878517

UNIVERSIDAD NUEVO MUNDO

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

SELECCION DE MAQUINARIA DE INYECCION DE PLASTICO PARA PRODUCCION DE ALTA CALIDAD

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

LICENCIADO EN INGENIERIA MECANICA ELECTRICA
EN RAMA INDUSTRIAL

P R E S E N T A :

ROBERTO IZAGUIRRE DIAZ

DIRECTOR DE TESIS: ING. ROBERTO CONTRERAS ESPINOZA

MEXICO 2004

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

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.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.
NOMBRE: ROBERTO IZAGUIRRE DIAZ
FECHA: 11 MAYO 2,004
FIRMA:

**Agradezco a mi madre,
a toda mi familia,
a mi esposa y su familia,
a mis amigos
y a los maestros
que me impulsaron y
ayudaron en este paso tan
importante**

Roberto

INDICE

OBJETIVO, HIPÓTESIS Y PROBLEMÁTICA

INTRODUCCIÓN 2

CAPÍTULO I: Antecedentes 4
1.1 Historia del Plástico 4
1.2 La Segunda Guerra Mundial..... 6

CAPITULO II: Plásticos 8
2.1 Definiciones..... 8
2.2 Características y clasificación..... 9
2.2.1 Características..... 9
2.2.2 Clasificación..... 10
2.2.3 Descripción por familia y usos más importantes..... 31
2.3 Identificación y selección de plásticos..... 35
2.3.1 Métodos químicos..... 36
2.3.2 Métodos instrumentales..... 39
2.3.3 Métodos térmicos..... 40
2.3.4 Métodos cromatográficos..... 41
2.3.5 Métodos empíricos..... 42
2.3.6 Selección de plásticos..... 46
2.3.7 Método de selección de plásticos..... 48

CAPITULO III: Métodos de transformación de los plásticos 51
3.1 Generalidades..... 51
3.2 Clasificación de los métodos de transformación de los plásticos..... 53
3.2.1 Moldeo por compresión..... 53
3.2.2 Moldeo por transferencia..... 54
3.2.3 Moldeo por empastado..... 55
3.2.4 Moldeo por inyección..... 55
3.2.5 Moldeo por soplado..... 56
3.2.6 Moldeo por solvente..... 56
3.2.7 Extrusión..... 57
3.2.8 Fundición..... 57
3.2.9 Calandrado..... 58
3.2.10 Recubrimiento..... 59
3.2.11 Laminación a alta presión..... 60
3.2.12 Reforzamiento..... 60
3.3 Fabricación..... 61

3.4 Acabado 63
3.5 Moldes de inyección 64
3.5.1 Principio de funcionamiento 65
3.5.2 Diseño y fabricación de molde de inyección 65
3.5.3 Procesos de fabricación 68
3.5.4 Sistema de enfriamiento 69
3.5.5 Clasificación de los moldes 69

CAPITULO IV: Selección de maquinaria de inyección de plástico para producción de alta calidad 71

4.1 Generalidades 71
4.2 Ciclos de inyección de una maquinaria de inyección de plástico 73
4.3 Modo de funcionamiento de una máquina de inyección 78
4.3.1 Modo de funcionamiento manual 78
4.3.2 Modo de funcionamiento "ajuste" 79
4.3.3 Modo de funcionamiento "semiautomático" 80
4.3.4 Modo de funcionamiento totalmente automático 80
4.4 Clasificación de las máquinas de inyección de plástico 80
4.4.1 Sistemas convencionales 81
4.4.2 Sistemas especiales 83
4.5 Selección de maquinaria de inyección de plástico 85
4.5.1 Selección de la pieza a producir 85
4.5.2 Producción.- Cantidad de piezas a fabricar 85
4.5.3 Material y especificaciones 86
4.5.4 Peso de la inyección 92
4.6 Caso Práctico 92
4.7 Especificación de la maquinaria dependiendo del cálculo de la inyección 100
4.8 Máquina de inyección de plástico de sistema eléctrico 101
4.9 Comparación entre máquinas eléctricas e hidráulicas 102

INFORMACIÓN ADICIONAL 104
Tipos de máquinas 104
Normas ASTM 114

CONCLUSIONES 133

CONTRIBUCIONES 134

BIBLIOGRAFÍA 135

TESIS

SELECCIÓN DE MAQUINARIA DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO PARA PRODUCCIÓN DE ALTA CALIDAD

OBJETIVO, HIPÓTESIS Y PROBLEMÁTICA

El objetivo de este trabajo de investigación es desarrollar un procedimiento para la selección de maquinaria de inyección de plástico para producción de alta calidad, que permita identificar los principales factores de la maquinaria, para que cualquier persona que desee invertir en un proceso de este tipo pueda tomar una decisión rápida, concreta y rentable, sin necesidad de conocer el sistema de inyección de plástico.

En base a lo anterior, mediante este trabajo de investigación se puede lograr algo sencillo, accesible a cualquier persona que tenga el capital para invertir, lo cual ayudará en la generación de empleo en nuestro país.

La idea de realizar esta tesis surgió del interés de implementar, en un futuro cercano, este sistema en un negocio propio. La investigación que se llevó a cabo fue mediante la recopilación de información documental así como visitas a diversas compañías dedicadas a la inyección de plástico; lo cual en ocasiones, fue muy difícil de conseguir, por la insuficiencia de material y fuentes de información en escuelas y bibliotecas, así como por la falta de interés y apoyo de algunas compañías para mostrar sus procesos; sin embargo, debido al tiempo que he dedicado en la investigación para llevar a cabo este negocio, he podido hacerme llegar de bastantes fuentes de información que me permitieron sustentar y fundamentar este trabajo, con la absoluta responsabilidad que involucra el hecho de informarles a ustedes, desde un punto de vista objetivo, el proceso de selección de maquinaria de inyección de plástico para producción de alta calidad.

INTRODUCCIÓN

En cualquier lugar que nos encontremos o que vayamos en la actualidad, encontraremos accesorios de plástico. Estos forman parte de nuestro entorno en el trabajo, hogar, automóvil, hospitales, escuelas, aviones, envases, electrodomésticos, electricidad, electrónica, mobiliario, etc.

Actualmente su utilización está extendida en prácticamente todos los campos de la industria, la economía, y la agricultura; en ésta última se utiliza en invernaderos, acolchado de suelos y túneles de cultivo, entre otros. Asimismo, en la industria automotriz es destacable que en los medios de transporte, tales como el automóvil puede tener hasta 100 Kg. de plástico. En todas las construcciones también los encontramos, como es el uso del PVC, en tuberías y sus accesorios.

Al ver que nuestro entorno tiene gran número de accesorios de material plástico, nos damos cuenta que hemos sido rodeados de este material desde nuestro nacimiento, en nuestra infancia, adolescencia y por supuesto hasta nuestra edad adulta, lo cual implica la importancia de este material en la actualidad.

El plástico es un material de nuestro desarrollo tecnológico y por consiguiente de nuestra civilización. Sustituye a otros materiales como el vidrio, la madera y el metal, dando como consecuencia el incremento de la producción y reducción de los costos de fabricación. A diferencia del vidrio y el metal, el plástico es el primer material sintético creado por el hombre.

Las principales cualidades de los plásticos, en cuanto a lo económico y a su facilidad de ser transformados, son básicamente las que han hecho posible este cambio tecnológico.

El objetivo de este trabajo de investigación es desarrollar un procedimiento para la selección de maquinaria de inyección de plástico para producción de alta calidad, que permita identificar los principales elementos de la maquinaria, para que cualquier persona que desee invertir en un proceso de este tipo pueda tomar una decisión rápida, concreta y rentable, sin necesidad de conocer el sistema de inyección de plástico.

En base a lo anterior, mediante este trabajo de investigación se puede lograr algo sencillo, accesible a cualquier persona que tenga el capital para invertir, lo cual ayudará en la generación de empleo en nuestro país.

La idea de realizar esta tesis surgió del interés de implementar, en un futuro cercano, este sistema en un negocio propio. La investigación que se llevó a cabo fue mediante la recopilación de información documental así como visitas a diversas compañías dedicadas a la inyección de plástico; lo cual en ocasiones, fue muy difícil de conseguir, por la insuficiencia de material y fuentes de información en escuelas y bibliotecas, así como por la falta de interés y apoyo de algunas compañías para mostrar sus procesos; sin embargo, debido al tiempo que he dedicado en la investigación para llevar a cabo este negocio, he podido hacerme llegar de bastantes fuentes de información que me permitieron sustentar y fundamentar este trabajo, con la absoluta responsabilidad que involucra el hecho de informarles a ustedes, desde un punto de vista objetivo, el proceso de selección de maquinaria de inyección de plástico para producción de alta calidad.

CAPITULO I
ANTECEDENTES

1.1 Historia del plástico

Antes de la era del plástico el hombre cubría sus necesidades con los materiales naturales tales como la madera, la roca y los metales.

El origen del primer plástico hecho por el hombre se da en 1862, cuando Alexander Parkes en la gran feria internacional de Londres presentó un tipo de este material al cual se le dio el nombre de parkesina. Se trataba de un material orgánico derivado de la celulosa, que una vez calentado podía ser moldeado y podía mantener su forma al enfriarse. Parkes declaró que esta nueva materia podía tener las mismas aplicaciones que el hule, pero a un menor precio. Él descubrió un material que podía ser transparente así como modificarse en un sinnúmero de formas. Los inversionistas perdieron el interés sobre este nuevo producto cuando se percataron de los altos costos que la materia prima necesitada para su producción, por lo que decidieron cortar su ayuda económica para la producción.

Phelan and Collander, fabricante de bolas de billar, ofreció una recompensa de 10,000 dólares a quien pudiera encontrar un sustituto al marfil natural, en 1868. En esa época el juego de billar era tan popular, que cientos de elefantes tenían que ser sacrificados para poder obtener el marfil necesario para la elaboración de las bolas de billar.

Wesley Hyatt fue un inventor que compitió por el premio, desarrollando un método de procesamiento a presión de piroxilina, un nitrato de celulosa de baja nitración, tratado previamente con alcanfor y una cantidad mínima de disolvente de alcohol. En sus primeras pruebas con el "collodian" se percató de la gran explosividad del material, ya que al menor choque entre las bolas de billar, éstas explotaban. Fue en ese momento cuando dio solución a este problema agregando el alcanfor que es un derivado del árbol de laurel, creando así el celuloide. Aún cuando Wesley Hyatt no pudo obtener el primer premio, su invento fue patentado con el nombre de celuloide, mismo que se utilizó para la fabricación de diversos objetos, tales como placas dentales, cuellos y puños de camisas, mangos de cuchillo,

armazones de lentes y película cinematográfica. El celuloide se constituyó en el material básico para las películas de lo que a partir de 1895 seria la gran revolución cultural moderna: el cine.

Durante los siguientes años se desarrollaron poco a poco otros tipos de plásticos. En 1906 se inventa la baquelita por Leo Baekeland, químico norteamericano de origen belga, quien sintetizó un polímero de interés comercial a partir de moléculas de fenol y formaldehído. Este producto podía moldearse, a medida que se formaba, y resultaba duro al solidificar. No conducía electricidad, era resistente al agua y no se derretiría ni herviría con algún ácido o disolvente común, lo que significaba que nunca cambiaría, pero sería fácilmente mecanizable. La baquelita fue el primer plástico totalmente sintético de la historia.

La baquelita fue el primer termoplástico que podía retener su forma bajo cualquier circunstancia. También podía adherirse a casi cualquier material para hacerlo más resistente. Otras características de este material que hicieron que formara parte de nuestra vida diaria son: resistencia al calor, químicamente estable, no se quiebra ni decolora con la luz del sol.

"La primera máquina de inyección de plástico surge en 1921, lo cual da inicio al proceso más versátil de la transformación de plásticos"[1], con las características de obtención de productos iguales y en mayor producción para cubrir las demandas del mercado. Para 1925 se fabrican industrialmente y diseñan las primeras máquinas de inyección de plásticos en Alemania.

Entre los productos desarrollados durante este periodo están los polímetros naturales alterados, como el rayón, fabricado a partir de productos de celulosa.

Hasta entonces todos los alcances obtenidos con los diferentes plásticos, incentivaron a la industria y a los químicos a buscar otras moléculas sencillas que pudieran enlazarse para crear polímeros. En la década de los 30's, químicos ingleses descubrieron que el gas etileno polimerizaba bajo la acción del calor y la presión, formando un termoplástico al que llamaron polietileno (PE).

[1] Centro Empresarial del Plástico, S.A. de C.V.; "Enciclopedia del Plástico 2002", tomo I, edición 2000, p. 45

Al reemplazar en el etileno un átomo de hidrógeno por uno de cloruro, se produjo el cloruro de polivinilo (PVC), un plástico duro y resistente al fuego, especialmente adecuado para cañerías de todo tipo. Uno de los plásticos más populares desarrollados durante este periodo fue el metacrilato de metilo polimerizado (Plexiglás), el cual tiene propiedades ópticas excelentes, ya que puede utilizarse para gafas y lentes. El politetrafluoretileno (PTFE) es conocido como teflón y usado para rodillos y sartenes antiadherentes.

El poliestireno (PS) es otro de los plásticos desarrollados en Alemania en los años 30. Es un material muy transparente utilizado para vasos y hueveras.

El químico Wallace Carothers, quien trabajaba para la empresa Dupont, descubrió la primera fibra artificial, a la cual se le dio el nombre de nylon. Este polímero formaba hilo que podían tejerse. Su primer uso fue la fabricación de las cuerdas de paracaídas para las fuerzas armadas de los Estados Unidos en la Segunda Guerra Mundial, uso que fue extendido a la fabricación de medias y otros tejidos. Al nylon le siguieron otras fibras sintéticas como el orlon y el acrilán.

1.2 La Segunda Guerra Mundial

Como es bien sabido, en tiempo de guerra la tecnología tiene grandes avances y durante la segunda guerra mundial, ésto no fue excepción. En esta época, tanto aliados como las fuerzas del eje, reconocieron la fuente inagotable de sustitutos provenientes de la tecnología del plástico. "Al ver disminuidos los suministros de materias primas, Alemania tuvo que buscar un sustituto para el látex e inició su programa para el desarrollo del caucho sintético utilizable. Al mismo tiempo, Estados Unidos veía cortados el suministro de materias provenientes de Asia, desde que Japón intervino en la segunda guerra mundial. La respuesta estadounidense fue la intensificación en sus programas de desarrollo de los plásticos"[1].

[1] Cagliani, Martín A.; "Historia de las cosas", Universidad de Buenos Aires

También en esta década se desarrolla el Poliestireno expandido (EPS) usado para embalaje y aislante térmico. Se le dieron usos a los plásticos ya descubiertos como el nylon en fibras textiles, el caucho sintético y el poliéster, el cual se utilizó en la fabricación de blindaje.

Durante los años posteriores a la Segunda Guerra Mundial se mantuvieron los programas de investigación de la industria del plástico. Estos programas tuvieron especial interés en los policarbonatos, acetatos y las poliamidas, a los cuales se les denomina plásticos técnicos. Se sustituyeron metales en piezas para maquinaria.

En la década de los 50's, Karl Ziegler y Giulio Natta desarrollan el polietileno de alta densidad y en 1954, el italiano Giulio Natta desarrolló el polipropileno (PP), que son los dos plásticos más usados en la actualidad.

La década de los años 60's fue revolucionaria en movimientos sociales y políticos, y también fue una década revolucionaria para el plástico. Fue tan importante su cambio, que surgieron nuevos procesos y aditivos que marcaron una dinámica de nuevos mercados destacado por las resinas reactivas. También aparecen máquinas totalmente automáticas para soplado de botellas, extrusión de película e inyección de plástico.

Para 1977 un vertiginoso cambio en la comercialización de PEPSI, al elaborar las botellas de sus bebidas a partir del tereftalato de polietileno (PET), se inicia un gran desarrollo en la maquinaria para producir este tipo de envases. En el presente uno de los polímeros de más uso es el tereftalato de polietileno (PET), material usado en el mercado de envases.

El desarrollo en los años 80's fue dirigido a la modificación de los plásticos ya existentes, logrando ligereza, resistencia térmica y mecánica. También hay que considerar el surgimiento de la conciencia ecología mundial, la cual exige los sistemas de reciclaje y la obtención de polímeros biodegradables.

CAPITULO II
PLÁSTICOS

2.1 Definiciones

Los plásticos son materiales hechos por el hombre, los cuales contrastan con los materiales de la naturaleza tales como la madera y metal. Una definición del plástico generalmente aceptada es la siguiente: "Es un grande y variado grupo de materiales que constan total o parcialmente de combinaciones de carbono y oxigeno, hidrógeno o nitrógeno los cuales, aunque sólidos en el estado final, son líquidos en algunas etapas de su manufactura y por tanto capaces de asumir diferentes formas, generalmente por la aplicación, individual o conjunta, de calor y presión".

A continuación se relacionarán algunos de los acrónimos más importantes que se localizaron:

Acrilonitrilo Butadieno Estireno	ABS	Polimetil Metacrilato	PMMA
Estireno Acrilonitrilo Acrilato	ASA	Polióxido de Metileno	POM
Acetato de Celulosa	CA	Polipropileno	PP
Resina Epoxica	EP	Polióxido de Metileno	PPO
Poliestireno Expansible	EPS	Poliestireno	PS
Etil Vinil Acetato	EVA	Polisulfona	PSU
Alcohol Polivinilico	VEO	Politetrafluoroetileno	PTFE
Polietileno de Alta Densidad	HDPE o PEAD		
Polietileno de Baja Densidad	LDPE o PEBD		
Melamina Formaldehído	MF	Poliuretano	PUR
Poliamida	PA	Policloruro de Vinilo	PVC
Polibutileno	PB	Policloruro de Vinilideno	PVDC
Polibutilén Tereftalato	PBT	Estireno Acrilonitrilo	SAN
Policarbonato	PC	Copolimero Estireno Butadieno	SB
Poliéster Imida	PEI	Silicón	Si
Poliéster Sulfona	PES	Elastómero Termoplástico	TPE
Polietilen Tereftalato	PET	Poliuretano Termoplástico	TPU
Fenol Formaldehído	PF	Urea Formaldehído	UF
Resina Poliéster Insaturada	UP	Polietileno de Ultra Alto Peso Molecular	UHMWPE

Recordaremos que el plástico se define como "material sintético que es moldeable con facilidad y se compone de celulosa, proteínas y

resinas entre otras sustancias"[1]. Tiene su raíz etimológica en la palabra plásticos que significa relativo a moldear.

2.2 Características y clasificación

2.2.1 Características

Con el gran desarrollo de los plásticos, comenzó la era del plástico, con lo cual hasta la fecha se han desarrollado "mas de 1500 tipos de plásticos y con mas de 500 mezclas y aleaciones"[2]. Debido a la gran cantidad de materiales que existen, es importante la identificación y selección de plásticos a utilizar para cada producto determinado, según su diseño y aplicación.

Los plásticos tienen entre sus características principales las siguientes:

Resistencia / densidad alta
Aislamiento térmico y eléctrico
Resistencia a los disolventes.

Las estructura que forman las enormes moléculas, dependiendo del plástico, pueden determinar si son termoendurecibles (entrecruzadas), o termoplásticos (lineales y ramificadas).

Toda materia esta formada por moléculas. Éstas pueden ser de tamaño normal o las llamadas moléculas gigantes, las cuales son conocidas como polímeros (del griego poly, muchos; meros, parte, segmento).

Los monómeros se unen en cientos de miles para poder producir los polímetros. Los monómeros forman cadenas de las formas más diferentes, tales como ramificaciones, globos, fideos, etc.

Una característica que define a los polímetros son sus propiedades mecánicas. Ésto es una diferencia a los materiales constituidos por moléculas de tamaño normal.

---

[1] Gran diccionario de la Lengua Española, Ed. Larousse, edición 2000, p. 1360.
[2] Centro Empresarial del Plástico S.A. de C.V.; "Enciclopedia del plástico 2000", tomo 2, edición 2000, p. 457.

En general, los polímeros tienen una muy buena resistencia mecánica, debido a que las grandes cadenas poliméricas se atraen.

Los polímeros más comunes en la vida diaria son los sintéticos con aplicaciones múltiples.

En la naturaleza encontramos sustancias como las proteínas, la madera, el hule y resinas que son polímetros. Los plásticos, fibras, adhesivos, vidrios y porcelanas también son polímeros. La diferencia con los anteriores es que estos últimos son sintéticos.

La mayor parte de los polímeros que usamos en nuestra vida diaria son materiales sintéticos con propiedades y aplicaciones variadas.

El desarrollo de la gran cantidad de plásticos ha sido motivado por la necesidad de ofrecer mejores o iguales cualidades que los productos ofrecidos por la competencia, para reducir costos de producción y mejorar la calidad del producto final. La competitividad en la generadora de la renovación constante.

El primer paso es la necesidad de un producto, determinar su uso exacto y selección de materiales para su producción. Esta selección de material debe incluir la composición misma en caso de ser una formula o aleación, su transformación o maquinado, y almacenamiento.

Las necesidades son las creadoras de nuestro alrededor, y por la gran cantidad de materiales plásticos, la clasificación de estos es necesaria.

Por ejemplo el nylon es separado por sus diferentes propiedades, costos y procesos de manufactura para producirlos. Algunos plásticos pueden ser aleaciones para combinar las ventajas de varios plásticos.

2.2.2 Clasificación

Una primera clasificación de los polímeros es la siguiente:

- Por su origen.
- Por su comportamiento térmico.

- Por su conformación física.
- Por su polaridad.
- Por su consumo.

Posteriormente, clasificaremos a los plásticos en:
- Plásticos para Ingeniería.
- Plásticos avanzados para Ingeniería.

2.2.2.1. Por su origen

Polímeros de origen natural:
De esta clasificación surgen los polímeros que son obtenidos de fibras naturales; como el algodón, madera, hule natural y seda.

Polímeros de origen sintético:
Son producto de la conversión del petróleo químicamente, o de otras fuentes de hidrocarburos.

2.2.2.2. Por su comportamiento térmico

Es una clasificación basada en el comportamiento que presentan los polímeros al ser trasformados a diferentes temperaturas. A su vez se clasifican en:

a) Termoplásticos.

Son polímeros que pueden ser suavizados por calor repetidamente y endurecidos por enfriamiento. Este proceso puede ser repetido indefinidamente. Asimismo, pueden ser:
- Termoplásticos amorfos: Se identifican por el desorden en sus moléculas.
- Termoplásticos cristalinos: Sus moléculas presentan un orden bueno.

A este grupo pertenecen los acrílicos, la celulosa, el nylon (poliamida), el polietileno, el poliestireno, el estireno, el ABS, las resina acetálica, el polipropileno y los policarbonatos.

b) Termofijos o termoestables.

Este tipo de polímero, ya habiendo sido calentado, no puede volverse a procesar, ya que presenta una estructura molecular tipo red y compleja, producida por una reacción no reversible. Este proceso no puede ser repetido como en los termoplásticos.

Entre los plásticos termoestables se incluyen los fenólicos, amino plásticos (melamina y urea), moldeados en frío, poliéster, epoxídicos, silicones, alquídicos y caseína.

c) Elastómeros.

Materiales elásticos que recuperan casi en su totalidad su forma original después de aplicar fuerza sobre ellos. También se clasifican en:
- Elastómeros Termofijos.
- Elastómeros Termoplásticos.

2.2.2.3. Por su conformación física

Esta clasificación se da en el ámbito macromolecular, las cadenas formadas por éstos determinan la regularidad o el ángulo de enlace de cada macromolécula.

2.2.2.4 Por su polaridad

Es por el desplazamiento de electrones compartidos entre los átomos de los dos distintos elementos que constituyen la molécula, debido a las diferencias de número atómico. "Al aumentar la polaridad aumentan algunas propiedades como absorción de agua, resistencia mecánica, dureza, rigidez, cristalinidad y resistencia a la deformación por calor, resistencia a solventes y aceites minerales, permeabilidad al vapor de agua, adhesividad y adherencia a piezas metálicas. Al aumentar también disminuye la dilatación térmica, poder de aislamiento eléctrico y tendencia a acumular cargas electrostáticas"[1].

