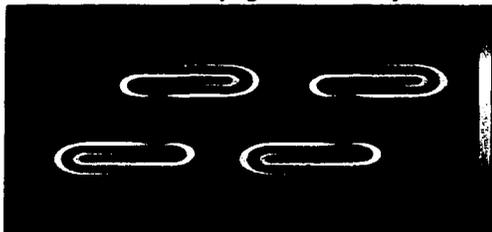


Figura 6.7. Tiempo de llenado.



Figura 6.8. Calidad de llenado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Figura 6.9. Temperatura de la masa fundida.



Figura 6.10. Burbujas de aire.

6.3 PRESENTACIÓN DE CADA ELEMENTO DEL MOLDE DE INYECCIÓN.

6.3.1 Placa del molde.

La figura 6.11 muestra la placa del molde con sus cavidades, canales de distribución, entradas a las cavidades, puntos de inyección, punto de inyección principal, barrenos de los botadores y pernos de ensamble.

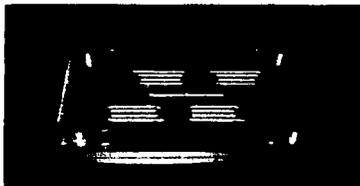


Figura 6.11. Placa del molde.



6.3.2 Tapa de la placa de enfriamiento.

En la figura 6.12 se observa la placa de la tapa de enfriamiento con sus barrenos del arreglo de botadores y otros cuatro barrenos para su sujeción entre la placa del molde y la de enfriamiento.



Figura 6.12. Tapa de enfriamiento.

6.3.3 Placa de enfriamiento.

En la siguiente figura 6.13 vemos la placa de enfriamiento con sus cavidades en ambos lados, una para albergar las mangueras de enfriamiento y la otra para la placa de botadores, también en esta tapa se observan varios barrenos por donde pasan los botadores para poder llegar a la placa del molde sin dificultad alguna; también se observan las conexiones de las mangueras del sistema de enfriamiento al exterior de la placa, que a su vez se conectan con el suministro del fluido refrigerante de la inyectora de plásticos.



Figura 6.13. Placa de enfriamiento.

6.3.4 Placa de botadores.

Para la figura 6.14 que es la placa de botadores (los cuales yacen montados) se alcanza a apreciar el arreglo de los botadores, el cual debe ser coincidente con el arreglo del molde, para que exista un libre deslizamiento a través de las placas y así permitir el fácil desmolde de las piezas inyectadas. Además de esto se puede ver, el punto de conexión entre esta placa y el vástago, que impulsara a la placa de botadores para que realice su trabajo de expulsión de piezas inyectadas.

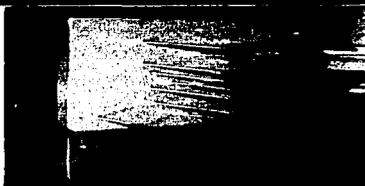


Figura 6.14. Placa de botadores.

6.3.5 Presentación de los elementos en conjunto.

A continuación se presenta todo el conjunto de elementos, colocados en la forma en que serán montados para su ensamble, es claro que aquí aun faltan las placas porta moldes, que son las que fijan al molde con la inyectora de plásticos, figura 6.15.

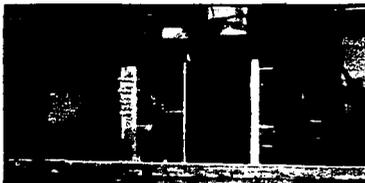


Figura 6.15.
Conjunto de elementos para su ensamble.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



CONCLUSIONES

- Respecto a los objetivos de la tesis, estos se cumplieron satisfactoriamente, ya que se llevo a cabo el diseño y fabricación del molde aplicando las técnicas CAD/CAM/CAE.
- Se logró acoplar con éxito los elementos existentes de otro molde con los que se diseñaron y fabricaron para la inyección en la máquina inyectora ergotechpro 50-270.
- Mediante un uso adecuado del software de Moldflow, se obtuvieron los parámetros óptimos para la inyección de las piezas requeridas.
- Durante la manufactura gracias al sistema de CAM se lograron abatir los tiempos de fabricación, obteniendo las trayectorias de corte más adecuadas, así como facilidad para la selección de herramientas.
- En el maquinado de cada una de las placas se tuvieron ciertos problemas, tal fue el caso de la placa de botadores y la del molde, debido a que ciertos botadores, se defasaron de una placa a otra. Esto fue a causa del desfaseamiento del punto de referencia seleccionado para el maquinado de las placas. Lo cual origino el desperdicio de una placa inicial, para su solución se recomienda, la ubicación exacta de la referencia para el maquinado, haciendo uso de las tecnologías de medición como la máquina de medición de coordenadas, la cual fue usada para solucionar el problema.
- Se obtuvieron altos niveles de control en parámetros de vital importancia como son planicidad, acabados superficiales, etc. Durante el maquinado de cada uno de los elementos que comprenden el molde de inyección.
- Se alcanzaron costos muy por debajo con la elección del acero 1018 de los que se obtendrían con un acero especial para moldes.
- Se obtuvo una gran experiencia personal en cada uno de los participantes, al aplicar los conocimientos teóricos adquiridos a lo largo de la carrera y a su vez obtener nuevos conocimientos tanto teóricos como prácticos.
- En la fabricación del molde se presentaron dificultades, ya que no se cuenta con la maquinaria más idónea para su realización, tal como una electroerosionadora que sería de gran ayuda para mejorar la calidad y precisión del molde.
- Además se aconseja tener un muy buen acabado en las superficies de cada elemento del molde, lo cual nos evitara problemas en el ensamble, ajustes en la maquina de inyección, fácil extracción de las piezas inyectadas, etc.



BIBLIOGRAFÍA

"ENGINEERING DESIGN METHODS"

Cross Nigel
Limusa Wiley, 3ª. ed.
212 p. 2000.

"DIBUJO EN INGENIERÍA Y COMUNICACIÓN GRÁFICA"

Bertoline Gary R.
McGraw-Hill, 2ª ed.
1999.

"DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA"

Shigley Joseph Edward, Mitchell D. Larry
McGraw-Hill, 3ªed.
920 p. 1985.

"FUNDAMENTOS DE DIBUJO EN INGENIERÍA"

Luzadder Warren Jacob
Prentice-Hall, 1ª ed.
653 p. 1981.

"INGENIERÍA CONCURRENTE "

Hartley R. John
Productivity, 1ª ed.
383 p. 1994.

"MATERIALS SELECTION FOR ENGINEERING DESIGN"

Farag M. Mahmoud
Prentice-Hall, 1ª. ed.
656 p.

"CIENCIA DE MATERIALES PARA INGENIEROS"

Shackelford F. James
Prentice-Hall Hispanoamericana, 3ª. ed.
791 p. 1995.

"LA CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES"

Askeland R. Donald
Iberoamericana 1ª. ed.
656 p.

"INTRODUCCIÓN A LA METALURGIA FÍSICA"

Avner H. Sydney
McGraw-Hill, 2ª. ed.
695 p. 1979.



"MECÁNICA DE FLUIDOS"

White M. Frank
McGraw-Hill. 2ª. ed.
757 p. 1983.

"FUNDAMENTOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR"

Incropera P. Frank, P. De Witt David
Prentice-Hall, Hispanoamericana, 4ª. ed.
886 p. 1999.

"MOLDES PARA INYECCIÓN DE PLÁSTICOS"

Mengues G. Mohren G.
Gili, S. A. 2ª. ed.
217 p. 1990.

"INGENIERÍA DE MOLDES DE PLÁSTICOS"

Dubois J. H., Pribble W. I.
URMO 2ª. ed.
715 p. 1972.

"INYECCIÓN DE PLÁSTICOS"

Mink W.
Gili, S. A. 4ª. Ed.
1990.

"ENCICLOPEDIA DEL PLÁSTICO "

Instituto Mexicano del Plástico Industrial
México 1997.

Tesis: "DIBUJO, DISEÑO Y MANUFACTURA DE UN MODELO PARA EJERCITADOR PULMONAR"

José A. Mayo Ruiz, José J. Toriz Rosado.



PLANOS

Planos de las partes más importantes que conforman el molde.

Plano # 1. Placa de botadores.

Plano # 2. Tapa para placa de enfriamiento.

Plano # 3. Placa de enfriamiento (anterior).

Plano # 4. Placa de enfriamiento (posterior).

Plano # 5. Clip (detalle).

Plano # 6. Molde "Clip's".

Plano # 7. Canales de distribución.

Plano # 8. Botador (detalle).

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

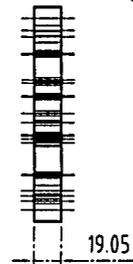
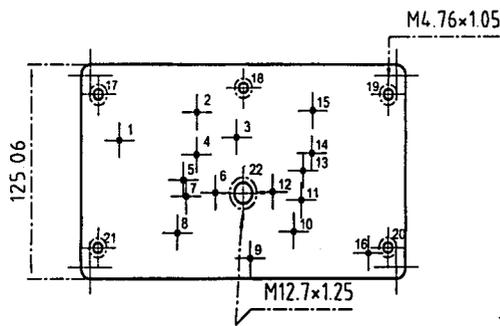
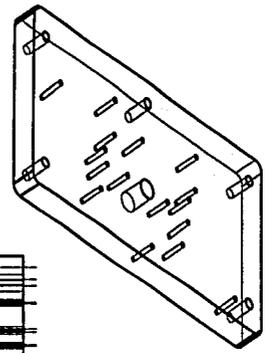
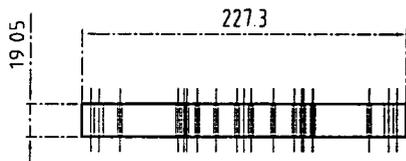