[1] Enciclopedia Encarta, "Polymers", Enciclopedia 2003 (inglés), Ed. Microsoft Encarta online, p. 567.

2.2.2.5 Por su consumo

Esta clasificación se establece por su importancia comercial y sus usos en el mercado:

- Comodities.- Precio moderado y Propiedades no sobresalientes.

- Versátiles.- Resistencia mecánica, química y ligereza. Ejemplos: polietileno, PVC, polipropileno, poliestireno y PET.

- Técnicos.- Conjunto de propiedades excelentes, gran resistencia mecánica y elevados límites de temperatura. Precio más alto que los anteriores. Ejemplos: poliamidas, poliacetales, policarbonato y poliéster termoplástico.

- Especiales.- Generalmente tienen una o más propiedades que sobresalen de las demás por ser materiales reforzados, tales como resistencia eléctrica elevada y precio muy elevado. Es por ésto que no sobresalen en el consumo de la producción.

2.2.2.6 Plásticos de Ingeniería

Los llamados plásticos de Ingeniería son aquellos que fueron desarrollados para que tuvieran muchas propiedades principales y además fueran útiles, proporcionando mayor flexibilidad y posibilidades a los diseñadores, dando soluciones de requerimientos en aplicaciones estrictas; como por ejemplo, en la sustitución de metales y aleaciones de metales, por resistencia, durabilidad y costo de producción.

A continuación se describirán las características de algunos de los plásticos de ingeniería que se conocen:

Nylamid M

El Nylamid M es de color hueso y está aprobado para trabajar en contacto directo con alimentos de consumo humano, por la SECOFI. (NMX-E-202-1993-SCFI). Fácil de maquinar (M = Mecánico). Para reducir gastos de refacciones de reposición constante.

Principales Propiedades:

	R = Resiste RL = Resistencia Limitada NR = No Resiste	**Norma**	**Unidades**	
	FISICAS	**ASTM**		
1	Dureza Shore-D			81
	MECÁNICAS			
2	Resistencia a la tensión	D638	Kg/cm^2	760
3	Módulo de elasticidad a la tensión	D638	Kg/cm^2	22,500
4	Resistencia a la compresión	D695	Kg/cm^2	725
5	Resistencia a la flexión	D790	Kg/cm^2	1,050
	TERMICAS			
6	Coeficiente de expansión térmica		$10^{-6}/°C$	100
	QUIMICAS			
7	Ácidos suaves			R
8	Ácidos fuertes			RL
9	Alcalinos suaves			RL
10	Alcalinos fuertes			NR
11	Hidrocarburos			R

Principalmente se utiliza en cojinetes, ruedas, engranes, poleas, catarinas, sellos para válvulas, guías de desgaste, rodillos, tolvas, aislantes eléctricos, aislantes térmicos, piezas de impacto, raspadores, rodillos, moldes, prototipos.

Nylamid SL

El Nylamid SL (SL = Súper lubricado) es de color negro y está cargado de bisulfuro de molibdeno para reducir su coeficiente de fricción.

Sus principales propiedades son:

	R = Resiste RL = Resistencia Limitada NR = No Resiste	**Norma**	**Unidades**	
	FISICAS	**ASTM**		

1	Dureza Shore-D			85
	MECÁNICAS			
2	Resistencia a la tensión	D638	Kg/cm²	878
3	Módulo de elasticidad a la tensión	D638	Kg/cm²	33,744
4	Resistencia a la compresión	D695	Kg/cm²	1,124
5	Resistencia a la flexión	D790	Kg/cm²	1,195
	TERMICAS			
6	Coeficiente de expansión térmica		10^{-6}/°C	72
	QUIMICAS			
7	Ácidos suaves			R
8	Ácidos fuertes			RL
9	Alcalinos suaves			RL
10	Alcalinos fuertes			NR
11	Hidrocarburos			R

Nylamid XL

Donde XL = Extra Lubricación. Es de color verde y tiene una carga de aceite para reducir aún más su coeficiente de fricción y además es de baja absorción de humedad.

Sus propiedades son las siguientes:

	R = Resiste RL = Resistencia Limitada NR = No Resiste	**Norma**	**Unidades**	
	FISICAS	**ASTM**		
1	Densidad	D792	gr./cm³	1.14
2	Dureza Shore-D			83
3	Absorción de agua: En 24 horas	D570	% por peso	0.75
4	Hasta saturación		% por peso	1
	MECÁNICAS			
5	Resistencia a la tensión	D638	Kg/cm²	862
6	Módulo de elasticidad a la tensión	D638	Kg/cm²	26,109
7	Resistencia a la compresión	D695	Kg/cm²	740

8	Resistencia a la flexión	D790	Kg/cm²	1,035
9	Módulo de resistencia a la flexión	D790	Kg/cm²	--
10	Resistencia al impacto	D256	Kg/cm²	7.4
11	Límite PV		Kg/cm² (m/s)	5.37
	TERMICAS			
12	Coeficiente de expansión térmica		10^{-6}/°C	100
13	Temperatura de servicio en aire		°C	100
	QUIMICAS			
14	Ácidos suaves			R
15	Ácidos fuertes			RL
16	Alcalinos suaves			RL
17	Alcalinos fuertes			NR
18	Hidrocarburos			R

Nylamid TS

Este Nylamid es producido por la polimerización directa de monómeros para formar polímeros de nylon 6/12 al ser vaciados a presión atmosférica. Este proceso ofrece la ventaja de poder fabricar piezas de mucho mayor volumen que con la inyección y extrusión.

El Nylamid TS (TS = Tabla de Suaje) es color ámbar y también es producido por vaciado con una formulación especial de nylon 6/12 diferente a la del Nylamid (M, SL, XL). Con esta formulación se obtienen materiales de alta resistencia, ideales para usarse en el corte o suajado industrial, ya que protegen las herramientas y permiten un mejor acabado de corte. Fácil de maquinar y baja absorción de humedad.

	R = Resiste RL = Resistencia Limitada NR = No Resiste	**Norma**	**Unidades**	
	FISICAS	**ASTM**		
1	Dureza Shore-D			74
	MECÁNICAS			

2	Resistencia a la tensión	D638	Kg/cm²	475
3	Módulo de elasticidad a la tensión	D638	Kg/cm²	274.9
4	Resistencia a la compresión	D695	Kg/cm²	500
5	Resistencia a la flexión	D790	Kg/cm²	109.6
	TERMICAS			
6	Coeficiente de expansión térmica		10^{-6}/°C	--
	QUIMICAS			
7	Ácidos suaves			R
8	Ácidos fuertes			RL
9	Alcalinos suaves			RL
10	Alcalinos fuertes			NR
11	Hidrocarburos			R

Sus principales aplicaciones son en piel, cuero, plástico, vinil, cartón, asbesto, juntas automotrices y hule.

Nylamid 6/6

El Nylamid 6/6 es color verde y puede trabajar en contacto directo con alimentos de consumo humano. Es fácil de maquinar y es producido por extrusión, por lo que se pueden fabricar piezas de hasta 244 cm. (96"). Son muy rígidos y tienen un alto punto de fusión.

	R = Resiste RL = Resistencia Limitada NR = No Resiste	**Norma**	**Unidades**	
	FISICAS	**ASTM**		
1	Dureza Shore-D			80
	MECÁNICAS			
2	Resistencia a la tensión	D638	Kg/cm²	808
3	Módulo de elasticidad a la tensión	D638	Kg/cm²	29,877
4	Resistencia a la compresión	D695	Kg/cm²	878
5	Resistencia a la flexión	D790	Kg/cm²	1,054
	TERMICAS			
6	Coeficiente de expansión térmica		10^{-6}/°C	99

	QUIMICAS			
7	Ácidos suaves			R
8	Ácidos fuertes			RL
9	Alcalinos suaves			RL
10	Alcalinos fuertes			NR
11	Hidrocarburos			R

Su aplicación típica se da en cojinetes, ruedas, engranes, poleas, catarinas, sellos para válvulas guías de desgaste, tolvas, aislantes eléctricos, aislantes térmicos, piezas de impacto, raspadores, rodillos, moldes y prototipos.

Nylamid® 6/6 SL

El Nylamid 6/6 es de color negro y está cargado de bisulfuro de molibdeno para reducir su coeficiente de fricción. También es producido por extrusión, por lo que se pueden fabricar piezas de hasta 244 cm. (96"). Son muy rígidos y tienen un alto punto de fusión. Fácil de maquinar.

Sus principales propiedades son:

	R = Resiste RL = Resistencia Limitada NR = No Resiste	**Norma**	**Unidades**	
	FISICAS	**ASTM**		
1	Dureza Shore-D			85
	MECÁNICAS			
2	Resistencia a la tensión	D638	Kg/cm^2	878
3	Módulo de elasticidad a la tensión	D638	Kg/cm^2	33,744
4	Resistencia a la compresión	D695	Kg/cm^2	1,124
5	Resistencia a la flexión	D790	Kg/cm^2	1,195
	TERMICAS			
6	Coeficiente de expansión térmica		$10^{-6}/°C$	72
	QUIMICAS			
7	Ácidos suaves			R
8	Ácidos fuertes			RL

9	Alcalinos suaves			RL
10	Alcalinos fuertes			NR
11	Hidrocarburos			R

Se utiliza en cojinetes, ruedas, engranes, poleas, catarinas, sellos para válvulas, guías de desgaste, rodillos, tolvas, aislantes térmicos, aislantes eléctricos, piezas de impacto, raspadores, rodillos, moldes y prototipos.

Acetal
Nylamid P

El Nylamid P (P = Precisión) es un copolímero de acetal color blanco, producido por extrusión, que sirve para fabricar partes de gran precisión. Provee alta resistencia y rigidez en combinación con su excelente estabilidad dimensional y fácil maquinado.

También se caracteriza por su bajo coeficiente de fricción y su residencia al desgaste, especialmente en ambientes húmedos. Su baja absorción de humedad brinda excelente estabilidad dimensional, en el maquinado de partes con tolerancia cerrada y además conserva constantes sus propiedades físicas en una gran variedad de ambientes. Es fácil de maquinar, exento de línea central porosa e higiénico.

El Nylamid P también es usado para fabricar aisladores eléctricos que requieren resistencia y rigidez. Está probado por la FDA, USDN, NSF, Canadá AG y 3ª-Dairy, (Organismos equivalentes a la Secretaría de Salud y a la SECOFI en México), por lo tanto, es el acetal preferido para trabajar en contacto con alimentos y en aplicaciones médicas.

Sus principales propiedades son:

	R = Resiste RL = Resistencia Limitada NR = No Resiste	**Norma**	**Unidades**	
	FISICAS	**ASTM**		
1	Dureza Shore-D			85
	MECÁNICAS			
2	Resistencia a la tensión	D638	Kg/cm²	669

3	Módulo de elasticidad a la tensión	D638	Kg/cm²	28,169
4	Resistencia a la compresión	D695	Kg/cm²	1,056
5	Resistencia a la flexión	D790	Kg/cm²	845
	TERMICAS			
6	Coeficiente de expansión térmica		10^{-6}/°C	97
	QUIMICAS			
7	Ácidos suaves			RL
8	Ácidos fuertes			NR
9	Alcalinos suaves			R
10	Alcalinos fuertes			NR
11	Hidrocarburos			R

Sus aplicaciones típicas se dan en cojinetes, aisladores, componentes eléctricos, soportes estructurales, engranes, ruedas, rodillos, sellos para válvulas y raspadores.

Polietilenos:

a. Nylamid RA
b. Nylamid H
c. Ertalyte PET-P

Las principales características de los polietilenos son su bajo coeficiente de fricción y su excelente resistencia química. Han sido aprobados para trabajar en contacto con alimentos debido a la nula absorción de humedad y líquidos que tienen, y debido a que elimina la desagradable combinación de olores y sabores. Son fabricados con polietileno de alta densidad y es fácil de limpiar, lavar y desinfectar.

a. Nylamid RA

El Nylamid RA (RA = Resiste abrasión) es un polietileno de Ultra Alto Peso molecular color blanco, producido por moldeo de compresión y por extrusión. Sirve para fabricar partes que trabajan en condiciones de abrasión severa y baja carga. Tiene una excelente resistencia química y es muy ligero.

Está aprobado para trabajar en contacto con alimentos, por la FDA y la USDA.

Sus principales propiedades son las siguientes:

	R = Resiste RL = Resistencia Limitada NR = No Resiste	**Norma**	**Unidades**	
	FISICAS	**ASTM**		
1	Dureza Shore-D			65
	MECÁNICAS			
2	Resistencia a la tensión	D638	Kg/cm^2	465
3	Módulo de elasticidad a la tensión	D638	Kg/cm^2	--
4	Resistencia a la compresión	D695	Kg/cm^2	--
5	Resistencia a la flexión	D790	Kg/cm^2	--
	TERMICAS			
6	Coeficiente de expansión térmica		$10^{-6}/°C$	200
	QUIMICAS			
7	Ácidos suaves			R
8	Ácidos fuertes			RL
9	Alcalinos suaves			R
10	Alcalinos fuertes			R
11	Hidrocarburos			RL

Su aplicación típica se da en placas y guías de desgaste, cojinetes, ruedas, recubrimientos de chutes y silos, catarinas, aisladores térmicos y raspadores.

b. Nylamid H

El Nylamid H (H = Higiénico) es una tabla de corte para alimentos hecha de polietileno de alta densidad. Sustituye a la madera, ya que no se astilla ni se resquebraja. Por su resistencia, se conserva siempre en buen estado y, debido a su estructura molecular, no absorbe humedad, evitando guardar olores y bacterias.

También está aprobado para trabajar en contacto con alimentos por la FDA y la USDA.

Sus principales propiedades son las siguientes:

	R = Resiste RL = Resistencia Limitada NR = No Resiste	**Norma**	**Unidades**	
	FISICAS	**ASTM**		
1	Dureza Shore-D			69
	MECÁNICAS			
2	Resistencia a la tensión	D638	Kg/cm^2	324
3	Módulo de elasticidad a la tensión	D638	Kg/cm^2	--
4	Resistencia a la compresión	D695	Kg/cm^2	--
5	Resistencia a la flexión	D790	Kg/cm^2	--
	TERMICAS			
6	Coeficiente de expansión térmica		$10^{-6}/°C$	--
	QUIMICAS			
7	Ácidos suaves			R
8	Ácidos fuertes			RL
9	Alcalinos suaves			R
10	Alcalinos fuertes			R
11	Hidrocarburos			RL

Sus aplicaciones típicas son en procesadoras y empacadoras de pollo, pescado y carne, restaurantes, cocinas de industria y hoteles, taqueras, carnicerías, mercados, supermercados y el hogar.

c. Ertalyte PET-P

Ertalyte PET-P es un termoplástico semicristalino sin refuerzo, basado en poliéster o tereftalato de polietileno y fabricado propiamente por resinas. Se caracteriza por tener la mejor estabilidad dimensional, además de una excelente resistencia al desgaste. Tiene bajo coeficiente de fricción, alta densidad y moderada resistencia a soluciones ácidas.

Otras características son:

- Resistencia al desgaste del nylon y estabilidad dimensional del acetal.

- Bueno para trabajar en ambientes húmedos y secos.
- Alta resistencia y rigidez ideal para piezas de tolerancia cerrada.
- Excelente resistencia a la oxidación.
- Buena resistencia al desgaste y excelente estabilidad dimensional.
- Buena resistencia a ácidos, mejor que el nylon o el acetal.
- Retiene significativamente más de su resistencia original arriba de los 180° F (85°C) que el Nylon o el Acetal. Adicionalmente, Ertalyte PET-P ofrece una buena resistencia mecánica y resistencia a la abrasión. Su baja absorción a la humedad permite a sus propiedades mecánicas y eléctricas permanecer virtualmente inafectadas por la absorción de humedad.

Los múltiples para los equipos de proceso y pruebas hechos de Ertalyte ofrecen un mejoramiento en su estabilidad dimensional combinada con una superior resistencia a la oxidación y química. (Materiales sustituidos: aluminio y acetal.)

Muchas piezas de equipamiento de manufactura y procesamiento de alimentos son maquinadas de Ertalyte tales como los moldes formadores de hamburguesas, los cuales requieren tolerancias extremadamente cerradas que pueden ser fácilmente sanitisadas, usando limpiadores químicos. (Material sustituido: aluminio.)

Su rigidez y apariencia higiénica adicionalmente a su estabilidad dimensional y resistencia al ácido clorhídrico diluido, hacen de Ertalyte la opción ideal para varios componentes de equipo de prueba farmacéutica. (Materiales sustituidos: nylon, UHMWP)

2.2.2.7. Plásticos Avanzados para Ingeniería

a) PC 1000 Policarbonato

Este plástico transparente tiene alta resistencia al impacto en condiciones de calor. Su resistencia es hasta de 250°F (120°C), en uso continuo. Además tiene excelente resistencia al impacto, tenacidad y propiedades de elongación.

Se considera que tiene buenas propiedades dieléctricas y un económico desempeño térmico.

El PC 1000 es un policarbonato de grado maquinable, termoplástico amorfo, el cual ofrece muy alta resistencia al impacto y tiene un alto módulo de elasticidad. Su temperatura de deflexión al calor es de 290°F a 264 PSI, absorbe muy poca humedad y resiste soluciones ácidas. Estas propiedades, adicionalmente a sus buenas características dieléctricas, hacen del PC 1000 una excelente alternativa para aplicaciones eléctricas y electrónicas.

La resistencia al impacto y transparencia también lo hacen el material ideal en aplicaciones de estructuras transparentes de seguridad y ventanas de vidrio.

El PC 1000 está relevado de esfuerzos internos haciéndolo ideal para la fabricación de piezas que requieren tolerancia cerrada. Estos productos son producidos con resinas de policarbonato, las cuales cumplen con los requerimientos de las normas internacionales.

Las mirillas para tanques de gasolina fabricadas con Policarbonato PC 1000 permiten a los conductores la fácil inspección del nivel del tanque. (Material sustituido: vidrio.)

Los aisladores hechos con este policarbonato proveen excelente resistencia dieléctrica. Su alta resistencia al impacto, lo hacen una buena alternativa para la fabricación de múltiples de gran variedad de industrias. Es fácilmente maquinable. (Material sustituido: acrílico.)

b) PSU 1000 Polisulfum

El Polisulfum PSU 1000 es un termoplástico de ingeniería de alto desempeño semitransparente color ámbar resistente al calor. Ofrece excelentes propiedades de resistencia mecánica, eléctrica y química, incluso mejor resistencia química que el policarbonato. Frecuentemente remplaza al policarbonato para condiciones de alta temperatura.

Este termoplástico se desempeña en agua caliente y vapor hasta 300°F (150°C) y tiene un amplio rango de capacidad térmica.

Tiene buenas características de aislamiento térmico y eléctrico, resistencia a la hidrólisis, estabilidad a la radiación y baja impureza iónica.

Los múltiples fabricados con Polisulfum PSU 1000 son óptimamente transparentes, capaces de ser esterilizados por radiación y resisten el aditamento provocado por el estrés ambiental. Sustituye al acrílico.

En la industria procesadora de pollo, se utilizan piezas de Polisulfum PSU 1000 en las líneas de proceso, ofreciendo resistencia química y rangos mínimos de expansión. Además sustituye al acero.

Los insertos hechos por este plástico reducen el ataque químico en los bloques de distribución de nylon, en los equipos de limpieza a base de agua caliente y vapor. Sustituye al nylon.

Se utiliza comúnmente en instrumentación analítica, dispositivos médicos y componentes semiconductores de equipos de proceso.

c) Rabel * R (Polifenyl Sulfum)

Es un termoplástico amorfo e alto desempeño que ofrece mejor resistencia al impacto y química que el Polisulfum y poliestermidas (Ultem Pei). Ofrece mayor resistencia a la hidrólisis cuando es comparado a otro termoplásticos amorfos como medida de fallas en ciclos de auto clave a vapor.

Ofrece esteribilidad a vapor virtualmente ilimitada. Este factor lo hace una excelente alternativa para dispositivos médicos, ya que es ampliamente usado como auto clave a vapor para esterilizar dispositivos médicos.

Se encuentra disponible en color natural (hueso blanco) y como pedido especial en presentación transparente u otros colores. Es comúnmente utilizado como bandejas de esterilización, asas y mangos de instrumental dental y quirúrgico y como acoplamientos para tuberías y fluidos.

Se adapta para usarse en equipo y dispositivos de ensamble electrónico que deben resistir temperaturas de soldado, ya que tiene una temperatura de deflexión al calor de 405°F (207°C).

d) Ultem * (Poliestermida)

Es un polímero amorfo que ofrece alta resistencia mecánica y excelente resistencia a la flama y al calor. Se desempeña en uso continuo a 340°F (170°C), haciéndolo ideal para aplicaciones de altos esfuerzos y calor y también cuando se requieren buenas propiedades dieléctricas en un amplio rango de frecuencia. Es resistente a la hidrólisis y altamente resistente a las soluciones ácidas. Capaz de resistir ciclos repetidos en auto claves.

El Ultem es comúnmente utilizado para fabricar piezas para dispositivos médicos e instrumentación analítica, aisladores eléctricos y electrónicos (incluyendo muchos componentes semiconductores de proceso) y una gran variedad de componentes estructurales que requieren alta resistencia y rigidez a elevadas temperaturas.

Los dispositivos estructurales de examinación quirúrgicos fabricados con Ultem tienen propiedades de auto clave y ofrecen alta resistencia y rigidez. Sustituye al acetal y al Polisulfum.

Los múltiples fabricados con este polímero para equipos de proceso farmacéutico ofrecen resistencia a soluciones químicas calientes y a la diaria sanitización. Sustituye al aluminio.

El Ultem es ampliamente usado para fabricar aisladores de alta frecuencia usados en equipamiento de comunicaciones a base de microondas. En esta rama sustituye a la cerámica.

Resistente a altos voltajes y flama. Ideal para fabricar sujetadores usados para conectar tarjetas de circuito en las unidades de video ubicadas en aviones, tanques y embarcaciones. Sustituye al acetal.

e) Fluorosint (PTFE cargado)

Las propiedades únicas del Fluorosint son el resultado propiamente del proceso en el cual la mica sintéticamente fabricada es ligada

químicamente al PTFE. Esta ligadura da como resultado propiedades normalmente no alcanzadas en productos en PFTE reforzados. Ofrece una excelente combinación de propiedades de baja fricción y estabilidad dimensional.

El Flourosint® 500 tiene nueve veces mas resistencia a la deformación bajo carga que los PTFE no cargados. Su coeficiente de expansión térmica lineal se aproxima al rango de expansión del aluminio y es de una quinta parte que la de los productos de PTFE. Es una tercera parte más duro que los productos PFTE, tiene mejor estadísticas de desgaste y mantiene bajas sus propiedades de fricción. No es abrasivo para la mayoría de los materiales suaves.

Se usa para sellos laberínticos y cubiertas: los sellos segmentados en turbinas fabricados con Fluorosint tienen un desempeño confiable en ambientes químicos hostiles mientras provee ahorros dramáticos de eficiencia. Empaques para gobernadores de transmisión y potencia: el principal fabricante automotriz europeo eligió Fluorosint 500 sobre otros productos para mejorar las capacidades de desempeño y vida útil. Sustituye al aluminio, brocen y babi.

f) Techtron & Ryton

Los productos de sulfuro de polietileno (PPS) ofrecen la más alta resistencia a los productos químicos que ningún plástico de ingeniería avanzado. Resisten solventes debajo de 200°C, son inertes al vapor, resisten bases fuertes, combustibles y ácidos. Tienen mínima absorción de humedad y un muy bajo coeficiente lineal de expansión térmica, que combinado con el proceso de relevación de esfuerzos internos, hace a los productos PPS idealmente adaptables para componentes maquinados de tolerancia muy precisa. Adicionalmente, los productos PPS tienen excelentes características eléctricas y son inherentemente retardantes a la flama.

1.- Techtron PPS

A diferencia de los productos PPS reforzados, el Techtron PPS es fácilmente maquinable a tolerancias cerradas. Es ideal para aplicaciones estructurales en ambientes corrosivos o como reemplazo del PEEK a bajas temperaturas.