TABLA DE COORDENADAS DE BARRENOS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
X	49.3	32.7	16.1	-1.5	-17.8	-34.4	-51.0	-67.6	-84.2	-100.8	-117.4	-134.0	-150.6	-167.2	-183.8	-200.4
Y	19.25	34.42	49.59	64.76	79.93	95.10	110.27	125.44	140.61	155.78	170.95	186.12	201.29	216.46	231.63	246.80
Ø	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78

	17	18	19	20	21	22
X	127.62	112.45	97.28	82.11	66.94	51.77
Y	44.45	49.62	54.79	60.00	65.21	70.42
Ø	4.28	5.21	6.14	7.07	8.00	8.93

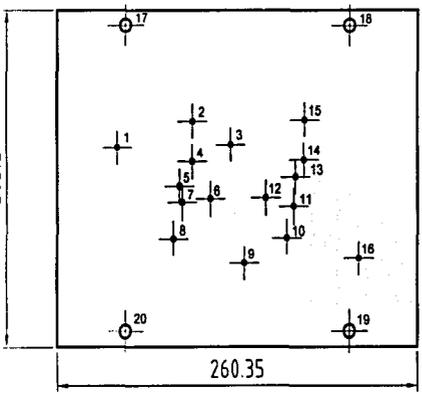
Escala: 1:3 	U N A M ENERO 2003 ROA Y PUC
	PLACA DE BOTADORES LAB. MANUF. AVANZ.
Acot. mm	REVISO: ING. EDUARDO GARDUÑO No. 1

86-1

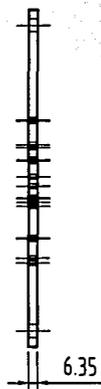
TESIS CON FALLA DE ORIGEN

6.35

203.2



260.35



6.35

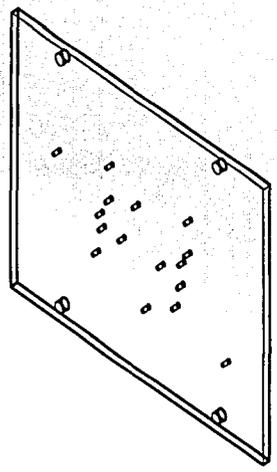
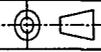


TABLA DE COORDENADAS DE BARRENOS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
X	0.0	0.0	0.0	41.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Y	18.2	0.0	0.0	0.0	4.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ø	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

	17	18	19	20
X	0.00	0.00	0.00	0.00
Y	0.00	0.00	0.00	0.00
Ø	7.00	7.00	7.00	7.00

<p>Escala: 1:3</p> 	<p>U N A M</p>	<p>ENERO 2003</p>	<p>ROA Y PUC</p>
<p>TAPA PARA PLACA DE ENFRIAMIENTO</p>	<p>LAB. MANUF. AVANZ.</p>		
<p>Acot. mm</p>	<p>REVISO: ING. EDUARDO GARDUÑO</p>	<p>No. 2</p>	

06-2

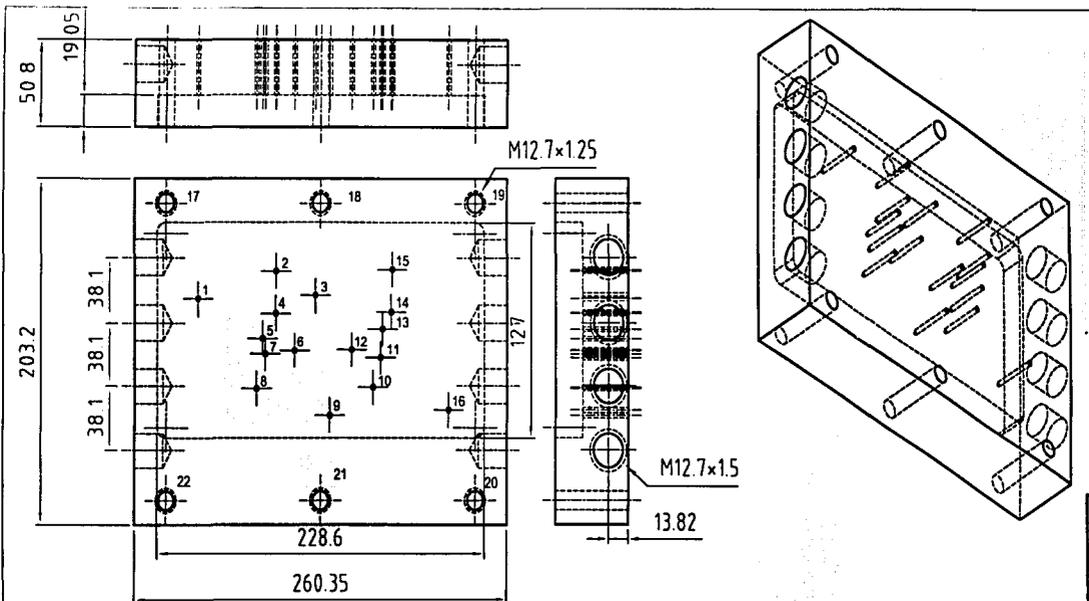


TABLA DE COORDENADAS DE BARRENOS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----