2.- Ryton PPS, grado cojinetes

Está lubricado internamente y reforzado con fibra de carbón. Se fabrica por moldeo por compresión, ofreciendo un bajo coeficiente de expansión térmica y excelente resistencia química. Se adapta muy bien a aplicaciones de desgaste o cuando se requiere un material eléctricamente conductivo.

3.- Techtron® HPV

Tiene excelente resistencia al desgaste y bajo coeficiente de fricción. Vence las desventajas de los PPS vírgenes causadas por un alto coeficiente de fricción, y de los PPS reforzados con fibra de vidrio, los cuales pueden causar desgaste prematuro de la contraparte en aplicaciones de piezas de movimiento.

g) Ketron (Poliethercetona)

Este es un material químicamente resistente para aplicaciones estructurales y de desgaste en uso continuo a 250°C.

Sus características son las siguientes:

- Excelente resistencia química.
- Muy baja absorción de humedad.
- Inherentemente buena resistencia al desgaste y la abrasión.
- Inafectable por exposición continua a agua caliente y vapor.

El Ketron grados PPEK ofrece resistencia química e hidrolítica similar al PPS, pero puede operar a mayores temperaturas. PEEK 1000 ofrece resistencia al vapor y al agua, mientras que el PEEK reforzado con carbón provee excelente capacidad de resistencia al desgaste.

El último grado, PEEK HPV, ofrece sobresaliente desempeño como cojinete.

PEEK puede ser usado continuamente a 250°C y en agua caliente o vapor sin perder sus propiedades físicas. Para ambientes hostiles, es una fuerte alternativa para fluoropolímeros. Tiene un rango de

placabilidad de V-0 y muy baja emisión de humo y gas tóxico cuando se expone a la flama. Sustituye al PTFE, PPS y Bronce.

h) Torlon (Poliamida Imida)

Por su versátil empeño, posibilita y aprueba usos en un amplio ramo de aplicaciones, el Torlon (PAI) se fabrica por extrusión, moldeo por inyección y moldeo por compresión.

En formas extraídas o moldeadas por inyección, el Torlon es el de más alto desempeño a la fusión en el procesamiento de plásticos.

Tiene superior resistencia a elevadas temperaturas. Es capaz de desempeñarse bajo severas condiciones de esfuerzos a temperaturas continuas de 260°C. Las piezas maquinadas de Torlon proveen la más resistencia a la compresión y más resistencia al impacto que la mayoría de los plásticos de ingeniería avanzados.

El Torlon PAI tiene un extremadamente bajo coeficiente lineal de expansión térmica y una alta resistencia al reblandecimiento, dando como resultado una excelente estabilidad dimensional por arriba de su rango de servicio.

Un ciclo de poscurado es algunas veces recomendado para componentes fabricados a partir de presentaciones fabricadas por extrusión o moldeo por extrusión, donde la optimización de la resistencia química y/o el desempeño al desgaste son requeridos.

Para grandes formas de geometrías comunes, como las barras tubulares, las presentaciones de Torlon moldeadas por compresión ofrecen a los diseñadores la más grande economía y flexibilidad. Otro beneficio al seleccionar productos moldeados por compresión es que las resinas están curadas, o inhibizadas previamente para moldearse, lo cual elimina la necesidad de poscurar las formas o las piezas fabricadas de presentaciones moldeadas por compresión.

Por su retención de estabilidad dimensional van más allá de un alto rango de temperatura las partes hechas de Torlon 5530, que incrementan la confianza de las conexiones para prueba y extienden la vida útil: Ejemplo: los chips, nidos y conectores. Sustituye al Vespel PI.

Las jaulas para cojinetes tienen un bajo rango de expansión y excelente resistencia al desgaste del Torlon 4203 y 4301 PAI que posibilita a los fabricantes a incrementar las velocidades de los cojinetes y a extender su vida útil. Se sustituye las jaulas de acero, las bolas de acero endurecido y brushings de bronce.

i) Poly Imida Duration

Es una poliamida PI termofija completamente imigizada. La imigización total y el encapsulamiento de los lubricantes de grafito en los tipos logrados de desgaste, hacen al Duratron PI el más fuerte que otras poliamidas y provee excelentes características de desgaste.

1.- Duratron XP

Es la primera alternativa real a las presentaciones de poliamidas tradicionales. Fue desarrollada para usarse en aplicaciones extremas como válvulas de alto desempeño, dispositivos electrónicos y en el proceso de fabricación de equipos semiconductores. El Duratron sin refuerzo XP es de color amarillo brillante y es fácil de maquinar. No son requeridos herramientas o procedimientos especiales.

Es una poliamida con alta pureza que contiene menos de una EPM de impurezas metálicas da como resultado en la prueba estándar ICP-MS. Esta prueba es comparable a otras presentaciones de poliamida comercialmente disponibles.

Como resultado, el Duratron XP es ideal para usarse en aplicaciones de alta energía como corte por plasma, por agua y en proceso del corte de flejes. Es resistente a la mayoría de las formulaciones de gas para el corte por plasma usado en el proceso semiconductor y se comporta igual o excede el desempeño de otras presentaciones de otras poliamidas.

2.- Duratron® 150

Contiene 15% de lubricante de grafito. Ofrece la mejor combinación de propiedades físicas y tenacidad entre todos los grados de poliamidas lubricadas.

Un fabricante de equipo textil sólo especifica Duratron 150 para aplicaciones en las cuales las fallas de los cojinetes pudieran ser catastróficas.

j) Celasole PBI

El Celazole PBI negro ofrece la temperatura máxima de servicio más alta a las mejores propiedades mecánicas de todos los termoplásticos sin esfuerzo. Gracias al singular perfil de sus propiedades, puede ser la única solución donde ningún material sea utilizable.

Material muy solicitado para sectores industriales de alta tecnología, como los semiconductores y la industria aeronáutica y aeroespacial.

Sus características principales son las siguientes:

- Excelente retención de su resistencia mecánica, a la fluencia y rigidez, a lo largo de una amplia gama de temperaturas.
- Coeficiente de dilatación extremadamente bajo hasta los 250°C
- Excelente comportamiento al desgaste y al roce.
- Resistencia intrínseca a la flama.
- Buenas propiedades dieléctricas y como aislante eléctrico.
- Baja emisión de gases contaminantes en el vacío.
- Elevada impureza iónica.
- Excelente resistencia a las radiaciones de alta energía.

k) Semitron ESd

Se le considera dentro de la familia de plásticos antiestáticos que ha sido diseñado para su uso en aplicaciones donde existen problemas por descargas incontroladas de energía electrostática. Estos productos ofrecen la posibilidad de reducir las descargas de forma controlada.

Tiene una excelente resistencia química, muy baja absorción de humedad y buena resistencia al desgaste y la abrasión.

2.2.3 Descripción por Familia y usos más importantes

Más de 50 familias de plásticos se han desarrollado y muchas otras se están desarrollando a la fecha.

Para el propósito de este estudio y para el de un negocio a futuro, tenemos que conocer las familias que contienen los plásticos de más consumo en el mercado nacional e internacional, tales como las poliolefinas, vinílicos, acrílicos, poliamidas y epóxicas.

Por lo anterior, se iniciará con la descripción por Familia, características y algunos de los usos más importantes por material.

2.2.3.1 Poliolefinas

Esta familia esta formada por los plásticos más utilizados en el ambiente comercial. Es una familia que proviene de carbono (C) e hidrógeno (H) en su composición química.

Polietileno (PE):
Es el polímero mas comúnmente utilizado en la actualidad, por su versatilidad.

Polietileno de baja densidad (PEBD):
Tiene una estructura amorfa. Los artículos finales de este material mantienen buenas propiedades por encima de 60 C.
Otras de sus características son: impermeabilidad al agua, traslucido, inodoro y gran resistencia a las sustancias químicas.
Su densidad = 0.910-0.925 g/cm3, T fusión = 110 C, Treblandamiento= 80-100 C
Varían de acuerdo al grado de polimerización, son mejores las propiedades mecánicas.
Tiene sus aplicaciones en el sector de envases y empaques, en botellas, envase industrial, laminaciones, película encogible, recubrimientos, sacos, tapas, tuberías, película para invernadero, aislante para cables, cables de alta frecuencia, material dieléctrico, juguetes, etc.

Polietileno de alta densidad (PEAD):
Estructura cristalina, es opaco y de aspecto ceroso.
Este polímero es fácil de procesar.
Su densidad es = 0.941-0.965g/cm3, T fusión = 120-136 C.
Presenta mejores propiedades mecánicas que el PEBD o el PELBD.
Buena resistencia al impacto y a la abrasión

Excelente resistencia a los químicos, pero no a los agentes oxidantes. Se utiliza en bolsas para mercado o de basura; envases para leche, para productos químicos o para jardinería; detergentes y limpiadores; aceites y gasolina, recubrimientos de sobres, como aislante de cable y alambre, conexiones, bandejas, botes para basura, platos, etc.

Polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE):
Tiene un peso molecular promedio de 200.000 a 500.000 g/mol.
Es muy difícil de procesar por su elevado peso molecular.
Su densidad es =0.944-0954g/cm3, T fusión = 120 C
Entre sus características se tienen su buena resistencia al rasgado, y su excelente resistencia química.
Se utiliza para la fabricación de películas, bolsas, empaques de alimentos y recubrimientos de latas, tuberías a presión, contenedores con capacidades de 200 lt, y como conducto de la fibra óptica para instalaciones telefónicas.

Polietileno lineal (PEBD-L):
Es un Copolímero de estructura cristalina. Es menos transparente que el PEBD y más viscoso que el PEBD.
Tm= 140 C
En general tiene mejores propiedades mecánicas que el PEAD y PEBD.
Es resistente a las sustancias químicas y es completamente atoxico.
Tiene su aplicación principal en películas y láminas, película encogible, bolsas de carga pesada, bolsas para alimentos empacados al vacío, pañales desechables.

Polipropileno (PP)
Copolimero de etileno y acetato de vinilo (EVA)
En esta familia se encuentran los plásticos más comerciales. Es un termoplástico que se obtiene de la polimerización del propileno. Es un plástico rígido de alta cristalinidad y elevado punto de fusión. Al agregarle distintas cargas (talco, caucho, etc) se potencian sus propiedades hasta transformarlo en un polímero de ingeniería.

2.2.3.2. Vinílicos

Son fuertes y resistentes a la abrasión, al calor y al frío. Se encuentran disponibles en una amplia gama de colores. Se usan en

impermeables, bolsas, juguetes, mangueras, discos, baldosas para pisos y paredes, tapicería, tubería, artesanado, etc.

Policloruro de vinilo (PVC).- Se produce a partir de dos materias primaria naturales: gas 43% y sal común 57%. Para su proceso es necesario fabricar compuestos con aditivos especiales, que permiten obtener productos de variadas propiedades para un gran número de aplicaciones. Se obtienen productos rígidos o totalmente flexibles.

Policloruro de vinilo rígido (PVC-R)
Policloruro de vinilo flexible (PVC-F)
Policloruro de vinilideno (copolimero vinílico)
Alcohol Polivinilico (copolimero vinílico)

Estirénicos

Poliestireno (PS)

Poliestireno Cristal.- Es un polímero de estireno monómero (derivado del petróleo), cristalino y de alto brillo.

Poliestireno Impacto.-Es un polímero con oclusiones de polibutadieno que le confiere alta resistencia al impacto.

Poliestireno Expansible.
Copolímeros de Estireno Butadieno (SB)
Estireno Acrilonitrilo (SAN)
Acrilonitrilo-Butadieno- Estireno (ABS)
Acrilonitrilo Estireno Acrilato (ASA)

2.2.3.3. Acrílicos

Presentan una claridad excepcional y buena transmisión de la luz. Son fuertes, rígidos y resistentes al rayado. También son excelentes aisladores, incoloros y se tiene una amplia gama de colores transparentes, translúcidos y opacos.

Principalmente son:
Polimetil metacrilato (PMMA)
Poliacrilonitrilo (PAN)

2.2.3.4. Poliamidas

Son resistentes a las temperaturas extremas. Es fuerte y de larga duración.

Se encuentra disponible como polvo para moldeo, láminas, varillas, tubos. Sus métodos de formado son por moldeo de inyección, compresión y soplado, así como por extrusión.

Poliéster Termoplástico

Polietilen Tereftalato (PET).- Se produce a partir del ácido tereftálico y etilenglicol, por poli condensación; existiendo dos tipos: grado textil y grado botella. Este último se le debe post condensar, existiendo diversos colores para estos usos.

Polibuten tereftalato (PBT)

Polietilen Naftalato (PEN).

Policarbonato (PC)

2.2.3.5. Epóxicas

Esta familia de plásticos tiene buenas propiedades eléctricas, son resistentes al agua y a las condiciones atmosféricas.

Se encuentra disponible en forma de mezclas para moldeo, resinas, bloques de espuma, soluciones liquidas, adhesivos, recubrimientos y selladores.

Pegan fuertemente a los metales, vidrio, cerámica, cauchos y plásticos duros, herramientas, etc.

2.3 Identificación y selección de plásticos

Es muy importante la selección e identificación de los plásticos, debido a la gran cantidad de ellos con los que se cuenta en la actualidad, así como de las diferentes mezclas y aleaciones.

"La identificación es la primera etapa para determinar la naturaleza exacta de un nuevo producto"[1], lo cual no sólo nos lleva a la identidad de los plásticos, sino también a la de las composiciones en mezclas y aleaciones de materiales plásticos, así como para identificar su tecnología para la producción, esto es: su transformación y reciclaje.

"La creación de las tecnologías para la identificación de plásticos ha sido tan rica como plásticos se han desarrollado".[2]

[1] Enciclopedia del Plástico. Edición 2000, Centro Empresarial del Plástico, S.A. de C.V., p.457
[2] Ídem. p.457

Diversos métodos para la identificación de plásticos, su complejidad, sus costos, los grados de certidumbre y exactitud son lo que podremos encontrar en el mercado a elección.

De acuerdo con el principio que emplean, existen 3 tipos de métodos para la identificación de los plásticos.

2.3.1 Métodos Químicos

Cuando se busca desarrollar algún nuevo producto y se requiere identificar correctamente el material al grado de conocer su composición, debe recurrirse a métodos de análisis muy profundos y exactos, los cuales se clasifican de acuerdo a la propiedad que se observa en el proceso de medición final. Así se tienen los métodos químicos instrumentales

Los métodos químicos se fundamentan en mediciones gravimétricas y volumétricas que proporcionan información cualitativa y cuantitativa referente a la presencia o ausencia de cada uno de los componentes de una muestra.

A partir del análisis químico puede conocerse la composición de un material o mezcla. En el caso del plástico y otros materiales poliméricos de origen orgánico, tal procedimiento es solamente posible en un número reducido de casos; sin embargo, la identificación puede realizarse por un procedimiento sistemático.

Para una identificación exacta, es muy importante que el material sea un producto puro, y no contenga aditivos como plastificantes, cargas o pigmentos, por que actuarán como impurezas y modificarán los resultados.

Es muy importante hacer notar que el método empírico proporcionará una buena identificación de los plásticos en una gran parte de ellos; pero para determinar una exacta composición, es necesario el método químico.

2.3.1.1 Ensayos preliminares.

a. Solubilidad de los plásticos

Este es otro método para identificación de materiales plásticos, basado en la solubilidad de los materiales. "De acuerdo con sus cualidades de solubilidad una muestra puede ser clasificada dentro de un grupo de polímeros, dentro de los cuales sea más fácil su identificación".[1]

b. Propiedades e índices característicos

Este método se refiere a la determinación de propiedades e índices de cada plástico, encontrándose los siguientes:

Propiedades exteriores.- Son las que se refieren a las cualidades de apariencia física y propiedades mecánicas, como la transmitancia de la luz y resistencia mecánica como esfuerzo a la tensión, impacto y la flexión.

Densidad es igual a:

Masa / Volumen.

La muestra se sumerge en un líquido para saber que volumen desplazó. Conociendo su peso y realizando un ligero ajuste a la ley Newtoniana:

Peso = Masa* Aceleración gravitatoria.

El Punto de fusión es la propiedad que define la temperatura a la cual un material cambia de estado sólido a líquido, lo cual solo ocurre con los materiales termoplásticos.

c. Determinación cualitativa de los elementos

"Para el análisis cualitativo de plásticos se puede acudir a diferentes métodos de acuerdo al tipo de material que se desee identificar. Entre estos se encuentran los métodos volumétricos, que como su nombre lo indica miden diferencias de volumen en procesos de titulación y los métodos gravimétricos".[2]

[1] Enciclopedia del Plástico, Edición 2000. Centro Empresarial del Plástico, S.A. de C.V... Pág. 458
[2] Ídem. Pág. 459

d. Oxigeno

Con la determinación de este elemento se puede identificar resina fenólica, resina epóxica, Policarbonato y acetato de celulosa.

e. Nitrógeno

Con la determinación de este elemento nos ayuda para indicar que puede tratarse de un Poliacrilonitrilo, poliamidas o poliuretanos.

f. Halógenos

Este método ha sido denominado de fusión de sodio y es aplicable para diferentes halógenos.

2.3.1.2 Ensayos específicos

Este tipo de pruebas se realizan cuando ya se ha determinado a que grupo cualitativo pertenece el material analizado, por lo que se pueden realizar ciertas reacciones específicas.

Algunas de estas reacciones específicas detectan solo un tipo de materiales; sin embargo, las reacciones mas utilizadas pueden detectar dos o más materiales durante su análisis de acuerdo al comportamiento de cada uno de ellos y son:

1. Reacción de color con P-Dimetil Aminobenzaldehido

Esta reacción química es adecuada para determinar la presencia de Policarbonato o Poliamidas en una muestra.

2. Prueba de Formaldehído

Esta prueba es utilizada para determinar la presencia de formaldehído contenido en el Acetal, Acetato de celulosa y Polivinil Acetato.

3. Prueba de Gibbs indofenol

Esta prueba determinará la presencia de Fenol en las resinas fenólicas, así como en sustancias que también liberan fenol al calentarse como el Policarbonato y las resinas epoxi.

4. Reacción de color con Piridina

Esta prueba es para determinar la presencia de cloro en los polímeros.

2.3.2 Métodos Instrumentales

Los métodos químicos son lentos en algunas ocasiones, y debido a que la identificación de plásticos cada día requiere mayor exactitud, es necesaria la búsqueda de métodos que aporten mayor información y mayor rapidez.

Los métodos instrumentales satisfacen estas necesidades con ayuda de sistemas computarizados que proporcionan velocidad, exactitud y simplicidad en el manejo; sin embargo, uno de los problemas que se presentan antes de llevar a cabo este tipo de análisis es elegir el método instrumental adecuado.

La elección del método y su combinación dependerá del conocimiento de los principios básicos de los distintos métodos disponibles, así como sus ventajas y limitaciones. A continuación señalaremos algunos tipos de métodos instrumentales.

2.3.2.1 Métodos espectroscópicos

Este método es considerado uno de los de mayor uso y disponibilidad con el que se cuenta para la identificación de los plásticos. La espectrofotometría o espectroscopia se apoya en sistemas de cómputo, los cuales poseen archivados la mayoría de los espectros correspondientes a plásticos, en software especializados.

La espectrofotometría se ocupa del estudio de los espectros, que son la representación de los diferentes tipos de radiaciones.

2.3.2.2 Espectroscopia infrarroja.

Es uno de los métodos instrumentales de mayor uso para el análisis de plásticos, por su amplio rango de registro para la absorción energética.

La ventaja es que puede emplearse para la identificación cualitativa y cuantitativa de los materiales, según se requiera.

2.3.2.3 Espectroscopia ultra violeta y visible.

Se considera un método cuantitativo y se recomienda después de hacer un análisis cualitativo como el infrarrojo.

Este método es usado principalmente para el control de calidad durante el análisis de los plásticos, para determinaciones cuantitativas de antioxidantes, absorbedores, estabilizadores y en general aditivos; debido a que los polímeros absorben menos energía que estas sustancias y no son detectados fácilmente. También es utilizado para la identificación de tintas y pigmentos.

2.3.2.4 Espectroscopia de resonancia magnética nuclear.

Es este un método diferente a todos los demás espectroscópicos. Y se debe a la detección de cambio de energía del núcleo atómico de determinados elementos al someterse a un fuerte campo magnético.

2.3.2.5 Espectroscopia de masas

Determina los iones desprendidos de una muestra y sus pesos moleculares, de forma que la identificación del material es gracias a ésto.

Como se requiere que la muestra sea volátil, sólo se limita a polímeros de bajo peso molecular, aditivos y productos desagradables.

2.3.3 Métodos térmicos

"Cuando se requiere un conocimiento exacto del comportamiento de los plásticos por efecto de la aplicación de calor, se realizan métodos

térmicos donde se registran los cambio que sufren los plásticos al variar la temperatura de los mismos".[1]

Los métodos térmicos más conocidos son los siguientes:

2.3.3.1 Análisis térmico diferencial (ATD)

Consiste en registrar la diferencia de temperatura entre el material de prueba y la resina de referencia, como función del tiempo o de la temperatura seleccionada.

Las aplicaciones de este tipo de análisis se enfocan a la determinación de los valores de las propiedades de las resinas. (Temperatura de transición vítrea, punto de fusión y temperaturas de fusión).

2.3.3.2 Análisis termogravimétrico (ATG)

En este método se registra el cambio de peso de un material de prueba a efecto de su enfriamiento o calentamiento, mediante rangos controlados de energía como función del tiempo o de la temperatura preestablecida.

2.3.3.3 Análisis termomecánico

De la temperatura de los plásticos depende el comportamiento de éstos, "pues a medida que el calor aumenta, la progresiva suavización de los termoplásticos y el inicio de la degradación de los polímeros definen la resistencia a ser penetrados por un objeto"[2]. Este es el principio fundamental del método termomecánico.

2.3.4 Métodos cromatográficos

Este método está basado en la cromatografía, que es la "técnica de análisis instrumental usada para determinar cualitativa y cuantitativamente los componentes de una mezcla problema, cuanto ésta se ha transformado en gas o se disolvió en un solvente".[3]

---

[1] Enciclopedia del Plástico. Edición 2000. Centro Empresarial del Plástico, S.A. de C.V. Pág. 468
[2] Enciclopedia del Plástico. Edición 2000. Centro Empresarial del Plástico, S.A. de C.V. Pág. 469
[3] Ídem. Pág. 471

2.3.4.1 Cromatografía de gases.

El empleo de la cromatografía de gases es útil cuando tenemos una mezcla de dos sustancias químicas y/o liquidas por medio de la operación unitaria destilación. Se requiere que su punto de ebullición sea casi igual para la aplicación de este método.,

Este método tiene aplicaciones en:

- Análisis de productos formados por el ataque de sustancias químicas a los polímeros.
- Análisis de la depolimerización.
- Determinación de Acrilonitrilo libre en los polímeros de metilmetacrilato.
- Determinación del monómero de estireno en sus polímeros correspondientes.
- Análisis de los componentes de las resinas de fenol formaldehído.
- Determinación de solventes.
- Determinación de alcoholes producto de reacciones de hidrólisis.
- Determinación de agua en los plásticos.

2.3.4.2 Cromatografía de líquidos

En la cromatografía líquida se considera los tipos en los que la fase móvil es un líquido en la fase estacionaria, un sólido soportado por un sólido.

2.3.5 Métodos empíricos

Al analizar el comportamiento de una muestra de plástico desconocida, observando sus propiedades físicas tales como transparencia, flexibilidad, densidad y solubilidad, es posible obtener información valiosa que nos oriente hacia su identificación. Aunado a lo anterior, con el comportamiento ante la flama y detectando su combustibilidad, la duración y el color de la flama, la alteración de la muestra, el color de los humos y el olor de los vapores desprendidos, se logran deducir conclusiones importantes que definen el tipo de plástico a identificar.

2.3.5.1 Apariencia física

Las pruebas de apariencia física son las primeras que se deben de llevar a cabo cuando se va a identificar una muestra desconocida.

La aplicación de estos ensayos son prácticamente efectuados desde el momento en que una muestra se recibe.

2.3.5.2 Las propiedades a determinar son las mecánicas y ópticas

a. Propiedades mecánicas:

Consisten en determinar el grado de resistencia que presenta la muestra de plástico al doblarse, lo cual determina a que grupo pertenece.

- Plásticos rígidos:
  Un plástico rígido es aquel que al intentar doblarlo se rompe. En este grupo se clasifican algunos termofijos, excepto el silicón (SI) y poliuretano flexible (PUR-F).

- Plásticos semi-rígidos:
  Presentan oposición a doblarse e incluso algunos pueden llegar a romperse. Este grupo está formado por plásticos con buenas propiedades mecánicas, tales como la resistencia a la tensión, dureza y tenacidad.

- Plásticos flexibles:
  A diferencia de los anteriores, no presentan resistencia al ser doblados, e incluso es posible torcerlos sin que muestren ruptura. La mayoría de los plásticos flexibles tienden a recuperar su forma original debido a su memoria plástica.

b. Propiedades ópticas.

Las propiedades ópticas determinan el grado de luz que puede dejar pasar un cuerpo a través de él. Los plásticos tienen algunos arreglos moleculares que reciben el nombre de semi-cristalinos y que pueden presentar un alto grado de desorden.

Este tipo de plásticos son traslucidos u opacos debido a que la luz no puede pasar a través de los compactos paquetes de moléculas que son cristales. Algunos ejemplos de estos plásticos son los siguientes:

Transparentes	Traslúcidos	Opacos
PMMA	CA	ABS
PVC-F	EVA	ASA
PVC – R	PA 6	TPO
SB	PA 6/6	MF
SAN	C- PET	PBT
PET	PSMI	PSAI
PC	PEBD	EPS
PS	PEAD	PUR – F
EP	UHMWPE	PUR – R
UP	POM	PF
	PP	SI
	TPU	
	UP – FV	

- Plásticos transparentes.-
  Son materiales que permiten ver los objetos a través de ellos.

- Plásticos translucidos.-
  Materiales que permiten el paso de una pequeña cantidad de luz, lo que permite que se aprecien solamente sombras cuando se observa a través de ellos.

- Plásticos opacos.-
  Se distinguen fácilmente ya que no es posible apreciar la luz a través de ellos y mucho menos algún objeto.

2.3.5.3 Densidad

La densidad de un cuerpo es la relación que existe entre un peso y el volumen que ocupa, generalmente expresada en gramos por centímetro cúbico (gr. / cm.^{3}).

Para el caso de los plásticos es conveniente distinguir entre la densidad propiamente dicha y la densidad aparente.

La densidad está basada en el volumen del material sólido, homogéneo y compacto, y la densidad aparente se basa en el volumen de un compuesto en forma de polvo, gránulos o pellets a granel. Es de gran importancia conocer el volumen que ocupa un material para el momento de su almacenamiento.

Cuando la muestra flota en agua, significa que su densidad es menor a 1 gr. /cm.^{3}
Cuando éstas flotan en solución alcohólica; es decir, preparación de 50% alcohol etílico con agua, tendrán una densidad de 0.93 gr. / cm.^{3}

Si la muestra no flota en agua, se procede a probar una solución diluida de sal, la cual se prepara agregando 2 cucharadas cafeteras de sal al vaso de agua y si flota la muestra tendrá una densidad de 1.0 a 1.1 gr. / cm.^{3}

Cuando la muestra no flota en solución diluida en sal, se procede a preparar otra solución con 200 mililitros de agua y 8 cucharadas cafeteras de sal, agitando hasta que se disuelva, esta solución es denominada solución concentrada en sal. De esta manera se alcanza una densidad aproximada de 1.3 gr. / cm.^{3}

Cuando la muestra no flota en la solución concentrada en sal, significa que su densidad es mayor a 1.3 gr. / cm.^{3}

2.3.5.4 Comportamiento de la flama

La combustión de los plásticos se inicia por calentamiento del plástico arriba de su punto de descomposición a través de una flama.

"La composición de los diferentes plásticos, su estructura, densidad y geometría del producto terminado tienen influencia en la flamabilidad del plástico, así como la propagación de la flama se debe a la cantidad de oxigeno presente y del tipo de vapores desprendidos"[1]. Cada plástico se comporta de manera particular cuando se somete a la flama, lo cual nos proporciona información importante acerca del tipo de plástico que se examina.

[1] Enciclopedia del Plástico. Edición 2000. Centro Empresarial del Plástico, S.A. de C.V. Pág. 482.

2.3.5.5 Combustibilidad

Esta prueba sirve para clasificar a los plásticos de acuerdo con la facilidad o dificultad que presenten para incendiarse cuando se someten a una flama.

Esta prueba divide en 2 a los plásticos:

- Plásticos fáciles de incendiar:
  Son los plásticos que al someterse a la flama tardan menos de 7 segundos en que ésta se genere, aunque hay algunos que arden casi al contacto con la flama.

- Plásticos difíciles de incendiar:
  Son los que presentan dificultad de ser quemados; sin embargo, después de 8 segundos se genera la flama.

2.3.6 Selección de plásticos

La importancia en la selección de plásticos y el diseño de la pieza a ser fabricada, son las más importantes de la producción.

Cuando se presentan problemas de moldes que ocasionan piezas defectuosas en la producción, a veces el problema fue el diseño de la pieza o la selección de material plástico a producir.

Es de suma importancia desarrollar un método de comparación que permita obtener resultados cuantitativos comparables.

Para determinar las características de un producto nuevo, así como analizar las propiedades de los mismos, nos debemos hacer las siguientes preguntas, entre otras:

¿Deberá ser rígido, suave o flexible?
¿Será sometido a usos rudos? ¿Con qué frecuencia?
¿Cuáles son las temperaturas a soportar? ¿Con qué frecuencia?
¿Requerirá resistencia dieléctrica?
¿Deberá eliminar cargas estáticas?
¿Será expuesto a la flama?

¿Deberá ser transparente?
¿Deberá tener acabados superficiales determinados?
¿Deberá tener tolerancias dimensionales?
¿Qué condiciones de ensamble requiere?
¿Llevará impresiones?
¿De qué tamaño deberá ser?
¿De qué color será? ¿La pigmentación deberá ser atóxica?
¿Qué proceso de fabricación se empleara?
¿Qué número de piezas se fabricaran?
¿Qué índice de fluidez requiere?
¿Será necesario secar el material?

Estas preguntas deben ser respondidas, a fin de tener por anticipado el desempeño esperado de la pieza a producir. Este análisis parte de los siguientes aspectos:

2.3.6.1 Función

Para determinar la función de cada pieza a diseñar, se debe tomar en cuenta el propio diseño y el material con que será producido, para que éstos sean los correctos en la aplicación que se pretenda.

2.3.6.2 Especificaciones

Estos requisitos se deben cumplir para proporcionar la calidad requerida por producto, y respetar las normas establecidas por los diseñadores o las autoridades nacionales e internacionales, con el objeto de mantener la competitividad de las empresas y productos.

Existen distintas normas de calidad y especificaciones en el mercado internacional como ASTM, DIN, ISO, así como las establecidas por diferentes sectores, para poder cumplir como proveedor.

2.3.6.3 Ergonomía

"Es la adaptación de los productos a las características del cuerpo humano buscando siempre encontrar el mínimo esfuerzo requerido para realizar una actividad o la utilización de un producto".[1]

[1] Enciclopedia del Plástico. Edición 2000. Centro Empresarial del Plástico, S.A. de C.V. Pág. 489.

2.3.6.4 Propiedades

Estos requisitos se deben analizar exhaustivamente para establecer parámetros cualitativos para traducirlos en medidas cuantitativas.

- Transmitancia:
  Existen artículos que por su funcionamiento es necesario que sean transparentes, lo cual está avalado con la transmisión de luz que presente el material. Entre mayor sea el valor de esta propiedad, más transparente será el producto.

- Flamabilidad:
  Rapidez con que se puede inflamar un material o artículo. "La norma ASTM de flamabilidad proporciona esta dato como velocidad de ignición".[1]

- Resistencia al medio ambiente total:
  Después de tomar en cuenta la funcionalidad, se deberá tomar en cuenta las afectaciones que pueda presentar por medio del almacenaje, transportación y agentes externos fuera de su función específica.

- Cualidades especiales:
  Éstos dependerán de la presentación determinada por el diseñador o fabricante. Está referido a diseños en los acabados, colores, marca registrada y empaque.

2.3.7 Método de selección de plásticos

2.3.7.1 Establecimiento de parámetros

a. El primer paso para determinar el método de selección de plásticos es evaluar las cualidades de cada producto de manera individual, las cuales serán clasificadas en:

Cualidades indispensables:

[1] Ídem. Pág. 490

Son las propiedades del material para su funcionalidad, y son aquellas por lo que se ha escogido el material.
Todas estas cualidades deben ser relacionadas a una propiedad del material que podamos encontrar en una hoja de especificación.

Cualidades necesarias:
Con las condiciones que debe cumplir la pieza, sin ser de vital importancia. "Son cualidades necesarias la facilidad de maquinado, la economía que se mide en función de la densidad y el precio de la materia prima".[1]

Cualidades opcionales:
Son aquéllas que incluyen todas las propiedades que proporcionan un valor agregado al producto.

b. Es muy importante que, al momento de definir las cualidades, se jerarquicen los parámetros según el producto

La importancia de las cualidades varía según el artículo. El valor ideal deberá ser una ponderación sobre la importancia que cada característica tiene en el desempeño de cada artículo.

La ponderación de cada caso se debe realizar en una escala numérica. Esta escala determinará la importancia que debe tener cada característica en la decisión final. Por ejemplo, si es preferible la dureza superficial a la transparencia, entonces la primera tendrá un valor ideal mayor que el segundo.

c. Determinar alternativas

Las características que serán evaluadas proporcionan una guía para la propuesta de los plásticos candidatos, recordando que los candidatos deben ser los que mejor cumplan con los requisitos.

Siempre será necesario revisar los valores en las tablas de especificación de los fabricantes de materiales.

[1] Enciclopedia del Plástico. Edición 2000. Centro Empresarial del Plástico, S.A. de C.V. Pág. 492

La parte más difícil de esta operación es la elección de los parámetros a considerar, con parámetros incorrectos se realizara un resultado incorrecto.

d. Selección del plástico

Como podremos apreciar después de considerar los parámetros correctos y darles un valor, escoger los plásticos que cumplan con estos parámetros será relativamente fácil para hacer una elección.

Recordemos que en la selección de plásticos haremos un filtro por cualidades. En base a su calificación determinaremos el plástico correcto que se debe utilizar en un cierto tipo de aplicación.

CAPITULO III
METODOS DE TRANSFORMACIÓN DE LOS PLÁSTICOS

3.1 Generalidades

Los plásticos son materiales fuertes, tenaces y durables que resuelven muchos de los problemas relacionados con el diseño de máquinas y equipos.

Aún cuando los metales son duros y rígidos, lo cual hace que puedan ser maquinados dentro de tolerancias muy estrechas, en levas, cojinetes, casquillos y engranajes, y que trabajan suavemente bajo la aplicación de cargas pesadas por largos periodos de tiempo; algunos plásticos alcanzan a tener valores muy próximos, a pesar de no tener la dureza y la resistencia al flujo como el acero.

Los metales se corroen y se oxidan, se deben lubricar, sus superficies de trabajo se desgastan fácilmente, no pueden utilizarse como aisladores térmicos o eléctricos, son opacos, ruidosos y cuando se someten a flexión se fatigan rápidamente, deficiencias que no tienen los plásticos.

Por otro lado, los plásticos pueden solucionar estas deficiencias, tales como los plásticos utilizados en ingeniería, que son resistentes a la mayoría de las sustancias químicas; el teflón en una de las sustancias químicamente más inertes conocidas. Ninguno de los plásticos empleados en ingeniería se corroe o es ruidoso; el delrin y el teflón no se afectan cuando se sumergen continuamente en agua. Los plásticos de ingeniería pueden trabajar a bajas velocidades y cargas sin lubricación; el delrin A/ F y el teflón están entre los sólidos más resbalosos del mundo (tienen una resbalisidad equivalente al hielo). Los plásticos de ingeniería son elásticos, por lo cual trabajan más silenciosa y suavemente que los metales equivalentes, y son capaces de resistir sobrecargas periódicas sin efectos perjudiciales.

Los plásticos forman parte de una familia de materiales donde cada miembro tiene ventajas especiales. Siendo hechos por el hombre, las materias primas de los plásticos se pueden combinar de forma variada para proporcionar casi cualquier propiedad deseada en el producto

final. Sus variaciones pueden controlarse, a diferencia de las de los productos naturales. Algunos termoplásticos pueden esterilizarse.

El amplio desarrollo y el uso creciente de los plásticos en casi todas las fases de la vida moderna pueden atribuirse en gran parte a sus combinaciones de ventajas únicas. Estas ventajas son el peso liviano, la gama de colores, buenas propiedades físicas, adaptabilidad a los métodos de producción en serie y, a menudo, el bajo costo.

Además de la cantidad de usos atribuibles a las cualidades especiales de los diferentes plásticos, también se pueden encontrar una gran variedad de ellos debido a las muchas formas en las cuales se producen.

Las razones básicas o ventajas para emplear plásticos en lugar de metales son las siguientes:

- Por economía, la cual es importante en los costos de elaboración, ya que los plásticos son más fáciles y rápidos de maquinar, formar y cortar.
- Las piezas plásticas pueden funcionar donde se permite poca o ninguna lubricación.
- Los plásticos trabajan mejor que la mayoría de los metales en ambientes corrosivos.
- Debido a su elasticidad, los plásticos amortiguan los choques, las vibraciones y los ruidos.
- Las tolerancias de producción son menos críticas.
- Con frecuencia las piezas plásticas duran más que las piezas metálicas equivalentes, cuando funcionan a cargas y velocidades razonables.

Además de las ventajas que puedan ofrecer los plásticos, también debemos mencionar las limitaciones de los mismos en comparación con los metales, los cuales pueden ser:

- El alto coeficiente de dilatación térmica de los plásticos hace que ellos sean, dimensionalmente, más sensibles a los cambios de temperatura que los metales.

- La máxima capacidad de carga de las piezas plásticas es significativamente mas baja.
- Los metales pueden producirse con una precisión más alta que los plásticos; sin embargo, las tolerancias estrechas no son del todo necesarias en los plásticos.

Actualmente hay una gran cantidad de compañías que se dedican a la producción de los plásticos en la industria. Este trabajo se divide en tres grandes categorías:

1. Las empresas que se dedican a la fabricación de materiales plásticos, a partir de productos químicos básicos, principalmente. Este compuesto plástico se despacha en forma de gránulos, polvo, bolas, escamas y resinas o soluciones sólidas para transformarlo en productos acabados. Algunas compañías de materiales plásticos van aun más lejos y forman la resina en láminas, varillas, tubos y película.

2. Las empresas que se dedican al proceso, que convierte el plástico en formas sólidas.

3. Las empresas que se dedican a la fabricación de productos y al acabado que adapta y decora al mismo. Las formas principales con las cuales trabajan estas empresas son las láminas, varillas, tubos y perfiles especiales de plástico. El formado por vacío es un método importante de fabricar productos a partir de materiales en láminas, cuyos fabricantes forman objetos tales como doseles de aviones y lentes de televisión, entre otros. Otras compañías producen artículos, tales como cortinas de baño, impermeables, artículos inflables, tapicería, equipaje y accesorios para tocador; a partir de película y láminas plásticas.

Sin embargo, en este capítulo desarrollaremos lo relativo al proceso del plástico, es decir cómo se convierte el plástico en formas sólidas.

3.2 Clasificación de los métodos de transformación del plástico

3.2.1 Moldeo por compresión

Es el método más común para el formado de materiales termoestables que consiste en la compresión de un material en una forma deseada por la aplicación de calor y presión al material dentro de un molde. Generalmente no se utiliza para termoplásticos.

El polvo de plástico para el moldeo mezclado con materiales o elementos de relleno, tales como polvo de madera, celulosa o asbesto para reforzar o dar otras cualidades adicionales al producto acabado, se coloca directamente dentro de la cavidad del molde abierto.

Se utiliza un molde cerrado y presionado sobre el plástico, produciendo el flujo de éste a través del molde. Mientras el molde caliente esta cerrado, el material termoestable sufre un cambio químico que lo endurece permanentemente dentro de la forma del molde.

Los factores del moldeo por compresión son la presión, la temperatura y el tiempo en que está cerrado el molde, los cuales varían con el diseño del artículo acabado y con el material que está siendo moldeado.

3.2.2 Moldeo por transferencia

Este método se asemeja al moldeo por compresión en que el plástico se cura en un estado infusible dentro de un molde sometido a la aplicación de calor y presión. Su diferencia con el moldeo por compresión está en que el plástico es calentado hasta su punto de plasticidad antes de que penetre en el molde y es forzado dentro del molde cerrado por medio de un embolo operado hidráulicamente. Este método se usa generalmente para plásticos termoestables.

El moldeo por transferencia fue desarrollado para facilitar el moldeo de productos complicados con pequeños agujeros profundos o numerosos insertos metálicos ya que el material plástico licuado fluye alrededor de estas partes metálicas, sin cambiarles de posición. La mezcla seca utilizada en el moldeo por compresión a veces varía la posición de los insertos y pasadores metálicos que forman los agujeros.

3.2.3 Moldeo por empastado

En este proceso, un molde poroso aproximadamente de la forma del artículo acabado, se sumerge dentro de un tanque que contiene una mezcla de pasta, resinas plásticas y agua.

El agua se extrae a través del molde poroso por un vacío. Esto hace que la mezcla de pasta y resina sea atraída hacia él y se adhiera. Cuando un espesor suficiente de pasta se ha adherido al molde, éste se retira y se hace el moldeo de forma final.

Los plásticos termoestables puede trabajarse por el moldeo por empastado.

3.2.4 Moldeo por inyección.

La inyección es el principal metido de formado de materiales termoplásticos. A veces se utilizan modificaciones del moldeo por inyección para los plásticos termoestables.

En el moldeo por inyección, el material plástico se coloca dentro de una tolva que alimenta una cámara de calefacción. Un émbolo empuja el plástico dentro de esta cámara de calefacción, donde el material se ablanda hasta un estado fluido. Al final de esta cámara hay una tobera que descarga firmemente contra una abertura hecha en un molde, cerrado y frío. El plástico fluido es forzado a alta presión a través de esta tobera dentro del molde. Tan pronto como el plástico se enfría hasta llegar a estado sólido, el molde se abre y la pieza de plástico acabada se extrae de la prensa.

El problema del moldeo por inyección de materiales termoestables es que, sometidos a calor, estos plásticos primero se ablandan y luego se endurecen hasta un estado infusible. Por tanto, es indispensable que al material termoestable no ablandado en la cámara de calefacción se le permita permanecer el tiempo suficiente para curarse en el molde.

El moldeo por chorro, el moldeo escalonado y el moldeo que utiliza una máquina de tipo tornillo resuelven este problema, ya que la licuación del plástico termoestable se produce en el momento en que va a través de la tobera de inyección, y no antes.

3.2.5 Moldeo por soplado.

Consiste en un estiramiento del plástico seguido por un endurecimiento del mismo contra un molde. El moldeo por soplado es un método de formado utilizado con materiales termoplásticos.

Existen dos métodos para efectuar este tipo de moldeo con termoplásticos: el método directo y el método indirecto, cada uno con múltiples variaciones.

a) Método directo.- A un pedazo de material termoplástico fundido se le da una forma aproximada a la del producto acabado deseado. Luego se introduce esta forma en una matriz y se sopla aire dentro del plástico, como dentro de un balón, para forzarlo contra los lados de la matriz. A continuación se enfría el material formado, antes de retirarlo de la matriz.

b) Método indirecto.- Una lámina o una forma especial termoplástica se calienta primero y luego se prensa entre una matriz y una tapa. A continuación se fuerza aire a presión entre el plástico y la tapa, obligando al material a hacer contacto con la matriz, la cual tiene el contorno que se desea en el producto final. El plástico se enfría antes de retirarlo del contacto con la matriz.

3.2.6 Moldeo por solvente.

Se basa en el hecho de que cuando un molde se sumerge en una solución y luego se retira, o cuando se llena con un plástico liquido y luego se vacía, se adhiere una película plástica a los lados del molde.

En este proceso de formado se emplean materiales termoplásticos.

Algunos artículos formados así, tales como cápsulas o pomos de baño, se retiran de los moldes. En otros moldeos por solvente, el material se queda permanentemente sobre el molde, por ejemplo, el recubrimiento plástico de un tubo metálico.

3.2.7 Extrusión

El moldeo por extrusión es el moldeo empleado en el formado de materiales termoplástico en láminas, película, tubos, varillas, perfiles, filamentos, forros para alambre, cable y cuerda continuos. La película de material plástico tiene espesores hasta de 10 milésimas de pulgada y las láminas tienen espesores superiores a las 10 milésimas de pulgada.

En la extrusión, el material plástico seco se carga primero en una tolva, luego se alimenta una larga cámara de calefacción, a través de la cual se mueve el material por la acción de un tornillo sin fin. Al final de la cámara de calefacción el plástico fundido es forzado a salir a través de un pequeño agujero o dado, que tiene la forma deseada para el producto final. A medida que el plástico extrudido pasa por el dado, alimenta la correa transportadora, en la cual se enfría, generalmente con ventiladores o por inmersión de agua.

En el caso de los recubrimientos de alambre y cable, el termoplástico se extrude alrededor de una longitud continua de alambre o cable, la cual, como el plástico pasa a través del dado de extrusión. Después de enfriarlo, el alambre recubierto se enrolla en tambores.

En la producción de películas y láminas anchas, el plástico se extrude en forma de tubo. Este tubo puede ser abierto longitudinalmente cuando sale del dado y luego estirado y adelgazado hasta las dimensiones deseadas en la película final.

En otro proceso diferente, la tubería extrudida se infla cuando sale del lado y el grado de inflación regula el espesor de la película final.

3.2.8 Fundición

Consiste en que el material plástico se calienta hasta convertirlo en una masa fluida, luego se vacía dentro de moldes cerrados o abiertos, se cura a temperaturas que varían según el plástico empleado y al final se retira de los moldes.

La fundición se puede emplear en materiales termoplásticos y termoestables para la producción de perfiles especiales, láminas rígidas, películas y laminado, varillas y tubos.

La diferencia fundamental entre la fundición y el moldeo es que la fundición no se utiliza presión como en el moldeo.

La fundición de película (y de algunas láminas) se hace sobre una rueda o correa, o por precipitación en un baño químico.

En el caso de fundición sobre rueda o correa, el plástico se extiende con el espesor deseado sobre la rueda o la correa en el momento en que ésta gira o se mueve y mientras es aumenta la temperatura. Luego se seca y se retira la película.

3.2.9 Calandrado

El calandrado se puede utilizar para procesar termoplásticos en películas y láminas y para aplicar un recubrimiento plástico a textiles u otros materiales de base. Las películas se refieren a espesores hasta de 10 milésimas de pulgada, mientras que las láminas tienen espesores superiores a las 10 milésimas de pulgada.

En el calandrado de películas y láminas el compuesto plástico se pasa a través de una serie de tres o cuatro rodillos giratorios, grandes y calientes, los cuales estrechan el material en forma de película o lámina. El espesor final del material se controla por el espacio entre los rodillos. La superficie de la película o lámina plástica puede ser lisa o mate, de acuerdo con la superficie de los rodillos.

En la aplicación de un recubrimiento plástico a un tejido y otro material, por el proceso de calandrado, el compuesto de recubrimiento se pasa por entre dos rodillos horizontales superiores sobre una calandria, mientras el material por recubrir se pasa por entre dos rodillos inferiores, emergiendo una película lisa que se adhiere al tejido cuando éste y la película pasan entre los mismos rodillos.

3.2.10 Recubrimiento

Tanto los materiales termoplásticos como los termoestables pueden ser empleados como recubrimiento. El material por recubrir puede ser metal, madera, papel, tejido, cuero, vidrio, concreto, cerámica u otro plástico.