X	89.1	12.01	-4.51	-4.51	-41.86	-10.46	10.46	-45.86	3.12	30.43	-40.75	20.82	-11.87	44.06	-45.77	47.86
---	------	-------	-------	-------	--------	--------	-------	--------	------	-------	--------	-------	--------	-------	--------	-------

Y	-18.22	34.40	14.16	13.16	-4.80	-12.37	14.30	-10.47	-51.00	-14.73	-10.81	-11.81	0.88	16.53	35.23	-47.68
---	--------	-------	-------	-------	-------	--------	-------	--------	--------	--------	--------	--------	------	-------	-------	--------

∅	2.79	2.79	2.79	2.74	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79
---	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

	17	18	19	20	21	22
--	----	----	----	----	----	----

X	107.06	0.0	-107.06	107.06	0.0	-107.06
---	--------	-----	---------	--------	-----	---------

Y	47.31	47.31	47.31	47.31	47.31	47.31
---	-------	-------	-------	-------	-------	-------

∅	11.11	11.11	11.11	11.11	11.11	11.11
---	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Escala: 1:3	U N A M	ENERO 2003	ROA Y PUC
	PLACA DE ENFRIAMIENTO (ANTERIOR)		LAB. MANUF. AVANZ.
Acot. mm	REVISO: ING. EDUARDO GARDUÑO		No. 3

TESIS CON
 FALTA DE ORIGEN

86-3

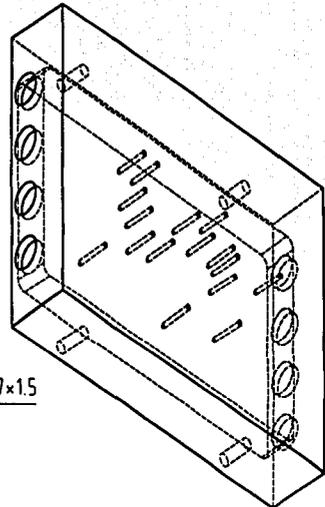
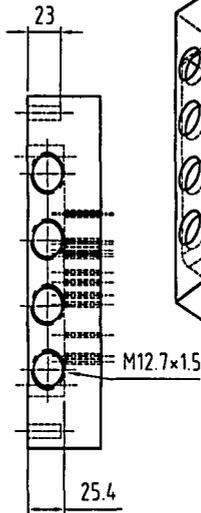
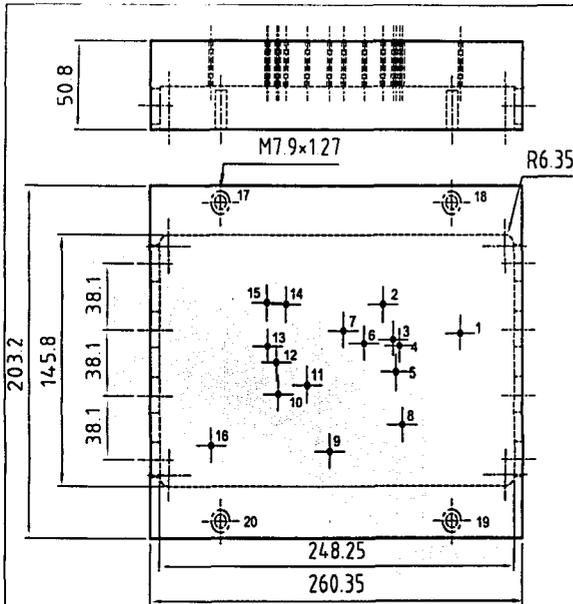


TABLA DE COORDENADAS DE BARRENOS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
X	66.9	122.41	177.91	233.41	288.91	344.41	399.91	455.41	510.91	566.41	621.91	677.41	732.91	788.41	843.91	899.41
Y	19.52	34.48	49.44	64.40	79.36	94.32	109.28	124.24	139.20	154.16	169.12	184.08	199.04	214.00	228.96	243.92
Ø	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78

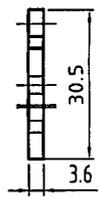
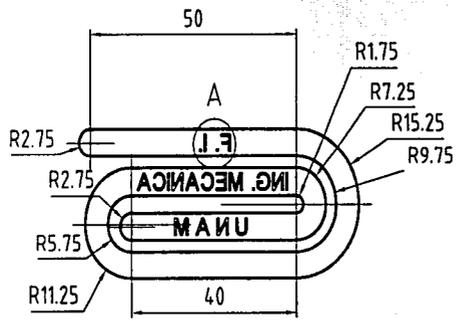
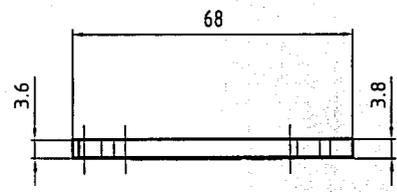
	17	18	19	20
X	66.9	66.9	66.9	66.9
Y	92.97	92.97	92.97	92.97
Ø	7.6	7.6	7.6	7.6