Existen varios tipos de recubrimiento como son:

a) Recubrimiento por extensión o cuchilla.
b) Recubrimiento por rociado
c) Recubrimiento por rodillos
d) Recubrimiento por inmersión
e) Recubrimiento por pintado.

El calandrado de una película sobre un material de base, descrito en la parte correspondiente al calandrado, es también una forma de recubrimiento. El proceso de lecho fluido es un nuevo método para la aplicación de plásticos sobre metales.

Recubrimiento por extensión
El material que será recubierto pasa sobre un rodillo, bajo una larga cuchilla. El compuesto de recubrimiento plástico se coloca sobre el material exactamente frente a la cuchilla y se extiende sobre el material. El espesor de recubrimiento se regula por la velocidad a la cual el material pasa bajo la cuchilla y por la posición de ésta.

Recubrimiento por rodillos
Se emplean dos rodillos horizontales. Un rodillo recoge la solución de recubrimiento plástico sobre su superficie y la deposita sobre el segundo rodillo, el cual, a su vez, la deposita sobre el material de base.

Recubrimiento por rociado, por pintado y/o por inmersión
El recubrimiento plástico se puede aplicar también rociándolo con una pistola pulverizadora o extendiéndolo con una brocha sobre el material que se va a recubrir, como en un trabajo con malla de seda. Los artículos para recubrir también se pueden sumergir en una solución de plástico, hasta que se obtenga el espesor de recubrimiento deseado y luego se secan.

3.2.11 Laminación a alta presión

Los plásticos termoestables son los más comúnmente utilizados en la laminación a alta presión, la cual se distingue por el empleo de gran calor y alta presión. Estos plásticos se utilizan para mantener unidos los materiales de refuerzo que componen el cuerpo del producto acabado. Los materiales de refuerzo pueden ser tela, papel, madera o fibras de vidrio.

Los productos finales del laminado a alta presión son, entre otros, las láminas planas lisas, láminas decorativas como para enchapados de techo, o varillas, tubos o formas moldeadas.
Cualquiera que sea la forma final, el primer paso en la laminación a alta presión es la impregnación con plásticos de los materiales de refuerzo.

En la producción de superficies planas, las láminas impregnadas se apilan entre dos chapas de acero altamente pulidas y se someten a calor y alta presión en una prensa hidráulica, la cual cura el plástico y prensa las pilas del material en una sola pieza del espesor deseado.

En la fabricación de tubería a alta presión se enrollan laminas reforzadas con resina tratada, bajo tensión y / o presión, alrededor de una varilla caliente. Luego se cura todo el conjunto en un horno. En la producción de formas moldeadas el material de refuerzo se corta en pedazos que conforman el contorno del producto, se acomodan en el molde y curado se hace bajo la acción de calor y presión.

3.2.12 Reforzamiento

Los plásticos reforzados difieren de los laminados a alta presión en que se emplea poca o ninguna presión en el proceso. Los dos métodos se asemejan en que el plástico se utiliza para aglutinar los materiales de refuerzo, tales como telas, papel o fibra de vidrio, empleados para formar el cuerpo del producto. Los materiales de refuerzo pueden ser en forma de láminas o de tejido y su selección depende de la calidad deseada en el producto final.

Aún cuando los plásticos reforzados utilizados más comúnmente son los termoestables, también se utilizan algunos termoplásticos.

Los plásticos reforzados ofrecen una resistencia alta con un peso bajo. Se prestan para una elaboración fácil y económica que requiere poca presión y calor para el curado.

El uso de algunos tipos de moldes y otros equipos representan una fracción del costo de inversión necesario para matrices y maquinaria para la elaboración de metales. Por tanto, los plásticos reforzados hacen posible la elaboración de productos plásticos mucho más grandes.

Existe una variedad de técnicas diferentes para la producción de plásticos reforzados. En la elaboración de formas moldeadas, el material de refuerzo impregnado se corta de acuerdo a la forma del producto acabado, en un solo pedazo o en cierto número de pedazos. El patrón o los patrones se colocan sobre un molde macho en suficiente volumen para dar el espesor y la forma final. El moldeo se termina en caliente con un solo molde. El material de refuerzo impregnado se puede apretar contra el molde macho y se coloca todo dentro de una bolsa de caucho, a la cual se le extrae todo el aire, de tal manera que la bolsa presiona el material de refuerzo impregnado y el curado se hace en un horno. Si se utiliza una matriz, sobre el fondo de ésta se coloca un diafragma, de tal manera que cuando el aire se extrae de la matriz, el diafragma desciende dentro de ella, presionando el material impregnado de resina.

En la producción de laminados continuos, el alma del material de refuerzo para a través de un baño de resina plástica, entre rodillo o bajo barras limpiadoras que retiran el exceso de resina y luego entre laminas de celofán o papel recubierto. Así protegido, superior e inferiormente, el material pasa a través de un horno de curado. Después del curado, el celofán o el papel se retira.

3.3 Fabricación

La fabricación abarca operaciones sobre láminas, varillas, tubos, hojas película y perfiles especiales para realizar con ellos productos acabados. Los materiales pueden ser termoplásticos o termoestables.

La fabricación se divide en tres categorías:

a) Maquinado.- Se utiliza en láminas, varillas, tubos y perfiles especiales rígidos. Las diferentes operaciones incluyen rectificación, torneado, aserrado, escariado, fresado, perfilado, taladrado, aterrajado.

b) Corte, costura y sellado de películas y láminas.- A esta categoría de fabricación pertenecen todas las operaciones encaminadas a transformar películas y láminas plásticas en artículos acabados, como juguetes de inflar, bolsas para ropa, delantales, impermeables, equipajes.

   Para todos estos artículos, primero se debe cortar toda la película o lámina en patrones. Este corte puede hacerse en una prensa con una cuchilla mecánica operada manualmente por otros métodos.

   Para la unión de las diferentes partes de la película, se puede hacer por costura o por sellado en caliente, ya que rara vez se utilizan pegantes en la fabricación con películas.

c) Formado.- En el trabajo con láminas termoplásticas flexibles, el primer paso es generalmente el corte o punzonado de secciones con dimensiones aproximadas a las del artículo final que se desee. Este corte puede rebordearse para aumentar su resistencia y mejorar el doblado y plegado de la forma final o se puede utilizar un embutido profundo, empleando moldes macho y matriz para formar la pieza plástica.

   Las láminas rígidas pueden también moldearse para obtener la forma final. Existen varios métodos: en el formado o moldeo por vacío, la lámina caliente se sujeta en la parte superior de la matriz y se estira hacia abajo dentro del molde por efecto del vacío o se fuerza por la presión del aire. En el formado por reacción, la lámina caliente es aspirada dentro de un crisol de vacío y entonces un macho penetra dentro de la burbuja formada por la lámina. Cuando se interrumpe el vacío, la lámina caliente se presiona contra el macho.

Además, las láminas rígidas pueden transformarse en productos acabados soldándolas, como en el caso de productos estructurales termoplásticos. Entre los artículos así obtenidos están las cubiertas de motores, sistemas de ventilación, trabajos de conductos, revestimientos de tanques, tanques de almacenamiento, etc.

El soplete soldador es quizás la pieza más importante del equipo empleado en la fabricación del plástico. Hay dos tipos básicos de sopletes disponibles que efectúan este proceso satisfactoriamente. El primero y más popular es el soplete que calienta eléctricamente los gases de soldadura. El segundo tipo emplea una llama abierta de acetileno o propano, la cual trasfiere su calor a un serpentín, a través del cual pasa el gas de soldadura.

Deben utilizarse procedimientos corrientes establecidos por la industria para evaluar el desempeño de las soldaduras estructurales termoplásticas.

3.4 Acabado

El acabado de los plásticos incluye los diferentes métodos de adicionar efectos superficiales decorativos o funcionales a un producto plástico.

A las películas, láminas y materiales recubiertos se les puede cambiar la textura superficial, durante o después del proceso, prensándolas contra un rodillo o molde caliente, sobre el cual se ha estampado el relieve deseado. También se pueden imprimir modelos a color sobre la superficie de la película, láminas y materiales recubiertos por impresión, fotograbado o malla de seda.

Tratándose de plásticos rígidos, se tiene una gran variedad de métodos para agregar efectos decorativos a su superficie. Uno de estos métodos es el plateado metálico, el cual se lleva a cabo por medio del rociado, deposición por vacío o por medio del espolvoreado y pintado.

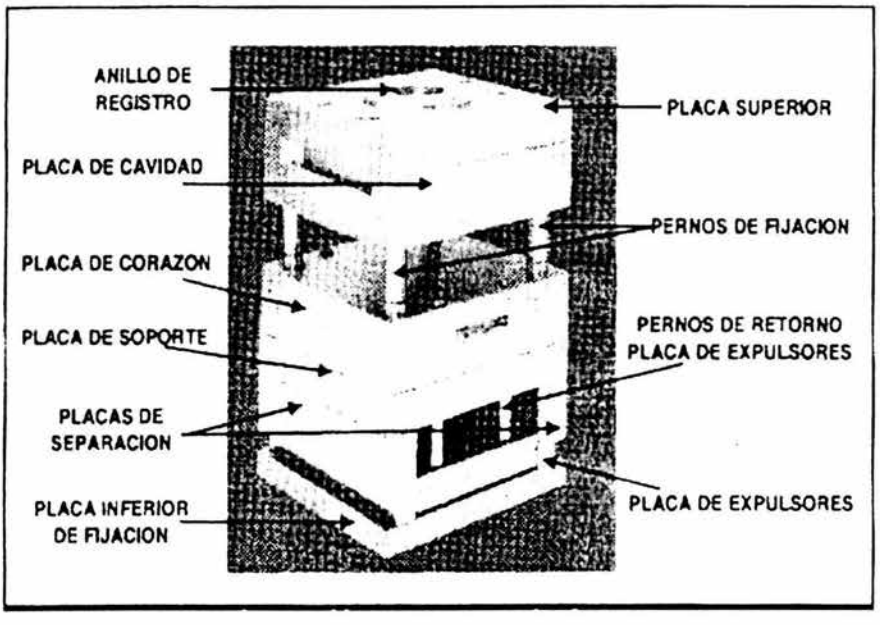
Otros medio de decoración es el estampado de productos acabados, imprimiendo a través de una malla de seda o por repetición, grabado, grabado al agua fuerte o por soplo de aire.[12]

3.5 Moldes de inyección

La calidad en el proceso de inyección es fundamental y esto solamente se puede lograr con la ayuda de un buen molde. El molde deberá tener un diseño adecuado, por lo que es muy importante la selección del material y los procesos de manufactura para los moldes utilizados.

"La eficiencia obtenida en la producción de piezas inyectadas de plástico, cada vez más complejas y sofisticadas, depende básicamente del molde de inyección." [3]

Partes de un molde para Inyección de Plástico:



[1] The Society or The Plastics Industry, Inc.
[2] Crystaplex Plastics.
[3] Enciclopedia del plástico. Edición 2000. Tomo III. Centro Empresarial del Plástico, S.A. de C.V., pag. 271.

3.5.1 Principio de funcionamiento

Un molde de inyección es el arreglo de varios elementos ensamblados, fijos y móviles, que producen un espacio con la forma deseada a producir, entre la cavidad o parte negativa y el corazón denominado sección positiva o núcleo. El objetivo herramental es producir un número elevado de piezas plásticas.

"Las funciones básicas de un molde son la distribución y acomodo de masa plástica fundida, formación del producto, enfriamiento, solidificación del material y expulsión de la pieza".[1]

El ciclo de moldeo inicia a partir del momento en el que se cierra el molde para realizar la inyección hasta realizar la siguiente inyección. Este ciclo determina la productividad de los moldes.

Los elementos del molde de inyección son las cavidades y el núcleo o corazón.

Los principales elementos de un portamolde son las placas de soporte, pernos, guía, bebedero, canales de distribución, puntos de inyección, sistema de enfriamiento, orificios de venteo y sistema de expulsión.

3.5.2 Diseño y fabricación del molde de inyección

Al manufacturar un molde debemos de considerar los aspectos positivos y negativos, así como la productividad estimada.

Los aspectos que afectan el costo del molde son la claridad en la presentación del producto, el número de cavidades, las tolerancias dimensionales estrechas, las esquinas exteriores cuadradas, las esquinas interiores redondas, el acabado superficial texturizado, la localización de los puntos de inyección, los movimientos adicionales para desmoldeo de productos, el sistema de inyección, la expulsión escalonada, los componentes intercambiables, la facilidad de mantenimiento, el uso de resinas corrosivas o abrasivas, los grabados, las leyendas y los negativos internos.

[1] Ibid, pag. 272

Los factores que se deben considerar para el diseño del molde son: el diseño de la pieza, la productividad deseada, la selección del material plástico, la contracción del producto, la posición del punto de inyección, la capacidad de la máquina, el flujo dentro del molde, las zonas de venteo, el sistema de expulsión, los grabados, los logotipos, las leyendas, el montaje, el desmontaje, la facilidad de mantenimiento y el tipo de colada.

3.5.2.1 Diseño de la pieza

Al diseñar una pieza consideraremos la factibilidad de fabricación del producto por el método de inyección, tomando en cuenta los procesos de transformación que puedan representar una alternativa de rentabilidad, considerando la cantidad de piezas a producir para justificar la inversión de fabricar el molde y el uso del proceso.

El molde dependerá totalmente del tamaño de la pieza, las formas internas y externas de la misma, el número de cavidades en el molde, la dimensión y capacidad de la máquina, el tipo de colada y la posición del punto de inyección.

"El área proyectada, altura y peso del artículo a moldear determinan fuerza de cierre y gramaje durante la inyección, así como limitan el número de cavidades".[1]

3.5.2.2 Producción esperada

Es recomendable conocer la producción necesaria esperada de un molde antes de ordenar el diseño y elaboración del mismo, con la finalidad de determinar el número de cavidades, así como el material para su elaboración.

Estos moldes pueden clasificarse en:

a) Molde experimental.- Por contar con una sola cavidad generalmente y con una vida de 100 piezas.
b) Molde para especimenes de pruebas.- Resulta ser un molde de alta calidad y con una vida de 10,000 ciclos.
c) Molde de media producción.- Con una vida de 500,000 ciclos.

[1] Enciclopedia del Plástico, Edición 2000. Tomo III. Centro Empresarial del Plástico, S.A. de C.V. Pag. 273

d) Molde de alta producción.- Requiere de una determinación cuidadosa del número de cavidades a contener y deberá contar con un diseño detallado y una selección precisa de materiales para su construcción. Sirve para la obtención del mayor número de piezas al menor costo.

3.5.2.3 Selección del material plástico

Existen plásticos que son agresivos químicamente, requiriendo tratamiento especial en ciertos componentes del molde. Otros plásticos se encuentran reforzados con cargas que tienen un efecto abrasivo en el herramental y equipo de plastificación.

3.5.2.4 Contracción del producto

Es necesario tomar en cuenta este factor cuando realizamos el diseño del molde, porque éste influye en una reducción o encogimiento de las piezas producidas por inyección. El plástico fundido puede definir zonas con contracciones diferentes, produciendo un producto con deformaciones.

3.5.2.5 Capacidad de la máquina de inyección

En cualquier diseño a realizar, debemos tomar en cuenta el sistema de inyección como la capacidad de plastificación y disparo, siendo éstos de suma importancia. "Es recomendable contar con material equivalente a dos disparos dentro del barril, para garantizar disponibilidad de plástico en ciclos subsecuentes."[1]

No deberá limitarse la fuerza del cierre, ya que este sistema es el que permite que el molde se mantenga así mientras se inyecta el material fundido. Esta fuerza es determinada conforme al área de las piezas y los canales que distribuyen o colada, así como por la dimensión de la altura de la pieza y la presión ejercida en el interior del molde.

"Los proveedores de materias primas recomiendan, para cada caso, un valor de fuerza de cierre por cada unidad cuadrada del área

[1] Enciclopedia del plástico. Edición 2000. Tomo III. Centro Empresarial del Plástico, S.A. de C.V. pág. 274

proyectada. Es recomendable contar además, con un 20% de capacidad disponible como medida de seguridad." [1]

3.5.3 Procesos de fabricación

Cabe destacar se siempre se consideran dos procesos en la fabricación de los moldes, los cuales son los siguientes:

a) El Proceso de Manufactura.- Es el trabajo realizado del material seleccionado con diferentes máquinas para lograr las formas y dimensiones de la pieza a producir. Estos procesos pueden lograrse de forma manual, semiautomática y automática, dependiendo de lo que tengamos a nuestro alcance. En la actualidad se cuenta con herramienta de control numérico (CNC).

   Estos procesos se clasifican en:
   1.- Con arranque de viruta.- Es fresado, torneado, taladrado, rectificado, cepillado, electro erosionado, lijado y pulido.
   2.- Sin arranque de viruta.- En donde se encuentra el estampado o troquelado en frío, vaciado, depositación galvánica y esperado de metal.

   Estos procesos determinan los costos de producción del molde de inyección, y éstos se determinarán en cuanto a precisión, acabados y durabilidad requeridos.

b) Los tratamientos térmicos.- Son realizados para modificar la dureza de los materiales ya seleccionados, y eliminar tensiones internas.

   Los tratamientos térmicos básicamente modifican la estructura microscópica y propiedades físicas de los metales. Estos procesos consisten en aumentar la temperatura de los metales durante un tiempo determinado, y enfriarlos en condiciones determinadas. Para determinar el tratamiento a requerir, se necesitará de la composición del material, forma y tamaño de las piezas y las características deseadas.

[1] Ibid. Pág. 274

Las necesidades básicas para estos tratamientos son las de ablandar y endurecer, así como la eliminación de las tensiones internas en el material seleccionado para la fabricación del molde.

3.5.4 Sistema de enfriamiento

La velocidad del intercambio de calor entre el plástico inyectado y medio refrigerante a través del molde, es factor decisivo para evaluar el desempeño económico de la herramienta de inyección.

El enfriamiento para remover el calor de la pieza inyectada a fin de evitar el desmoldeo, es parte de un ciclo que dura hasta de un 80% del tiempo productivo del mismo. El enfriamiento depende de la temperatura del material fundido, de su calor específico, de la temperatura óptima de desmoldeo y del espesor de la pieza.

El proceso de refrigeración que se da en cada ciclo, es muy importante y va estrechamente ligado a la calidad del producto. A su vez, dependerá de la geometría de la pieza, número de cavidades, posición de elementos de expulsión y resina empleada.

3.5.5 Clasificación de los moldes

La clasificación de los moldes se da en base a la configuración y mecanismo de su funcionamiento. Por lo tanto, se dividen en:

a) Número de placas

Depende del número de placas ubicadas en el lado fijo del molde. En México, la mayor parte de los moldes son de dos y tres placas.

Los moldes de dos placas son fabricados para piezas simples, de hasta una complejidad media. En cambio, los moldes de tres placas son empleados para los sistemas de multicavidades, donde las piezas deben ser llenadas por el centro, a través de puntos de inyección tipo aguja para asegurar marcas poco visibles en el producto.

b) Especiales

Son diseños a fabricar. Este tipo de moldes se fabrican cuando las piezas presentan alguna situación compleja a resolver, o cuando existe alguna necesidad de incrementar notablemente la producción o reducir el material a procesar.

c) Tipo de colada

El tipo de colada permite distinguir rápidamente si la pieza producida incluye o no la colada en el molde inyectado. Puede ser:

- Colada fría.- Sistema utilizado en moldes convencionales para inyección, que genera una porción de desperdicio, resultando mayor en sistemas multicavidades.

- Colada caliente.- En años recientes se desarrollaron sistemas de colada caliente, cuyo funcionamiento es mantener la temperatura del plástico fundido y distribuirlo en dirección a los puntos de inyección para llenar las cavidades, lo que resulta en piezas sin colada.

CAPITULO IV
SELECCIÓN DE MAQUINARIA DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO PARA PRODUCCIÓN DE ALTA CALIDAD

4.1 Generalidades

En el desarrollo de esta investigación, hemos tratado diferentes aspectos relacionados a los plásticos, por lo que es momento de tratar el tema del futuro del sector del plástico en México, como negocio con proyección, en donde es muy importante seleccionar adecuadamente la maquinaria de inyección de plástico que se pretenda adquirir.

La importancia de los productos plásticos se encuentra en múltiples aplicaciones en los mercados químicos, industrial, de la construcción, farmacéutico, alimentario, textil, de pinturas, de adhesivos, papel y del vestido entre otros.

No se puede dejar de considerar a los estados líderes en el consumo y producción de los plásticos, al tratar el tema del futuro del sector plástico en nuestro país, por lo que mencionaremos que los estados de la República Mexicana que más se desarrollan en esta materia son Nuevo León, Estado de México, Jalisco, Distrito Federal, Puebla, Querétaro, Chihuahua y Yucatán.

El consumo anual de productos terminados en el país es un dato relevante para un futuro negocio. En el año del 2002 el consumo de productos terminados fue el siguiente:

4,500,000 Toneladas (80% Nacional)
1,000,000 Toneladas (20% Extranjero)
5,500,000 Toneladas (Total)

El origen del 20% de los productos de importación que se consumen en México, es el siguiente:

20% USA, Italia, Alemania, Japón, Brasil y Guatemala.
80% Corea, China, India, Singapur, Malasia y Taiwán.

Para considerar invertir en un sector debemos de estar informados, así tendremos una mayor certeza para poder hacer una buena inversión.

En el mercado del plástico existen factores que se deben considerar al investigar y actualizar datos, como son:

- El 55% de las materias primas son de importación.
- Falta de mano de obra calificada.

Los puntos fuertes en esta materia también deben ser investigados, tales como la sustitución de la madera, metal y vidrio por los plásticos; por lo tanto, el crecimiento de los materiales tradicionales en los próximos 20 años se estima que sea de 5 veces.

El mercado en América Latina es un mercado de 500 millones de personas con un consumo de 45kg anuales, en Europa se tiene un consumo de 90kg por año. Como se puede apreciar, existe mercado para desarrollar.

Se estima que para los siguientes 20 años, en México crecerá el consumo de productos de plástico de un 12 a un 15%.

Tomado en cuenta que hemos realizado un estudio de mercado serio, para una inversión de un negocio en el cual habrá fuentes de trabajo, producción, y lo más importante, ganancias, tendremos que considerar la adquisición de maquinaria y equipo de producción, así como el personal calificado a contratar.

Para seleccionar una máquina inyectora de plástico, debemos tomar en cuenta que como inversión deberá ser rentable; por lo tanto, deberá de producir un mínimo de piezas mensualmente.

También será necesario conocer el valor agregado que ofrecen todos los fabricantes de maquinaria en el mundo.

Los fabricantes de máquinas de inyección de plástico cuentan con escuelas técnicas, en las cuales una persona tiene la posibilidad de confeccionar, en cualquier momento, modelos experimentales con sus propios moldes. Esto permite determinar el equipamiento óptimo de su máquina y asegurar un comienzo sin contratiempos de producción. De esta manera, puede cerciorarse, antes de comprar una máquina, si ésta cumple efectivamente con las expectativas esperadas.

Los cursos de capacitación de estas empresas para las compañías que adquieren este tipo de máquinas, necesaria tanto para el comprador como para el vendedor, es para el aumento de rentabilidad, precisión y seguridad operacional de las moldeadoras automáticas por inyección. Esto vale sobre todo para el perfeccionamiento profesional de los ajustadores de máquinas, jefes de turno y personal de mantenimiento.

A todo esto hay que considerar como valor agregado los servicios de postventa, que se resume en puesta en servicio e instrucción, mantenimiento preventivo, programa de certificación, actualización del software, análisis de aceite y repuestos originales.

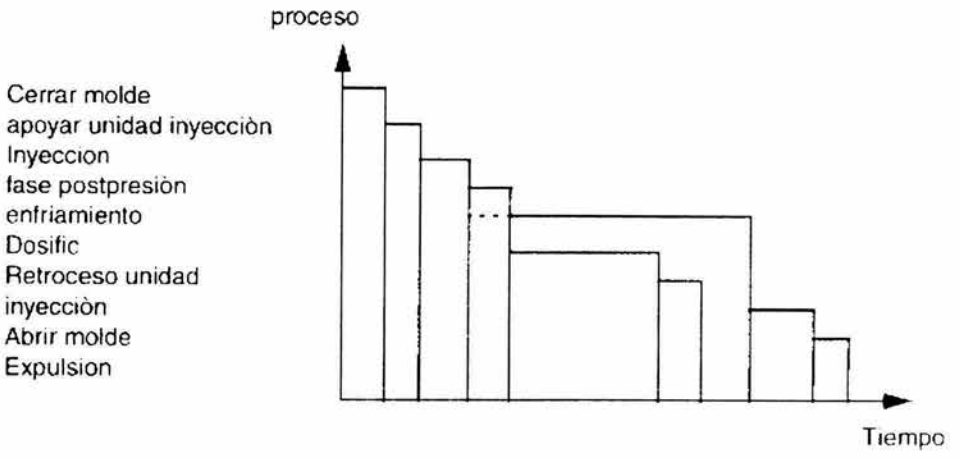
Recordemos el hecho de que una máquina sea rentable o no, depende en gran medida de su fiabilidad. La consecuente disponibilidad de una máquina sólo se puede alcanzar mediante una calidad estable.

Tomaremos en cuenta que la especificación principal de las máquinas de inyección de plástico está determinada en Toneladas. Nos referimos a las toneladas de presión que ejerce el husillo al material fundido para ser depositado en las cavidades del molde.

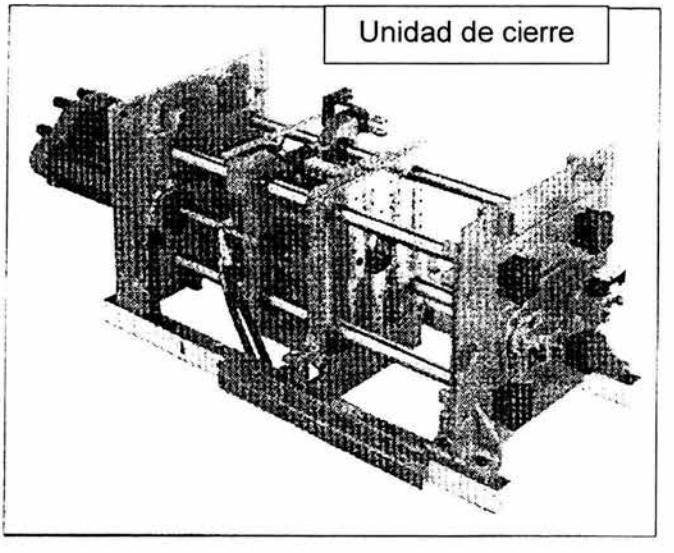
4.2 Ciclo de inyección de una máquina de inyección de plásticos

Se denomina ciclo a los movimientos de máquina sucesivos, los cuales corresponden a determinadas técnicas de proceso e incluyen los procesos de trabajo necesarios para la producción de una pieza moldeada.

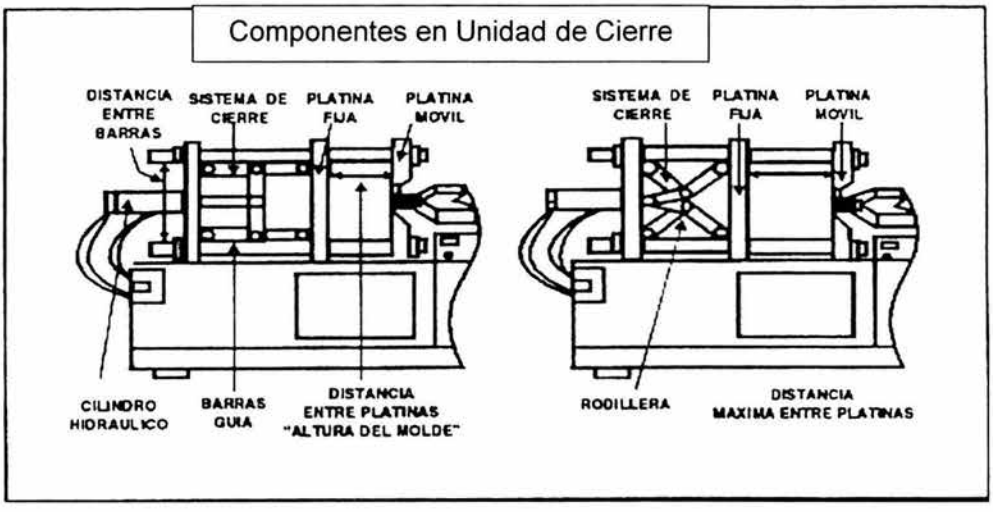
El ciclo viene determinado según el tiempo que se exige (tiempo de ciclo), que será más o menos largo, dependiendo de los procesos que se ejecutan durante el mismo, que suelen corresponder a los mostrados en el grafico siguiente:



El primer paso de trabajo es el cierre del molde. Con ello se mueve la placa portamoldes con una determinada velocidad ajustada y un perfil de presión en dirección a la placa opuesta, situada en la zona de inyección. El desarrollo de los perfiles y el recorrido de la carrera de protección pueden ser controlados en el mando u ordenador incorporado a la máquina.



Una vez la placa ha llegado a un determinado punto llamado "carrera de protección del molde" se conmuta a una baja presión y velocidad que permite ajustar el acercamiento de ambas partes del molde, así como proteger al molde de daños en caso de que una pieza inyectada no hubiese sido expulsada. Una vez se detecta mediante un final de carrera que el molde está cerrado, se vuelve a conmutar a alta presión, haciendo que la rodillera bloquee. En piezas moldeadas con grandes entradas de inyección, conjuntamente con el cierre o bien en determinadas posiciones entran unos elementos en la cavidad llamados noyos. Un noyo es una parte de un molde que entra desde el exterior a la cavidad vacía.



Tras finalizar el movimiento de cierre de molde, se efectúa en el ciclo es el apoyo de la unidad de inyección. La boquilla es desplazada al punto de entrada de la inyección del molde. En las máquinas de inyección modernas esta posición de contacto es determinada automáticamente en el primer ciclo de funcionamiento en automático.

El tercer paso consiste en la mera inyección y la post presión de la pieza. El pistón del cilindro de inyección es impulsado con un perfil de velocidad ajustable, para ello se ha utilizado una presión hidráulica que mueve el husillo hacia delante. Durante este proceso, se inyecta a alta presión la masa fundida que encuentra el husillo durante su avance axial a través del cilindro de inyección. Esto se efectúa a

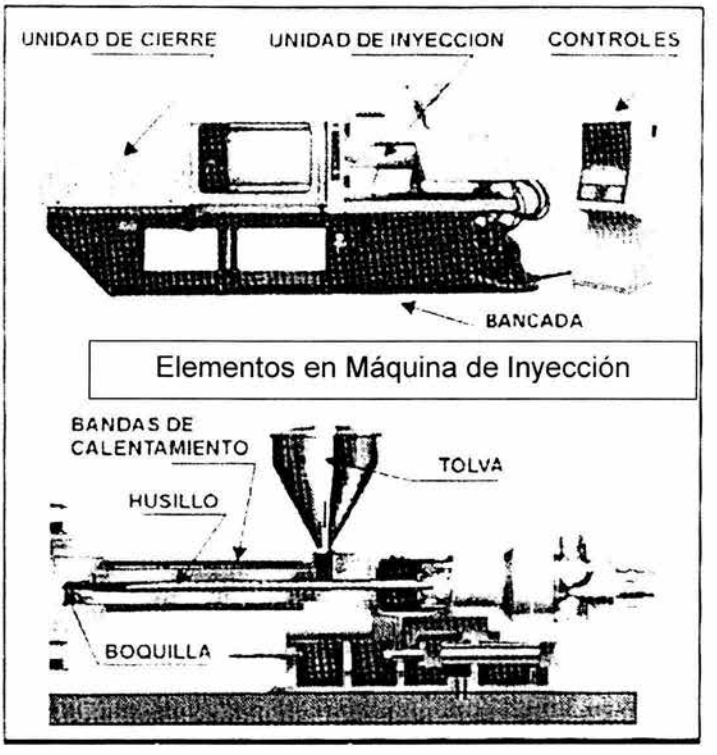
través de la boquilla y del canal de molde, llenando la cavidad. La presión en el cilindro plastificador puede oscilar, según la dimensión de la máquina y la masa de moldeo, desde 300 a 2500 bar.

El molde se encuentra a una temperatura inferior a la de la masa inyectada, por lo tanto, en el momento que se inyecta comienza el endurecimiento de la masa en el molde. Para que no existan rechupes en la pieza y sea inutilizable, después del llenado de la cavidad es aplicada una post presión, que compensa el volumen perdido por el enfriamiento hasta que la colada queda solidificada (punto de sellado).

La siguiente fase es la dosificación para poder preparar el material que constituirá la próxima pieza. El material cae desde la tolva a la zona de entrada del cilindro de plastificación, siendo transportado por los pasos del husillo, (debido a la rotación) en dirección a la boquilla a través del cilindro calentado exteriormente.

En los filetes del husillo, las partículas de material son fundidas gracias a las elevadas temperaturas reinantes en el interior del cilindro que previamente ha sido calentado, formando una masa que fluye hacia la punta del husillo. Esta acumulación de material crea un movimiento axial de retroceso del husillo, el cual supera una presión consignada sobre el cilindro hidráulico en sentido contrario (contrapresión). Al alcanzar el volumen de masa fundida requerido para llenar el molde (carrera de dosificación), se retrocede el husillo para poder descargar la masa comprimida en la cámara del material (descompresión). En determinados casos, una boquilla con cierre por aguja evita que la masa fundida salga por la boquilla.

Después de finalizar el retroceso, la unidad de inyección se separa del casquillo del punto de colada del molde. Esto es importante para hacer que la colada se rompa, para que la entrada de material en el molde no se caliente excesivamente, y finalmente para que la boquilla calentada no se enfríe demasiado.



Cuando se ha acabado el tiempo de enfriamiento, el molde se abre con un perfil ajustado de velocidad. Después de haber alcanzado la posición de inicio, avanza el expulsor, donde se saca la pieza moldeada fuera de la cavidad con ayuda de unas varillas expulsoras. Normalmente la pieza suele quedarse en la parte macho del molde, de esta manera se facilita mucho más la expulsión. Para conseguir que siempre quede la pieza adherida al macho debe regularse la calefacción del molde haciendo que la parte macho esté siempre más caliente que la hembra.

Para poder extraer las piezas de la máquina normalmente se utiliza un robot cartesiano de tres ejes, que efectúa una aprehensión de la pieza mediante vacuestratos o ventosas de depresión. La maniobra del robot está programada para ser comandada desde la propia máquina, por ejemplo, cuando abre el molde se envía una señal al robot que le indica el inicio de un nuevo ciclo de extracción de pieza.

Una vez extraída la pieza, es llevada a una mesa, donde el operario efectúa operaciones tales como rebarbado, hormado o flameado.

4.3 Modo de funcionamiento de una máquina de inyección.

Las máquinas de inyección permiten cuatro modos de funcionamiento, aunque el desarrollo del ciclo siempre va a ser el mismo que el expuesto anteriormente.

4.3.1 Modo de funcionamiento manual

En el funcionamiento manual, todas las funciones se comandan mediante pulsadores que maneja un operador. La ejecución de los movimientos se realiza mientras se mantiene pulsado el botón correspondiente o bien se llegue a los límites de funcionamiento (por ejemplo, sí estamos cerrando el molde, éste se cerrará mientras se pulse el botón de cerrado y no haya llegado ya a la posición de cerrado completo, que es identificable mediante un final de carrera).

Los perfiles de velocidad o de presión son desarrollados en funcionamiento automático.

Para la mayoría de los movimientos deben cumplirse determinadas condiciones:

- El cierre de molde sólo puede tener lugar con la puerta de protección cerrada y con los expulsores en posición de reposo (dentro del molde). Se tendrán en cuenta las condiciones especiales que presente cada periférico en cuestión (robot, dispositivos de fijación rápida, etc.).
- La apertura del molde sólo se permite con la puerta de protección cerrada. Para dispositivos especiales, de igual manera que en el anterior punto, se tendrán en cuenta las prescripciones que rija cada uno de los periféricos conectados.
- Al desplazar el expulsor, la puerta de protección tiene que estar cerrada, así como debe haberse alcanzado la posición del molde para avance del expulsor. Debido a los sistemas de robot y dispositivos especiales, pueden presentarse de nuevo condiciones especiales.

- La inyección sólo podrá tener lugar con la puerta de protección cerrada, con la protección de boquilla cerrada y con la unidad de inyección no girada. Las temperaturas de cilindro y molde deberán asimismo encontrarse dentro de las tolerancias. Con la unidad de inyección girada puede inyectarse con el pulsador de seguridad a una velocidad máxima del 20% de la nominal (utilizado para el desmontaje del cilindro plastificador). Para inyectar con el molde cerrado debe haberse alcanzado la fuerza de cierre seleccionada.
- La dosificación y la descompresión sólo se permiten si la temperatura del cilindro está dentro de las tolerancias ajustadas.
- Para desplazar la unidad de inyección debe estar cerrada la protección de boquilla. Con la unidad de inyección girada deberá activarse simultáneamente el pulsador de seguridad.
- El ajuste de la altura de molde en máquinas de rodillera es únicamente posible con la puerta de protección cerrada y el botón de seguridad pulsado. El aumento de la altura de molde puede realizarse con la puerta de protección abierta.

4.3.2 Modo de funcionamiento "ajuste"

Este modo de funcionamiento es una variante del funcionamiento manual y sólo deberá tenerse en cuenta los siguientes puntos suplementarios.

- Únicamente es posible seleccionar el modo de funcionamiento en "ajuste" estando previamente en la posición "manual"
- La vigilancia de protección de molde está desconectada
- La presión de cierre de la máquina está limitada
- La velocidad de cierre está limitada al 20% y la de apertura al 50%
- La velocidad de expulsión, así como la presión de expulsión, son reducidas.
- La regulación de la fuerza de cierre está deshabilitada.
- El programa de ajuste automático de altura de molde para máquinas de rodillera sólo funciona en modo de "ajuste".
- En máquinas de cierre directo, la búsqueda del punto cero u "offset" de la carrera de cierre del molde tiene lugar automáticamente mediante la identificación de paro.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

4.3.3 Modo de funcionamiento "semiautomático"

En funcionamiento semiautomático, se inicia un ciclo de trabajo cada vez que se efectúe una pulsación de la seta de inicio verde del panel de mando. La duración de cada una de las funciones viene determinada por el tiempo y velocidad asignados a cada una de las diferentes fases.

Este modo de funcionamiento podrá ser elegido siempre y cuando:

- El motor esté conectado
- No exista ningún error / alarma (de ocurrir esto se cambiará automáticamente a modo manual)
- El programa de calentamiento de aceite funciona perfectamente
- El pulsador de interrupción de programa está en modo semiautomático

4.3.4 Modo de funcionamiento totalmente automático

Además de que tienen que cumplirse las condiciones de funcionamiento semiautomático, también serán de aplicación:

- El molde tiene que estar abierto
- Tiene que haberse dosificado y la descompresión debe haberse realizado
- El expulsor hidráulico tiene que estar en posición trasera
- Las puertas de protección deberán estar cerradas
- Las temperaturas del cilindro de plastificación tienen que estar dentro de las tolerancias ajustadas.
- El pulsador de interrupción de programa estará en modo automático

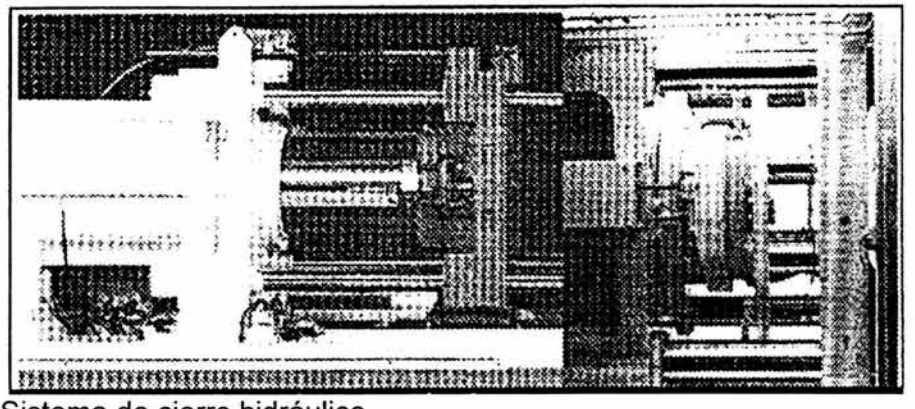
En funcionamiento automático únicamente es necesario pulsar el botón de inicio al principio del ciclo, después el ciclo se repetirá de manera constante.

4.4 Clasificación de las máquinas de inyección de plástico

De acuerdo al sistema utilizado, las máquinas de inyección de plástico se clasifican en:

a) Sistemas convencionales:
Hidráulicos
Mecánicos
Hidro - mecánicos
Eléctricos

b) Sistemas especiales:
Multicomponentes
Asistidos con gas
Núcleo perdido



Sistema de cierre hidráulico

4.4.1 Sistemas convencionales

En este tipo de sistemas el ciclo comienza cuando un sistema efectúa el cierre del molde al desplazar la mitad móvil hacia la parte fija; mientras tanto, en la parte frontal del husillo se encuentra una cierta cantidad de material plastificado, listo para ser inyectado.

Al encontrarse suavemente ambas mitades del molde, una gran fuerza actúa para mantenerlo cerrado mientras se lleva a cabo la introducción del plástico por medio de un husillo que se desplaza de forma axial impulsado por un pistón.

Durante la fase de inyección se generan muy altas presiones que actúan sobre el área que proyecta el producto en la cavidad del

molde, la fuerza de cierre debe ser suficiente para evitar la aparición de rebaba o flash.

Una vez llena la cavidad del molde, el husillo debe aplicar la presión de sostenimiento y permanecer inmóvil mientras la pieza moldeada adquiere sus propiedades y dimensiones.

El enfriamiento de la pieza se logra haciendo circular algún fluido refrigerante en el interior del molde. La etapa de sostenimiento presenta gran importancia debido a que durante ella puede lograrse o perderse la calidad del producto final. La presión que mantiene al husillo en esa posición es, por lo general, de menor magnitud que la presión requerida para desplazarlo en la fase de inyección.

En la etapa de alimentación, carga o plastificación, el husillo comienza a girar sobre su propio eje gracias a la acción de un motor hidráulico o eléctrico, provocando el transporte del material hacia la cámara delantera del cañón. El plástico acumulado en la punta empuja al husillo para que retroceda dejando espacio libre para que más material se acumule en la parte delantera del cilindro.

Contrario a este movimiento, la contra presión afecta la velocidad de desplazamiento axial del husillo y efectuando cierta compactación y homogenización del material transportado.

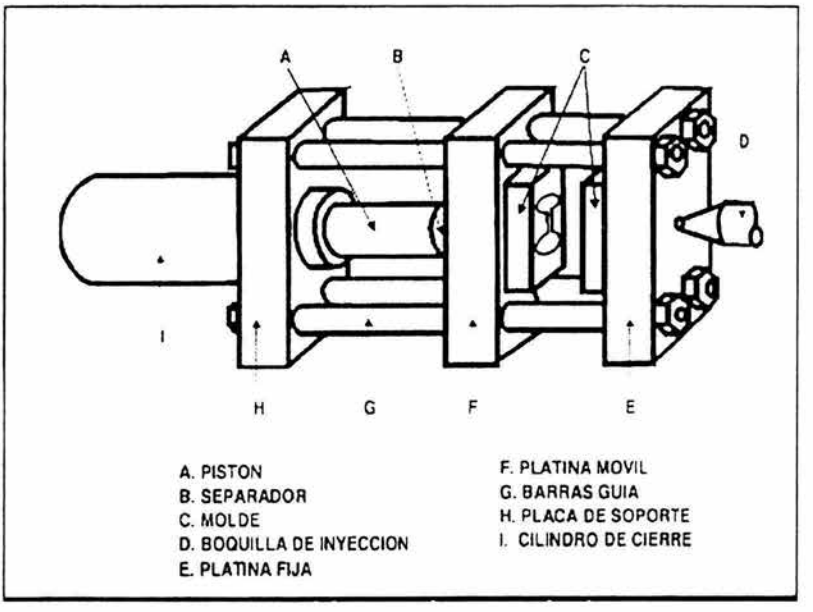
Mientras se lleva a cabo la carga del material para el siguiente disparo, la pieza termina de enfriarse y adquiere la solidez necesaria para que, una vez abierto el molde, sea expulsada. De esta manera se completa el ciclo de proceso.

En algunos casos es necesario retirar la boquilla del contacto con el molde para efectuar la carga después de asegurar que el plástico inyectado no tienda a regresar por mantenerse fundido o reblandecido. Asimismo, el tiempo que tarda en volver a aproximarse para realizar la inyección debe considerarse, ya que forma parte del tiempo total de ciclo productivo.

El proceso de inyección presenta gran versatilidad en cuanto a equipos disponibles, aplicaciones y capacidad para satisfacer la

exigencia de mercados como el médico, automotriz, eléctrico y electrónico.

Componentes del Sistema de Cierre Hidráulico:



Las máquinas de inyección se identifican con dos parámetros principales:

- Fuerza de cierre, expresado en toneladas.
- Capacidad de disparo, expresada en gramos.

4.4.2 Sistemas especiales

Estos sistemas son para piezas con mayor grado de dificultad en tipos de inyección convencionales. Con los sistemas convencionales tal vez se pudieran realizar con procesos posteriores y requiriendo más de dos moldes, y disminuyendo la productividad.

Los sistemas multicomponentes ofrecen ventajas tales como elaborar un producto con un solo material en varios colores.

Por otro lado, en "el proceso de inyección asistida con gas (IAG) es una variación a baja presión del sistema convencional, que puede ser empleado para producir piezas huecas de plástico".[1]

"La inyección del plástico fundido en el molde es asistida por un gas presurizado, el cual empuja al plástico hacia los extremos de la cavidad del molde mientras forma un hueco en las zonas de mayor espesor de la pieza".[2]

La máquina de inyección es empleada para introducir cierto volumen controlado de material al molde y la presión de gas inyectada posteriormente, asegura que la pieza moldeada reproduzca precisamente la superficie de la cavidad, libre de imperfecciones.

"El gas es un medio para la transmisión precisa y virtualmente instantánea de presión".[3]

Tomando en cuenta los costos, disponibilidad y propiedades inertes, el nitrógeno es el gas seleccionado en este proceso.

Los beneficios de este proceso son: la posibilidad de aplicar en secciones huecas gruesas o delgadas, mayor relación rigidez-peso, reducir tiempo de ciclo en secciones sólidas, menor fuerza de cierre requerida, menor presión de inyección, menor desgaste de los moldes, llenado y compactación uniforme, reducción de esfuerzos residuales en la pieza, reducción de deformaciones, eliminación de rechupes, reducción en marcas de flujo, mejor acabado superficial, reducción de operaciones secundarias de acabado, mejor apariencia en piezas espumadas, libertad de diseño, reducción en peso, estabilidad dimensional y, menor tiempo de enfriamiento; sin embargo, este proceso tiene como limitación el número de cavidades por molde.

El proceso de inyección de plásticos con la asistencia de núcleo perdido, es reflejo de la creatividad de los diseñadores para desarrollar soluciones prácticas que hagan posible la fabricación de las piezas de plástico, en sustitución de otros materiales o la reducción de tareas en manufactura, por medios más económicos.

---

[1] Enciclopedia del plástico. Edición 2000. Tomo III. Centro Empresarial del Plástico SA de CV. Pág. 261
[2] Ídem. Pág. 261
[3] Enciclopedia del Plástico. Edición 2000. Tomo III. Centro Empresarial del Plástico S.A. de C.V. Pág. 261

4.5 Selección de maquinaria de inyección de plásticos

Para la selección de una maquinaria de inyección de plástico que estamos seguros de adquirir, debemos tomar en cuenta los siguientes puntos que afectarán la decisión, nos guiarán para que ésta sea la más correcta, y nos permita adquirir un bien que no quede por debajo de las necesidades:

- Selección de la pieza a producir.
- Producción.- cantidad de piezas a fabricar
- Material y especificaciones.
- Peso de la inyección.
- Especificación de la maquinaria dependiendo del cálculo de la inyección.
- Máquina de inyección de plástico de sistema eléctrico.