Escala: 1:3	U N A M	ENERO 2003	ROA Y PUC
	PLACA DE ENFRIAMIENTO (POSTERIOR)		LAB. MANUF. AVANZ.
Acot. mm	REVISO: ING. EDUARDO GARDUÑO	No. 4	

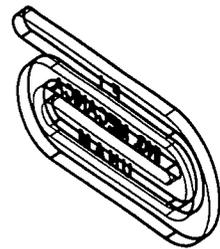
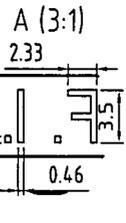
TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

86-4

**TESIS CON
FALTA DE ORIGEN**



Vista de detalle para las letras



Escala: 1:1 	U N A M	ENERO 2003	ROA Y PUC
	CLIP (DETALLE)		LAB. MANUF. AVANZ.
Acot. mm	REVISO: ING. EDUARDO GARDUÑO		No. 5

86-S

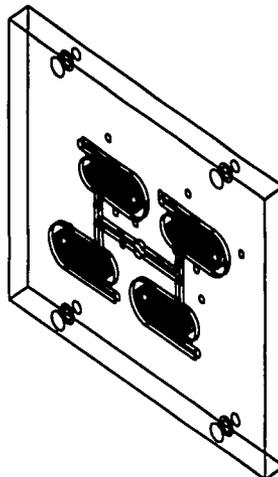
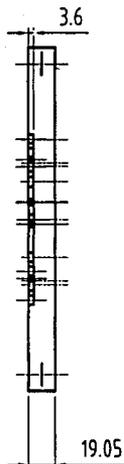
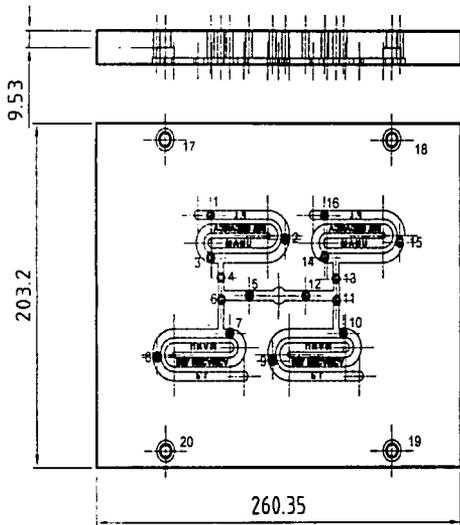


TABLA DE COORDENADAS DE BARRENOS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
X	48.40	84.00	119.60	155.20	21.40	47.00	82.60	118.20	153.80	189.40	225.00	260.60	296.20	331.80	367.40	403.00
Y	47.40	12.00	23.60	111.20	2.00	23.60	47.20	70.80	94.40	118.00	141.60	165.20	188.80	212.40	236.00	259.60
Ø	...	...	...	...	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70

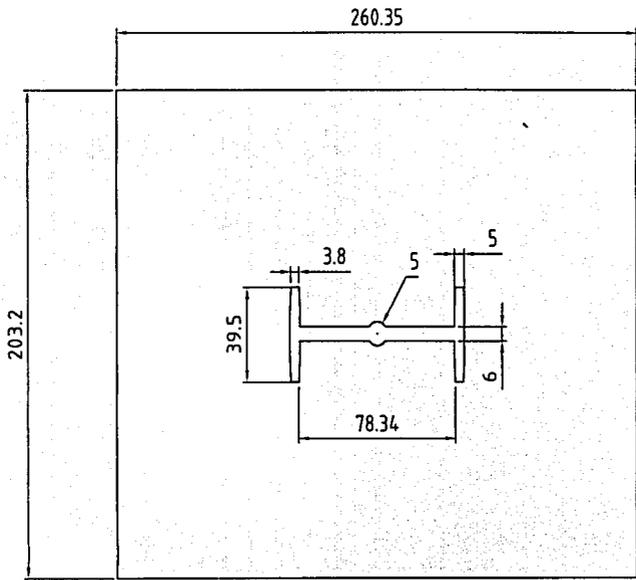
	17	18	19	20
X	48.40	84.00	119.60	155.20
Y	47.40	12.00	23.60	111.20
Ø	7.60	7.60	7.60	7.60
Ø	12.10	12.10	12.10	12.10

Escala: 1:3	U N A M	ENERO 2003	ROA Y PUC
	MOLDE DE CLIPS		LAB. MANUF. AVANZ.
Acot. mm	REVISO: ING. EDUARDO GARDUÑO		No. 6