4.5.1 Selección de la pieza a producir

La selección de la pieza a producir tiene la ventaja de darnos un mercado comercial, de diseño simple y de material de precio moderado y propiedades no sobresalientes (Plásticos Comodities), o de diseño elaborado y material con conjunto de propiedades excelentes y precio elevado (Plásticos técnicos y especiales).

Puede ser que no tengamos la oportunidad de seleccionar el trabajo o la pieza a producir, pero de lo que debemos tener la seguridad en que sí tengamos la capacidad para hacerlo.

4.5.2 Producción.- cantidad de piezas a fabricar

Generalmente la determinación de la cantidad de piezas que se fabricarán, depende de un contrato, en el cual se establezca una cantidad fija de entrega en una sola ocasión, por mes o por año. También es necesario se nos proporcione información para calcular la producción necesaria al día: cuántas piezas diarias deben ser producidas dividido en los turnos necesarios para trabajar y el número de cavidades por molde.

Las dimensiones de la pieza son importantes para poder saber cuantas cavidades puede llegar a tener el molde, el tipo de molde, el área de la pieza para determinar la fuerza de cierre requerida.

El peso de la pieza en gramos es uno de los datos más necesarios para determinar el costo de la pieza, así como la cantidad de cavidades que tenga el molde.

La importancia del peso de la pieza terminada o gramos requeridos por pieza es que, sabiendo la producción diaria y las cavidades del molde para obtener el numero de piezas esperado diario, sabremos el peso de la inyectada y por consiguiente el tonelaje de presión del husillo de la máquina a adquirir.

La selección de tipo de material, a diferencia de cuando se diseña totalmente la pieza, es otorgada con las especificaciones y planos de la misma cuando se subcontrata para producir. En este trabajo de investigación manejaremos una pieza de maquila, puesto que la inversión para un negocio en la actualidad incrementaría la misma para poder hacerla rentable.

4.5.3 Material y especificaciones

Es muy importante la selección e identificación de los plásticos, debido a la gran cantidad de ellos con los que se cuenta en la actualidad, así como de las diferentes mezclas y aleaciones.
"La identificación es la primera etapa para determinar la naturaleza exacta de un nuevo producto, lo cual no sólo nos lleva a la identidad de los plásticos, sino también a la de las composiciones en mezclas y aleaciones de materiales plásticos, así como para identificar su tecnología para la producción, esto es: su transformación y reciclaje". [1]

Siempre es aconsejable tener las especificaciones del todos los materiales plásticos al alcance. A continuación se muestra un ejemplo de PEAD.

Polietileno de alta densidad (PEAD):
Estructura cristalina, es opaco y de aspecto ceroso. Fácil de procesar.

[1] Enciclopedia del Plástico. Edición 2000, Centro Empresarial del Plástico, S.A. de C.V., p.457

Su densidad es = 0.941-0.965g/cm3, T fusión = 120-136 C.
Presenta mejores propiedades mecánicas que el PEBD o el PELBD.
Buena resistencia al impacto y a la abrasión
Excelente resistencia a los químicos, pero no a los agentes oxidantes.
Se utiliza en bolsas para mercado o de basura; envases para leche, para productos químicos o para jardinería; detergentes y limpiadores; aceites y gasolina, recubrimientos de sobres, como aislante de cable y alambre, conexiones, bandejas, botes para basura, platos, etc.

Diagrama General de Comportamiento		
Rigidos	Semi-Rigidos	Flexibles
PMMA, SAN, MF, EPS, PUR-R, EP, PF, UP	POM, ABS, PVC-R, PA 6, PA 6/6, PBT, PET, PC, PSMI, PSAI, PEAD, PP, UP-FV, UHMWPE	EVA, PVC-F, SB, TPE, PEBD, PR-F TPU, SI
Transparentes	Translúcidos	Opacos
PMMA, PVC-F, PVC-R, SAN, SB, PC, PS, PET, EP, UP	POM, CA, EVA, PA6, PA6/6, PSMI, PET, PEAD, PEBD, UHMWPE, PP, TPU, UP-FV	ABS, TPE, MF, PBT, PSAI, EPS, PUR-F, PF, TPU, SI

Flotan en agua	No flotan en solución alcohólica	Flotan en solución diluida	Flotan en solución concentrada	No flotan
EVA, TPE, EPS, TEAD, PEBD, UHMWPE, PP, PUR-F, PUR-R	EVA, TPE, PEAD	ABS, SAN, SB, PS, PSMI, PSAI	PMMA, PVC-F, PA 6, PA6/6, PC	POM, CA, PVC-R, MF, PBT, PET, TPU, EP, PF, UP, UP-FV, SI

Difíciles de incendiar		Fáciles de incendiar	
MF, PA 6, PA 6/6, PC, PET, UHMWPE, EP, PF, SI		POM, CA, EVA, PMMA, ABS, PVC-F, PVC-R, SAN, SB, TPE, PVT, PS, PSMI, PSAI, EPS, PEAD, PP, PUR-F, PUR-R, TPU, UP, UP-FV	
Continúan ardiendo		Auto extinguen	
POM, CA, EVA, PMMA, ABS, SAN SB, TPE, PBT, PET, PS, PSMI, PSAI, EPS, PEAD, PEBD, UHMWPE, PP, PU-F, PUR-R, TPU, EP, PF, UP, UP-FV		PVC-F, PVC-R, MF, PA 6, PA6/6, PC, EP, PF, SI	
Flama Amarilla		Flama Azul	
CA, PMMA, ABS, PVC-R, SAN, SB, PC, PSMI, PSAI		POM, EVA, PA 6, PA 6/6, PEAD, PEBD, UHMWPE, PP	
Funden	Funden y Gotean	Carbonizan	
CA, ABS, PVC-F, PVC-R, SAN, SB, PC, PS, PSMI, PSAI	POM, EVA, PMMA, TPE, PA 6, PA 6/6, PBT, EPS, PET, PEAD, PEBD, UHMWPE, PP, TPU	MF, PUR-F, PUR-R, EP, PF, UP, UP-FV, SI	
Humos Blancos		Flama Azul	
POM, EVA, PMMA, MF, PA 6, PA 6/6, PEAD, PEBD, UHMWPE, PP, PUR-F, TPU, SI		ABS, PVC-F, PVC-R, SAN, SB, TPE, PBT, PC, PS, PSMI, PSAI, EPS, PUR-R,EP,PF,UP,UP-FV	

Tabla de Secuencia

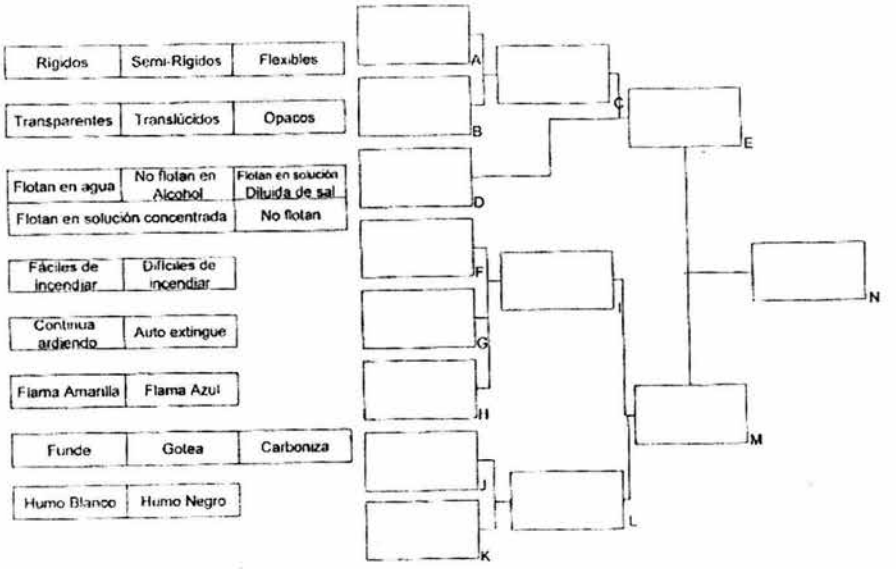
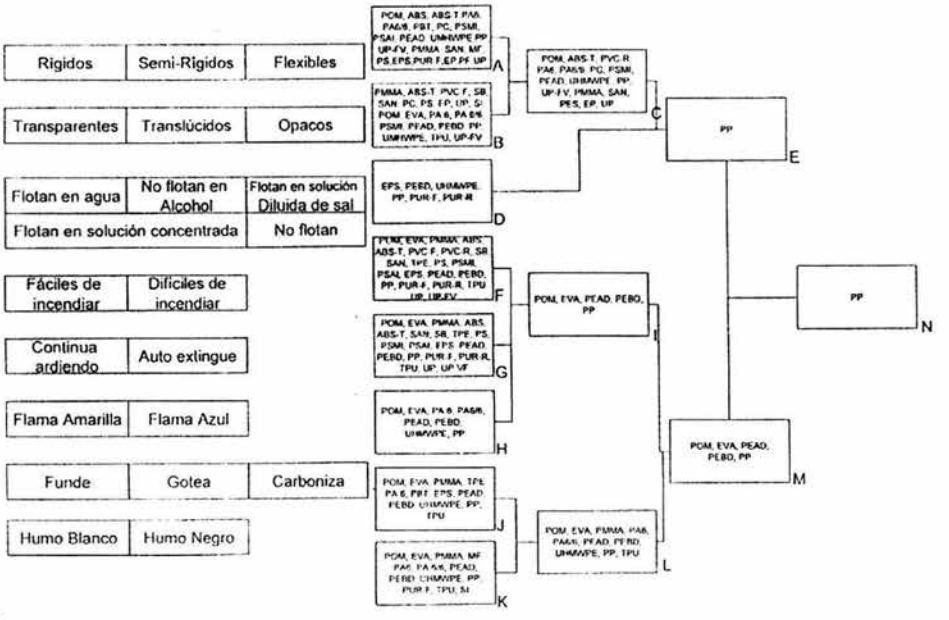


Tabla de Copa de Helado



Durante esta investigación se encontraron varias fuentes de información las cuales, en las especificaciones de los materiales plásticos, no contenían algunos datos, por eso se agrega esta tabla de viscosidades, la cual no contiene la densidad del Polietileno de alta densidad:

Factor de viscosidad en diferentes materiales[1]

Material	Factor
PS	1
PP	1 - 1.2
PE	1 - 1.3
PA 6, PA66, POM	1.2 - 1.4
CA	1.3 - 1.5
ABS, ASA, SAN	1.3 - 1.5
PMMA	1.5 - 1.7
PC, PES, PSU	1.7 - 2.0
PVC	2

A continuación veremos algunas de las especificaciones que deberemos siempre tomar en cuenta para la adquisición de la maquinaria de inyección de plástico, tales como la fuerza de cierre por cm2 y la velocidad del husillo, con la recomendación para algunos de los plásticos más comerciales:

Tamaño de disparo (g)
Fuerza de cierre (ton ó kN)
Diámetro del husillo (mm)
Relación L/D del husillo
Presión de inyección (psi ó bar)
Carrera de inyección (mm)
Velocidad de inyección (mm)
Volumen de inyección (cm^3)
Velocidad de giro del husillo (r.p.m.)
Carrera de apertura del molde (mm)
Torque del motor hidráulico (Nm)
Capacidad de plastificación (Kg/hr)
Altura máxima del molde (mm)
Distancia máxima entre platinas (mm)
Espacio entre barras guía (mm)
Diámetro de barras guía (mm)

[1] Enciclopedia del Plástico. Edición 2000, Tomo III. Centro Empresarial del Plástico SA de CV., p.249

Altura mínima del molde
Tamaño de platinas (mm * mm)
Espesor de platinas (mm)
Carrera del expulsor (mm)
Fuerza del expulsor (ton)
Tiempo de ciclo en vacío (s)
Carrera del grupo de plastificación (mm)
Fuerza de contacto boquilla – bebedero (ton)

Recordemos que la velocidad del husillo esta determinada por el diámetro del husillo.

Fuerza de cierre por cm2 de área proyectada[1]

Material	Fuerza de cierre	Material	Fuerza de cierre
PS	0.155 - 0.31	PVC - F	0.233 - 0.388
PS P.D.	0.465 - 0.62	PVC - R	0.31 - 0.465
PS - HI	0.155 - 0.31	PA 6, 66	0.62 - 0.775
PS - HI P.D.	0.388 - 0.543	PMMA	0.31 - 0.62
ABS	0.388 - 0.62	PC	0.465 - 0.775
SAN	0.388 - 0.465	POM	0.465 - 0.775
SAN A.F.2	0.465 - 0.62	A - PET	0.31 - 0.388
PEBD	0.155 - 0.31	C - PET	0.62 - 0.93
PEAD	0.233 - 0.388	PBT	0.465 - 0.62
PEAD A.F.	0.388 - 0.543	CA	0.155 - 0.31
PP	0.233 - 0.388	PPS	0.31 - 0.465
PP A.F.	0.388 - 0.543		

P.D.= Pared Delgada

A.F.= Alto Flujo

En la siguiente tabla también se muestra la velocidad del husillo recomendada para algunos plásticos, (velocidades tangenciales). Recordemos que la velocidad del husillo está determinada por el diámetro del husillo.

[1] Enciclopedia del Plástico. Edición 2000. Tomo III. Centro Empresarial del Plástico S.A. de C.V., p.248

Husillo

Velocidad optima y máxima con diferentes materiales[1]

Material	Vel. Optima	Vel. Máxima
PS	800 mm/s	950 mm/s
PS - HI	850	900
ABS	550	650
SAN	400	450
PEBD	700	750
PEAD	750	800
PP	750	850
PVC - F	150	200
PVC - R	150	200
PA 6/66	400	500
PMMA	250	400
PC	400	500
POM - H	100	300
POM - C	200	500
PET	300	400
PBT	300	350
CA	400	500
PPS	200	300

Las fórmulas para determinar la velocidad del husillo son:

Velocidad superficial = ¶ * Diámetro del husillo* r.p.m./60 (mm/s)

r.p.m. = 60 X Velocidad Superficial Max. Permitida / ¶ X Diámetro del Husillo Máximas

La selección del molde como lo vimos en los capítulos anteriores, se determina por el tamaño de la pieza y del número de cavidades que tenga, por las especificaciones del terminado de la pieza, así como los interiores del molde. Si es pieza una sencilla podremos determinar que sea de 2 placas, y si es de varias cavidades de 3 placas.

[1] Ídem., p.226

Deberemos considerar la producción para determinar la vida del molde, recordemos que hay moldes de media producción y de alta producción.

Lo anterior, afectará el precio del molde, el cual siempre es considerable. Asimismo, se debe tomar en cuenta que por cada pieza tendremos que hacer un molde o pagar por él.

El precio de la maquinaria no contempla el precio del molde.

4.5.4 Peso de la inyección

Este dato tiene su importancia en las especificaciones de gramos de inyección. La capacidad de la máquina está descrita en las especificaciones de todas las diferentes máquinas que hay en el mercado.

También podemos encontrar, en las mismas especificaciones, el tiempo que será necesario para que la máquina termine un ciclo, el cual será expresado en número de ciclos por hora.

Esta especificación debe considerarse de suma importancia en cuanto al consumo eléctrico que se reflejará en los costos.

Tomaremos en cuenta la cantidad de plástico requerida por ciclo.

Peso de la pieza * número de cavidades + colada = Peso de la inyección (grs. de inyección de material)

4.6 Caso Práctico

En la década de los 70's la industria del plástico en México se vio envuelta en una aceleración de su crecimiento en países del primer mundo, llegando a sustituir piezas metálicas, cerámica, vidrio y madera, incursionando rápidamente en la industria automotriz y electrónica, al cumplir con especificaciones técnicas cada vez mas rigurosas.

Con ello, se abrieron grandes oportunidades de mercado para productos manufacturados por inyección, extrusión, termo formado y roto moldeo, entre otros.

Este crecimiento no se llevó a cabo de la misma manera en los países en vías de desarrollo, donde básicamente se continuó con la fabricación de piezas sencillas e importando la tecnología de producción.

Bien es sabido que el mercado mexicano ha sido invadido por productos fabricados en el sur de Asia, principalmente de productos terminados. El mercado de plásticos no se ha sido la excepción.

Sin embargo, nuestra intención es desarrollar la industria del plástico en México, por lo que hemos seleccionado una pieza de copa de helado como caso práctico a este proyecto de investigación, para demostrar que a pesar de la invasión de productos de importación, es factible producir en nuestro país, permitiendo la generación de empleos y obteniendo beneficios económicos.

Para la selección de esta pieza a producir se tomó en cuenta que tuviera mercado, con una demanda aceptable. Esto debe de ser analizado, ya que no es nuestra intención saturar el mercado y abaratar los productos, o inclusive cambiar la producción al poco tiempo de haber iniciado.

En el caso del ramo de envases podemos encontrar que hay demanda aceptable en la industria productora de alimentos, en la cual hay gran variedad de productos necesarios. Adicionalmente existen zonas geográficas en las que más consumen ciertos productos.

Tomando en cuenta a los estados de Colima, Jalisco, Michoacán, Nayarit y Sinaloa en el consumo de helados, tenemos una demanda superior a la producción de copas y envases para helado, producción para inyección y termo formados de plástico.

Principalmente el estado de Jalisco cuenta con el mayor mercado, producción y consumo de helados, debido a su gran población y características climatológicas, por lo que nos interesa producir este tipo de envases en esta zona.

*fuente cámara de comercio de Guadalajara.

La acción y resultado de producir el envase para helado, o mejor conocido como copa heladera, tendrá que realizarse con una máquina inyectora de plástico, la cual nos permita satisfacer la producción esperada por hora, día y mes. La inyectora de plástico a adquirir debe de ser lo más acertada a nuestras especificaciones de producción.

No debemos adquirir algo muy por debajo o superior a nuestras expectativas; es decir si requiriéramos 50 toneladas de cierre, no seleccionaremos una inyectora de 100 sin una justificación a mediano plazo para realizar dicha adquisición.

Por lo pronto, se señala la necesidad y justificación del producto, como piezas a producir, las siguientes especificaciones:

Consideraremos una producción de 100, 000 mensual.

El material a utilizar será: PP (Polipropileno)

Factor de viscosidad: 1 – 1.2

Se requiere que tenga una capacidad de: 148 ml. (78 gr.) de envase

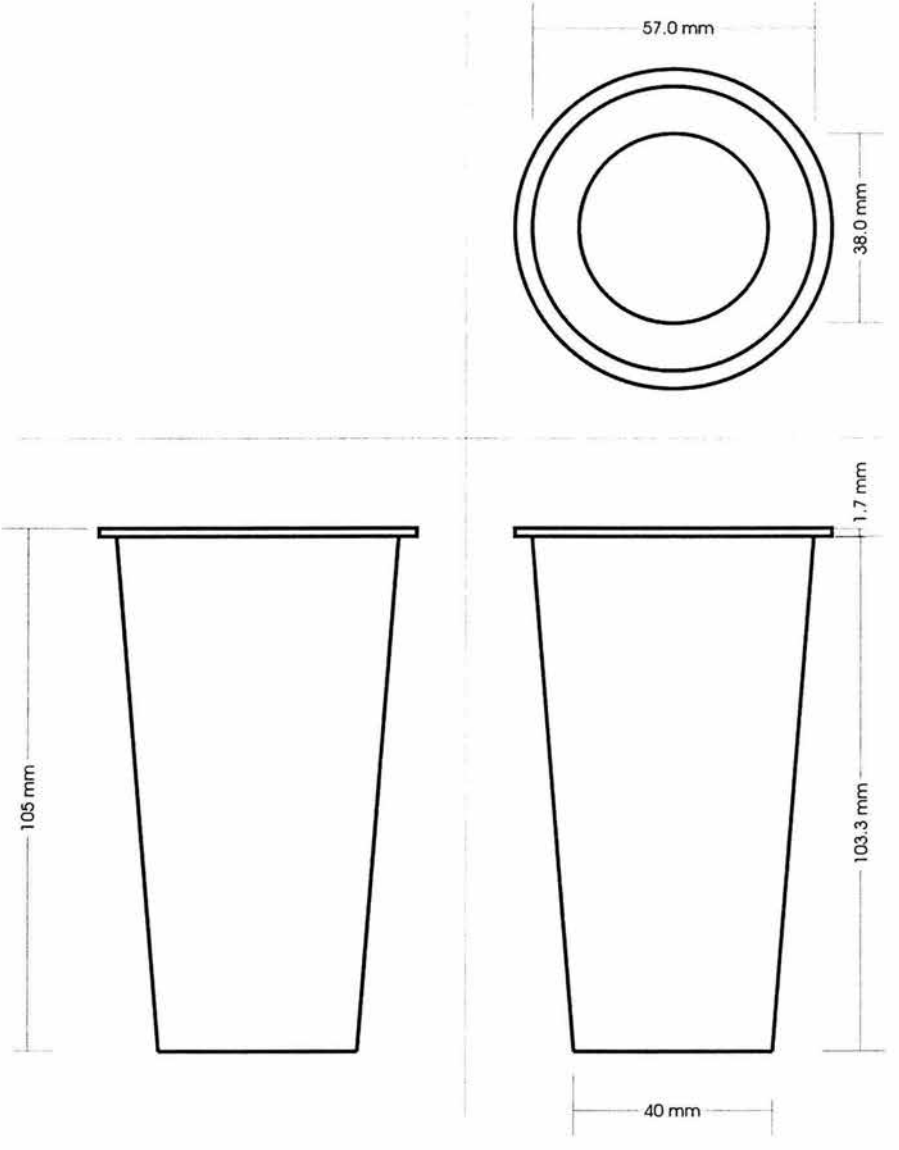
Sus dimensiones serán:
Altura: 10.5 cm.
Diámetro mayor: 5.7 cm.
Diámetro menor: 4.0 cm.

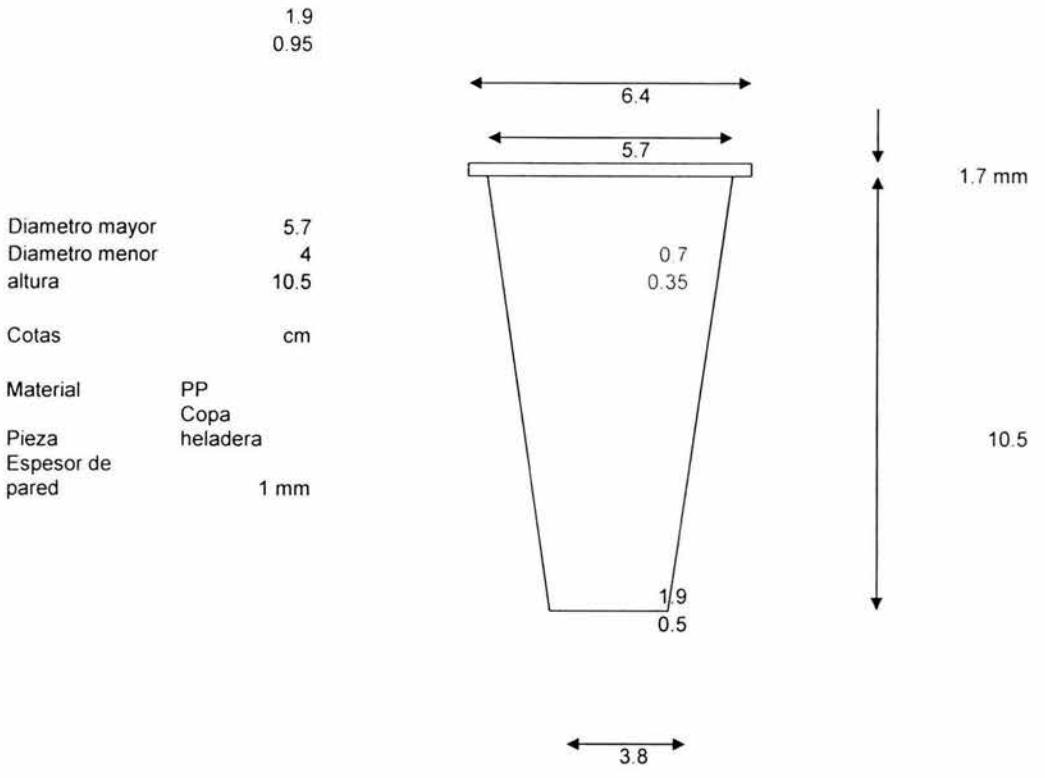
Área proyectada: ¶ * Diámetro (cm.²) /4
3.141519 * 4 / 4 = 3.141519 cm.²

Peso aproximado: 12 gr.