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

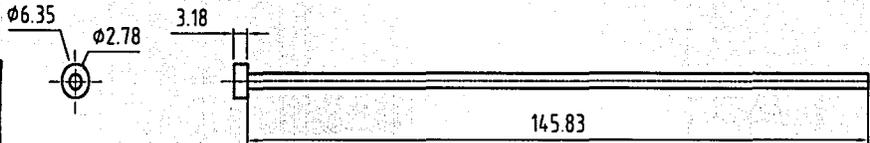
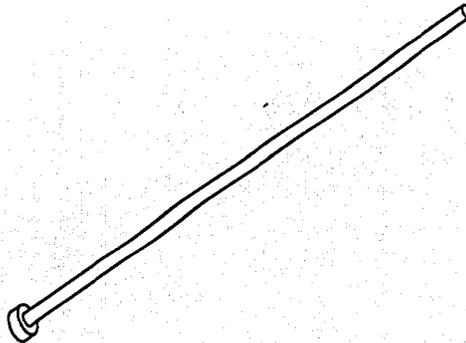
9-98

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Escala: 1:2	U N A M	ENERO 2003	ROA Y PUC
	CANALES DE DISTRIBUCIÓN		LAB. MANUF. AVANZ.
Acot. mm	REVISO: ING. EDUARDO GARDUÑO		No. 7

86-7



TESIS CON
 FALTA DE ORIGEN

Escala: 1:1	U N A M	ENERO 2003	ROA Y PUC
	BOTADOR (DETALLE)		LAB. MANUF. AVANZ.
Acot. mm	REVISO: ING. EDUARDO GARDUÑO		No. 8

86-8



PROGRAMAS REALIZADOS MANUALMENTE Y EN MASTER-CAM*.

Programa de caja #1(Placa de enfriamiento)

% MPF 0001

N000 G53 G54 G71 G94 M03 S1200

N002 L96 T12 D12 (Hta. 37 mm)

N004 G00 X0.0 Y0.0 Z10.0

N006 L903 R1=1 R2=1 R3=-12.7 R4= 60 R6=02 R22=0 R23=0

R12=228.6 R13=127 R15=150

N008 G00 Z10.0

N010 M30

Programa de contorneado #1(Placa de enfriamiento)

%MPF 0002

N002 G90 G70 G40 G94

N004 T9 D9 M06 (Hta. 12.7mm)

N100 G00 G90 X-107.95 Y-44.95 S1500 M3 M08

N102 Z10.

N104 G1 Z-.4885 F100.

N106 X107.95 F200.

N108 Y70.35

N110 X-107.95

N112 Y-44.95

N114 Z-.9769 F100.

N116 X107.95 F200.

N118 Y70.35

N120 X-107.95

N122 Y-44.95

N124 Z-1.4654 F100.

N126 X107.95 F200.

N128 Y70.35

N130 X-107.95

N132 Y-44.95

N134 Z-1.9538 F100.

N136 X107.95 F200.

N138 Y70.35

N140 X-107.95

N142 Y-44.95

N144 Z-2.4423 F100.

N146 X107.95 F200.

N148 Y70.35

N150 X-107.95

N152 Y-44.95

* Solo se ilustraron como ejemplo algunos programas de control numérico utilizados en la fabricación del molde, debido a que son muy extensos los demás programas.



N154 Z-2.9308 F100.
N156 X107.95 F200.
N158 Y70.35
N160 X-107.95
N162 Y-44.95
N164 Z-3.4192 F100.
N166 X107.95 F200.
N168 Y70.35
N170 X-107.95
N172 Y-44.95
N174 Z-3.9077 F100.
N176 X107.95 F200.
N178 Y70.35
N180 X-107.95
N182 Y-44.95
N184 Z-4.3962 F100.
N186 X107.95 F200.
N188 Y70.35
N190 X-107.95
N192 Y-44.95
N194 Z-4.8846 F100.
N196 X107.95 F200.
N198 Y70.35
N200 X-107.95
N202 Y-44.95
N204 Z-5.3731 F100.
N206 X107.95 F200.
N208 Y70.35
N210 X-107.95
N212 Y-44.95
N214 Z-5.8615 F100.
N216 X107.95 F200.
N218 Y70.35
N220 X-107.95
N222 Y-44.95
N224 Z-6.35 F100.
N226 X107.95 F200.
N228 Y70.35
N230 X-107.95
N232 Y-44.95
N234 Z-6.8385 F100.
N236 X107.95 F200.
N238 Y70.35
N240 X-107.95
N242 Y-44.95
N244 Z-7.3269 F100.
N246 X107.95 F200.
N248 Y70.35
N250 X-107.95



N252 Y-44.95
N254 Z-7.8154 F100.
N256 X107.95 F200.
N258 Y70.35
N260 X-107.95
N262 Y-44.95
N264 Z-8.3038 F100.
N266 X107.95 F200.
N268 Y70.35
N270 X-107.95
N272 Y-44.95
N274 Z-8.7923 F100.
N276 X107.95 F200.
N278 Y70.35
N280 X-107.95
N282 Y-44.95
N284 Z-9.2808 F100.
N286 X107.95 F200.
N288 Y70.35
N290 X-107.95
N292 Y-44.95
N294 Z-9.7692 F100.
N296 X107.95 F200.
N298 Y70.35
N300 X-107.95
N302 Y-44.95
N304 Z-10.2577 F100.
N306 X107.95 F200.
N308 Y70.35
N310 X-107.95
N312 Y-44.95
N314 Z-10.7462 F100.
N316 X107.95 F200.
N318 Y70.35
N320 X-107.95
N322 Y-44.95
N324 Z-11.2346 F100.
N326 X107.95 F200.
N328 Y70.35
N330 X-107.95
N332 Y-44.95
N334 Z-11.7231 F100.
N336 X107.95 F200.
N338 Y70.35
N340 X-107.95
N342 Y-44.95
N344 Z-12.2115 F100.
N346 X107.95 F200.
N348 Y70.35



N350 X-107.95
N352 Y-44.95
N354 Z-12.7 F100.
N356 X107.95 F200.
N358 Y70.35
N360 X-107.95
N362 Y-44.95
N364 G0 Z10.
N366 M30

Programa de barrenado #1 (Placa de enfriamiento)

%MPF 0003

N000 G53 G54 G71 G94 G17

N002 L96 T02 D02 S400 M03 (Broca, 11.51mm)

N004 G00 X0.0 Y0.0 Z10.0

N006 G00 X-108.6 Y87.2 Z5.0

N008 L93 R0=3 R1=1 R2=2 R3= -33.0 R4=3 R5= 2 R10=5 R11=3

N010 G00 X0.0

N012 X108.6

N014 X-108.6 Y-86.8

N016 0.0

N018 X108.6

N020 G80

N022 G00 Z20.0

N024 M05

N026 M30



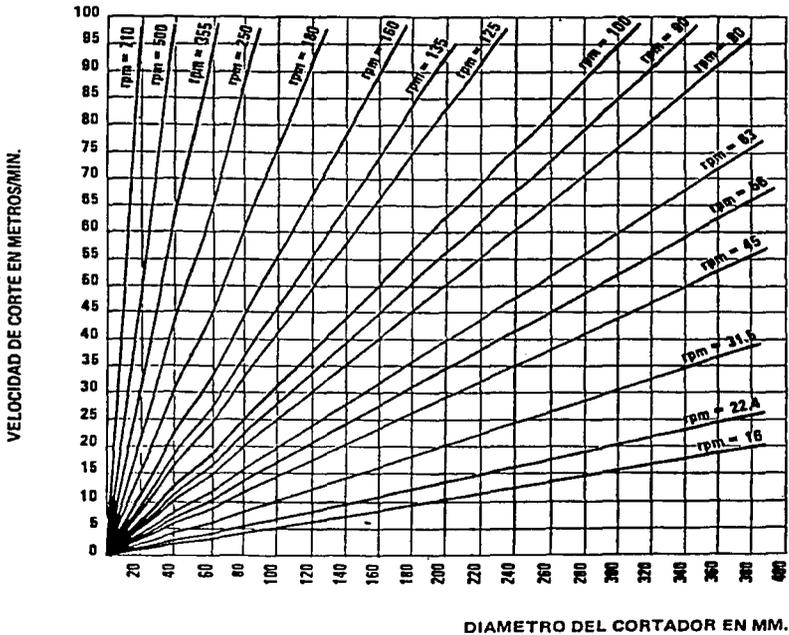
ACCESORIOS

- Mangueras de enfriamiento flexibles con cubierta de malla de acero, estas son comerciales fáciles de conseguir en cualquier ferretería, por esta misma razón fueron elegidas.
- Conexiones de las mangueras de enfriamiento, al igual que las anteriores son estándar de media pulgada NPT de bronce, muy fácil de encontrar en cualquier ferretería.
- Toda las herramientas de corte fueron compradas ya que son estándar y fáciles de hallar. Un costo aceptable se obtuvo en la casa para herramientas finas. "Herramientas para mecánico tornero S. A. de C.V." Ubicada en Dr. Vertiz # 22 Col. Doctores C.P. 06720 México D.F. Tel. 55783329.
- Los botadores se compraron en la siguiente casa: CPACSA, Eten 646-1 esq. artículo 27 constitucional Col. Linda Vista C.P. 07730 México D.F. Tel. 57524551.
- Las placas de acero 1018 para la fabricación del molde se compraron en Aceros Fortuna, S. A. de C.V. Centro. Cerrada Fray Servando Teresa de Mier 40-1 México, D.F. C.P. 06820 Tel. 55424200.
- Tornillos debido a su facilidad de encontrar ya que son estándar se pueden conseguir en cualquier ferretería.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



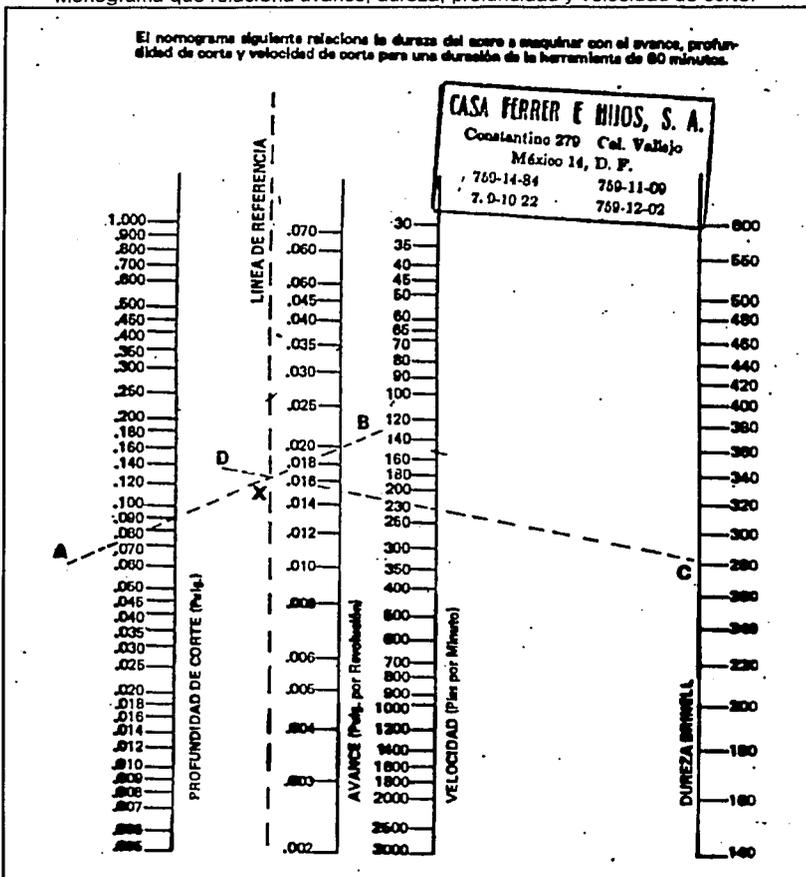
TABLAS Y DIAGRAMAS DE VELOCIDADES Y AVANCES

DIAGRAMA POLAR
DE VELOCIDADES DE FRESADO



Monograma que relaciona avance, dureza, profundidad y velocidad de corte.

El nomograma siguiente relaciona la dureza del acero a esmerinar con el avance, profundidad de corte y velocidad de corte para una duración de la herramienta de 80 minutos.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN



ANEXO D



Velocidades y avances para distintos materiales.

Para obtener las RPM se utilizan:

$$RPM = \frac{VC \cdot 4}{D}$$

El tercer factor a considerar al usar las fresas de extremo plano es la profundidad del corte. Por regla general, la profundidad de corte para una fresa de extremo plano no debe de exceder de la mitad del diámetro de la herramienta, pero si se necesita hacer cortes más profundos, el régimen de avance necesita reducirse para que la herramienta no se quiebre.

Velocidades de corte y valores iniciales para algunos materiales de uso común

Material de la pieza de trabajo	Material de la herramienta	
	Acero de alta velocidad	Carburo cementado
Aluminio	300-600	1000-2000
Latón	200-400	600-800
Bronce	65-130	200-400
Hierro fundido	60-80	260-360
Acero al bajo carbono	60-100	300-600
Acero de contenido medio de carbono	60-80	225-400
Acero al alto carbono	40-70	150-250
Acero aleado medio	40-70	150-350
Acero inoxidable	30-60	100-300

Avances para fresas de extremo plano (avance por diente en pulgadas)

Diámetro del coriador	Acero al Acero al Acero							
	Aluminio	Latón	Bronce	Hierro fundido	Acero al bajo carbono	Acero al medio carbono	Acero aleado	Acero inoxidable
1/8	.002	.001	.0005	.0005	.0005	.0005	.0005	.0005
1/4	.002	.002	.001	.001	.001	.001	.001	.001
3/8	.003	.003	.002	.002	.002	.002	.001	.002
1/2	.005	.003	.003	.0025	.003	.002	.001	.002
3/4	.006	.004	.003	.003	.004	.003	.002	.003
1	.007	.005	.004	.0035	.005	.003	.002	.004
1 1/2	.008	.005	.005	.004	.006	.003	.003	.004
2	.009	.006	.005	.005	.007	.004	.003	.005

Las velocidades y avances dependen de muchos factores que controlan la eficiencia del uso del cabezal. Tales factores, como profundidad del corte, cantidad de avance, material que se va a maquinarse y tipo de la herramienta de corte, controlan las velocidades y avances del maquinado.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



ANÁLISIS DE MOLD FLOW

El presente anexo consta de un CD que contiene el reporte completo de la simulación realizada en Mold Flow, el cual comprende de dos archivos html.

- Part Adviser
- Mold Adviser

Los cuales pueden ser abiertos con cualquier tipo de buscador de paginas WEB.