Turnos de trabajo para su elaboración: 2 (16 Hrs. laborables)

Plano Copa de helado





Desarrollo:
Fuerza de cierre = Presión en la cavidad x Área proyectada x factor de viscosidad x factor de conversión (1 bar = 1.02 Kg / cm2), y obtener el valor en kilogramos, que se pueden convertir directamente a toneladas, al dividir el resultado entre 1000.

Análisis de la fórmula:

- Presión en la cavidad: es igual a la presión de inyección, y es determinada por variantes como el diámetro del husillo y la velocidad del husillo, viscosidad del material, peso del material, distancia del flujo, puntos de inyección y distribución de material en el molde.

- El área proyectada es él cálculo: ¶ * Diámetro (cm.²) / 4.
- Factor de viscosidad: referencia de tabla de viscosidades para materiales plásticos.

Para la aplicación de la fórmula en un molde de una cavidad:
Datos: Pieza: 12 gr.
Área proyectada = 3.141519 * 4 / 4 = 3.141519 cm.²

Presión = 2068 bar = 2109.36 kg. / cm² = 30000 psi

Fuerza de cierre = 2109.36 kg. / cm² * 3.141519 cm² *1 = 6,629.59 Kg = 6 ton.

Por lo anterior, y tomando en cuenta la capacidad de disparo de material plástico, resulta una buena recomendación una máquina de 20 toneladas de fuerza de cierre.

Para el fabricante de maquinaria de inyección de plástico Nissei, de origen japonés, seleccionaremos el modelo:

ES200- 2E husillo C

Con capacidad de disparo	0.8 oz. (22.68 g) o 25 cm3
Presión de inyección	36970 psi, 2600 Kg / cm2 o 2482 bar
Fuerza de cierre	20 toneladas
Espacio entre barras	260 mm* 260 mm
Carrera de cierre	200 mm
Máxima distancia de apertura	450 mm

También podríamos adquirir el modelo ES200- 2E husillo b con capacidad de disparo de 0.6 Oz. (17.01 gr.)

Para el fabricante de maquinaria de inyección de plástico Boy, de origen alemán, seleccionaremos el modelo:

Boy 22

Diámetro de husillo	16 mm
Presión de inyección	3320 bar, 48125 psi.
Fuerza de cierre	22 toneladas

Espacio entre barras	254 mm
Carrera de cierre	200 mm
Máxima distancia de apertura	400 mm

Aplicación de la fórmula para un molde de 4 cavidades:

Datos: Pieza 12 gr. * 4 (Número de cavidades) = 48 gr.
Área proyectada 3.141519 * 4 / 4 = 3.141519 cm.^{2} * 4 (Número de cavidades) = 12.57 cm.^{2}

Presión: 2068 bar = 2109.36 Kg. / cm.^{2} – 30000 psi

Fuerza de cierre = 2109.36 Kg. / cm.^{2} * 12.57 cm.^{2} * 1 = 26,514.66 Kg. = 26 ton.

Por lo anterior, resulta una buena recomendación una máquina de 30 toneladas de fuerza de cierre.

Tratándose del fabricante de maquinaria de inyección de plástico Nissei, de origen japonés, seleccionaremos el modelo:

Modelo ES400- 5E husillo C

Con capacidad de disparo	2.2 oz. (62.37 g) o 65 cm^3
Presión de inyección	21330 psi, 1500 Kg / cm^2 o 1470.65 bar
Fuerza de cierre	40 toneladas
Espacio entre barras	310 mm* 310 mm
Carrera de cierre	240 mm
Max. distancia de apertura	540 mm

Para el caso del fabricante de maquinaria de inyección de plástico Boy, de origen alemán, seleccionaremos el modelo:

Boy 30

Diámetro de husillo	28 mm
Presión de inyección	1340 bar, 19435 psi
Fuerza de cierre	30 toneladas
Espacio entre barras	280 mm * 254 mm
Carrera de cierre	300 mm
Max. distancia de apertura	500 mm

En la aplicación de la formula para un molde de 6 cavidades:
Datos: Pieza 12 gr. * 6 (Numero de cavidades) = 72 gr.
Área proyectada 3.141519 * 4 / 4 = 3.141519 cm.^{2} * 6 (Número de cavidades) = 18.85 cm^2

Presión: 2068 bar = 2109.36 Kg. / cm.^{2} = 30000 psi

Fuerza de cierre = 2109.36 Kg. / cm.^{2} * 18.85 cm^2 * 1 = 39,749.44 Kg. = 39 ton

Por lo anterior, resulta una buena recomendación una máquina de 50 toneladas de fuerza de cierre.

Tratándose del fabricante de maquinaria de inyección de plástico Nissei, de origen japonés, seleccionaremos el modelo:

Modelo ES600- 9E husillo E

Con capacidad de disparo	3 oz. (85.05 g) o 90 cm^3
Presión de inyección	27020 psi, 1900 Kg / cm^2 o 1862.96 bar
Fuerza de cierre	60 toneladas
Espacio entre barras	345 mm* 345 mm
Carrera de cierre	260 mm
Max. distancia de apertura	610 mm

Para el caso del fabricante de maquinaria de inyección de plástico Boy, de origen alemán, seleccionaremos el modelo:

Boy 50

Diámetro de husillo	32 mm
Presión de inyección	1891 bar, 27426.64 psi, 1928 Kg. / cm.^{2}
Fuerza de cierre	50 toneladas
Espacio entre barras	335 mm * 305 mm
Carrera de cierre	600 mm
Max. distancia de apertura	350 mm

Espacio entre barras guía: limita el tamaño del molde y debe especificarse en sentido en que éste se montará, de forma horizontal o vertical.

La apertura máxima entre platinas debe de ser suficiente para que el molde abierto permita extraer sin problemas al producto inyectado.

Se recomienda que, conociendo la altura del molde y del producto, las platinas de la máquina puedan separarse al menos el equivalente a la altura del molde, más 2.5 veces la del producto.

4.7 Especificación de la maquinaria dependiendo del cálculo de la inyección.

Al seleccionar la unidad de cierre, el factor más importante que identifica la capacidad de la misma, es la fuerza de cierre.

La fuerza de cierre es la máxima fuerza disponible en la máquina para mantener el molde cerrado durante la inyección. La fuerza de cierre es diferente en cada material e influye la relación del flujo entre el espesor de pared; si el espesor es variable, se debe tomar en cuenta el valor mínimo. Es conveniente considerar que la fuerza interna en el molde es proporcional al área proyectada por cavidad.

Los factores que influyen para la selección correcta de la unidad de cierre de una máquina de inyección son:
a) Fuerza conservadora
b) Fuerza de cierre preciso.

La fuerza de cierre conservadora se determina al multiplicar el área proyectada del producto en cm^2 por la sección más delgada en mm. El valor resultante será expresado en toneladas.

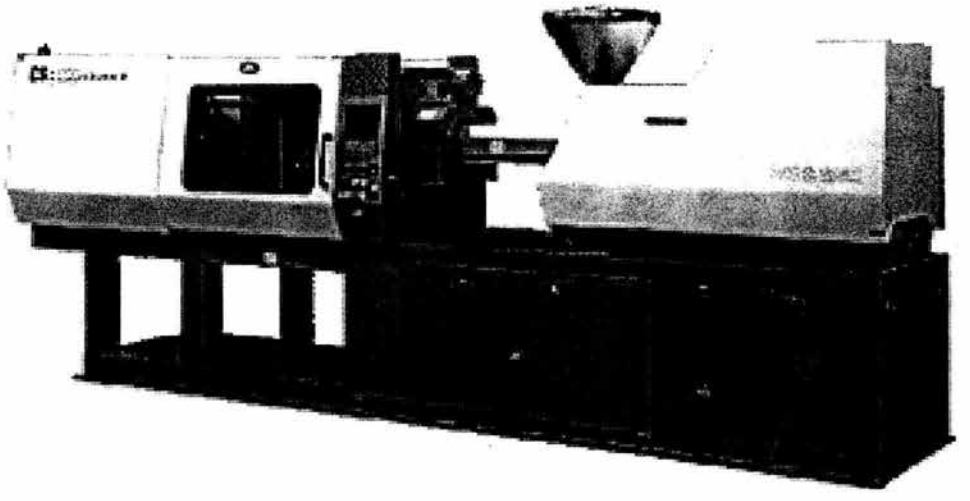
Área proyectada = ¶ x diámetro (cm^2) / 4

La fuerza de cierre preciso se determina de la siguiente forma:
Fuerza de cierre = Presión en la cavidad x Área proyectada x factor de viscosidad x factor de conversión (1 bar = 1.02 Kg / cm^2), y obtener el valor en kilogramos, que se pueden convertir directamente a toneladas, al dividir el resultado entre 1000.

4.8 Máquina de inyección de plástico de sistema eléctrico.

Mencionar este tipo de maquinaria en este trabajo tiene un objetivo primordial: estar a la vanguardia en la tecnología de inyección de plástico. Veremos todos los puntos positivos de esta tecnología en comparación del sistema hidráulico.

Rompiendo con la idea de que la fuente mecánica de la máquina de moldeo por inyección debería ser hidráulica, NISSEI desarrolló una máquina de moldeo por inyección eléctrica, MM, primer modelo en su tipo del mundo. Desde entonces, todos los fabricantes han continuado su búsqueda y desarrollo para varios tipos de máquinas de moldeo. Tiene una tecnología totalmente original para el ahorro de energía, moldeo de precisión estable, moldeo de alto ciclo y operación silenciosa, las cuales son funciones avanzadas.



Algunas de las ventajas de esta máquina son:

1. plastificación homogénea
2. medición posicional estable
3. control de temperatura para la resina de alta precisión
4. moldeo estable de alta calidad
5. control de inyección altamente confiable
6. abundante tecnología en husillos para la gran variedad de resinas

7. materialización del moldeo de alto ciclo, a través de operación simultánea
8. ahorro de energía y bajo costo de arranque
9. ahorro de espacio
10. ambiente de trabajo limpio y silencioso
11. diseño seguro y amigable al operador
12. excelente operabilidad y facilidad de manejo

4.9 Comparación entre máquinas eléctricas e hidráulicas.

Las ventajas de las máquinas eléctricas son:
- Precisión, debido al accionamiento rígido y directo de las fuerzas,
- Ahorro energético,
- Menor nivel de ruido,
- Velocidades elevadas,
- Mantenimiento más simple,
- Eliminación del aceite hidráulico, y
- Sobre posición de los movimientos

Una comparación de costos de una máquina de inyección de plástico hidráulica contra una eléctrica Negri Bossi, sería aproximadamente la siguiente:

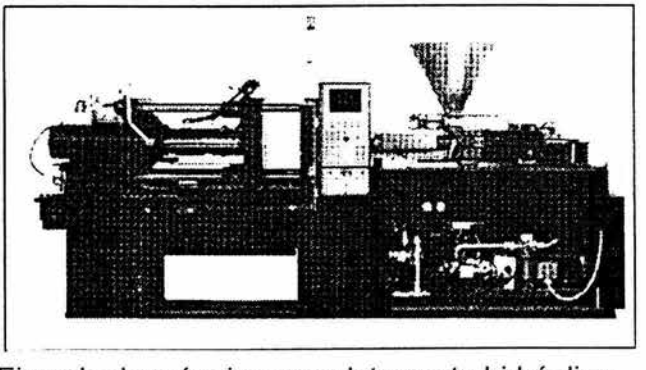
Comparación de los costos	
Costo adquisición inyectora hidráulica	$988,000.00
Costo adquisición inyectora eléctrica	$1,482,000.00
Diferencia	-$494,000.00
Consumo inyectora hidráulica	16 kW.
Consumo inyectora eléctrica	7 kW.
Horas diarias de trabajo	16 HR.
Días por año	250
Costo kW./HR	$ 0.08
Costo energético anual hidráulica	$66,144.00
Costo energético anual eléctrica	$28,704.00
Diferencia	$37,440.00
Años necesarios para equilibrio	13

	Hidráulico	Eléctrico
Costo de inversión anual	$ 187,200.00	$286,000.00
Costo energético anual	$ 66,144.00	$ 28,704.00
Costo total por año	$ 253,344.00	$314,704.00

Además se tiene que considerar:
Completa eliminación de costos de mantenimiento = 9600 pesos aprox. (800 Euros) por año para máquinas de 40 a 200 toneladas.
Sustitución de aceite hidráulico: 175 lt. cada 10,000 hrs. a 1.5 Euros por lt.
Eliminación de agua de enfriamiento = Para 1740 Fr/ h se produce un consumo de 2 kW.

Características Principales de una máquina eléctrica:
- Transmisión directa sin correas
- Transmisión del movimiento mediante husillo de esferas cerámicas
- Refrigeración por agua para motores y controles
- Refrigeración en circuito cerrado
- Motor unidad de cierre con acoplamiento directo
- Placa de expulsión igual a las máquinas hidráulicas
- Doble pistón para el movimiento del carro de inyección.
- Lubricación con grasa en la rodillera

Características grupo inyección:
- Presión sobre el material 2000 bar
- Velocidad de inyección 200 mm/seg.
- Velocidad giro del husillo 400 rpm
- Par sobre el husillo 500 a 1600 Nm.



Ejemplo de máquina completamente hidráulica

INFORMACIÓN ADICIONAL

TIPOS DE MAQUINAS

A continuación se presentan las especificaciones de algunas máquinas de inyección de plástico de la marca Alemana Boy.
La compañía Boy maneja máquinas de 12, 22, 50 y 90 toneladas. Cabe mencionar que hay fabricantes que llegan a producir máquinas de hasta 3000 toneladas.

BOY 12

Euromap Size		129-11	129-18
Injection unit for processing thermoplastics			
Screw diameter	mm	14	18
Screw L/D-ratio		18	20
Max. stroke volume (theoretical)	cm^3	6,1	10,1
Max. shot weight in PS	g	5,4	9
Injection force	kN	27,7	45,7
Max. spec. injection pressure	bar	1800	1795
Max. screw stroke	mm	40	
Nozzle force / contact pressure	kN	36	
Nozzle retraction stroke	mm	180	
Screw torque	Nm	90	130
Screw speed (infinitely variable)	U/min.	max. 300	
Screw pullback force	kN	34,3	
Cylinder heating power	W	ø14 235+465+2x450+850 ø18 235+465+2x650+1200	
Nozzle heating power	W	235	
Hopper capacity	Liter	7,5	
Clamping unit			
Clamping force	kN	129	
Clearance between bars	mm	259	
Max. platen daylight	mm	300	
Max. opening stroke (adjustable)	mm	200	
Min. mould height	mm	100	
Mould opening force	kN	23	
Mould closing force	kN	15	
Ejector stroke (max.)	mm	30	
Ejector force pushing / pulling	kN	13,5 / 9	
General			
Installed driving power	kW	5,5	
Installed total power	kW	8,76 / 400V	9,08 / 400V
Hydraulic system pressure	bar	160	
Oil tank capacity	Liter	115	
Dimensions and weights			
Dimensions (L x B x H)	mm	2103 x 810 x 1594	

Total weight net (without oil)	kg	770
Total weight gross (without oil)	kg	880
Case dimensions (L x B x H)	mm	ca. 2300 x 960 x 1600

Boy 22

Euromap Size	**220-52**

Injection unit for processing thermoplastics								
Screw diameter	mm	14	16	18	22	24	28	32
Screw L/D-ratio		18	20	20	17,5	16	13,5	12
Max. stroke volume (theoretical)	cm^3	6,1	16	20	30	36	49	64
Max. shot weight in PS	g	5,4	14	18	27	32	44	57
Injection force	kN	37,14			65,82			
Max. spec. injection pressure	bar	2413	3320	2587	1732	1455	1069	818
Max. screw stroke	mm	40			80			
Nozzle force / contact pressure	kN				48			
Nozzle retraction stroke	mm				180			
Screw torque	Nm	90	115	185	220 / 360			
Screw speed (infinitely variable)	U/min.	10 -300			10-250 (alternatively) 10-400 (standard)			
Screw pullback force	kN				22,8			
Cylinder heating power	W		22 A / M 22 D für 14er		2x750+1400+250+465 2300+1050+250+465 235+465+2x450+850			
Nozzle heating power	W				250			
Hopper capacity	Liter	7,5 / 13			13			
Clamping unit								
Clamping force	kN				220			
Clearance between bars	mm				254			
Max. platen daylight	mm				400			
Max. opening stroke (adjustable)	mm				200			
Min. mould height	mm				200			
Mould opening force	kN				40			
Mould closing force	kN				17,6			
Ejector stroke (max.)	mm				80			
Ejector force pushing / pulling	kN				18,1 / 12			
General								
Installed driving power	kW				5,5			
Installed total power	kW	22 A / M	9,2/400V			22 D	8,3/400V	
Hydraulic system pressure	bar				160			
Oil tank capacity	Liter				115 / 105[1]			

Dimensions and weights		**22 A / M / D**	**22 A / M / D VH**
Dimensions (L x B x H)	mm	2280 x 810 x 1625	1843 x 815 x 1838[2]
Total weight net (without oil)	kg	820	880
Total weight gross (without oil)	kg	940	1105
Case dimensions (L x B x H)	mm	2300 x 960 x 1600	2130 x 1050 x 2030

[1]) VV- & VH-machines

[2]) with opened safety gate 1897 mm

BOY 30

Euromap Size		306-79 also available with injection unit BOY 22 (52)		
Injection unit for processing thermoplastics				
Screw diameter	mm	24	28	32
Screw- L/D-ratio		22,3	19	16,6
Max. stroke volume (theoretical)	cm^3	43	58,5	76,5
Max. shot weight in PS	g	37	52	68
Injection force	kN	83		
Max. spec. injection pressure	bar	1810	1340	1030
Max. screw stroke	mm	95		
Nozzle force / contact pressure	kN	48		
Nozzle retraction stroke	mm	180		
Screw torque	Nm	240 / 400		
Screw speed (infinitely variable)	U/min.	10-250 (standard) 10-400 (alternatively)		
Screw pullback force	kN	22,8		
Cylinder heating power	W	2400+2x1250+735+250		
Nozzle heating power	W	250		
Hopper capacity	Liter	20		
Clamping unit				
Clamping force	kN	306		
Clearance between bars	mm	280 x 254 (h x v)		
Max. platen daylight	mm	500		
Max. opening stroke (adjustable)	mm	300		
Min. mould height	mm	200		
Mould opening force	kN	33		
Mould closing force	kN	24		
Ejector stroke (max.)	mm	80		
Ejector force pushing / pulling	kN	21 / 13,5		
General				
Installed driving power	kW	7,5		
Installed total power	kW	13,28 / 400V		
Hydraulic system pressure	bar	180		
Oil tank capacity	Liter	115		
Dimensions and weights				
Dimensions (L x B x H)	mm	2389 x 860 x 1900		
Total weight net (without oil)	kg	1150		
Total weight gross (without oil)	kg	1300		
Case dimensions (L x B x H)	mm	2300 x 960 x 1700		

BOY 50

Euromap Size		500-183 also available with injection unit BOY 30 (70)			
Injection unit for processing thermoplastics					
Screw diameter	mm	28	32	38	42
Screw- L/D-ratio		20,5	18	15	13,6
Max. stroke volume (theoretical)	cm^3	73,9	96,5	136,1	166,3
Max. shot weight in PS	g	66	86	121	148
Injection force	kN	152			
Max. spec. injection pressure	bar	2470	1891	1341	1098
Max. screw stroke	mm	120			
Nozzle force / contact pressure	kN	66			
Nozzle retraction stroke	mm	210			
Screw torque	Nm	330, 415			
Screw speed (infinitely variable)	U/min.	10-325 10-410			
Screw pullback force	kN	26,4			
Cylinder heating power	W	3x1750+930+225			
Nozzle heating power	W	225			
Hopper capacity	Liter	58			
Clamping unit					
Clamping force	kN	500			
Clearance between bars	mm	335 x 305 (h x v)			
Max. platen daylight	mm	600			
Max. opening stroke (adjustable)	mm	350			
Min. mould height	mm	250			
Mould opening force	kN	40,6			
Mould closing force	kN	18,3			
Ejector stroke (max.)	mm	80 (130) (150)			
Ejector force pushing / pulling	kN	18,1 / 12 (38 / 26,7)			
General					
Installed driving power	kW	11			
Installed total power	kW	15 / 400V			
Hydraulic system pressure	bar	160			
Oil tank capacity	Liter	215			
Dimensions and weights					
Dimensions (L x B x H)	mm	3385 x 1000 x 1995			
Total weight net (without oil)	kg	2270			
Total weight gross (without oil)	kg	2510			
Case dimensions (L x B x H)	mm	3630 x 1150 x 1895			

BOY 55

Euromap Size		550-205 also available with injection unit BOY 30 (79)			
Injection unit for processing thermoplastics					
Screw diameter	mm	28	32	38	42
Screw L/D-ratio		22,7	20,0	16,7	15,0
Max. stroke volume (theoretical)	cm^3	73,9	96,5	136,1	166,3
Max. shot weight in PS	g	67	87	122	150
Injection force	kN	171			
Max. spec. injection pressure	bar	2778	2127	1508	1235
Max. screw stroke	mm	120			
Nozzle force / contact pressure	kN	74,2			
Nozzle retraction stroke	mm	210			
Screw torque	Nm	370 / 395			
Screw speed (infinitely variable)	U/min.	10-395 10-315			
Screw pullback force	kN	29,7			
Cylinder heating power	W	3x2250+900+200			
Nozzle heating power	W	225			
Hopper capacity	Liter	58			
Clamping unit					
Clamping force	kN	550			
Clearance between bars	mm	360 x 335 (h x v)			
Max. platen daylight	mm	650			
Max. opening stroke (adjustable)	mm	400			
Min. mould height	mm	250			
Mould opening force	kN	38			
Mould closing force	kN	24,4			
Ejector stroke (max.)	mm	80 (130) (150)			
Ejector force pushing / pulling	kN	20,4 / 13,5 (38 / 26,7)			
General					
Installed driving power	kW	11			
Installed total power	kW	18,8 / 400V			
Hydraulic system pressure	bar	180			
Oil tank capacity	Liter	200			
Dimensions and weights					
Dimensions (L x B x H)	mm	3350 x 1150 x 2040			
Total weight net (without oil)	kg	2250			
Total weight gross (without oil)	kg	2490			
Case dimensions (L x B x H)	mm	3630 x 1300 x 1760			

BOY 80

Euromap Size		805-308 also available with injection unit BOY 50 (183)		
Injection unit for processing thermoplastics				
Screw diameter	mm	36	42	48
Screw- L/D-ratio		23	20	17
Max. stroke volume (theoretical)	cm^3	147,6	200,9	262,4
Max. shot weight in PS	g	132	179	234
Injection force	kN	212,3		
Max. spec. injection pressure	bar	2085	1532	1173
Max. screw stroke	mm	145		
Nozzle force / contact pressure	kN	65,3		
Nozzle retraction stroke	mm	250		
Screw torque	Nm	470, 540, 630		
Screw speed (infinitely variable)	U/min.	10-310, 10-360 10-415		
Screw pullback force	kN	46,2		
Cylinder heating power	W	3x3100+590+260		
Nozzle heating power	W	250		
Hopper capacity	Liter	58		
Clamping unit				
Clamping force	kN	805		
Clearance between bars	mm	410 x 358 (h x v)		
Max. platen daylight	mm	680		
Max. opening stroke (adjustable)	mm	430		
Min. mould height	mm	250		
Mould opening force	kN	60,3		
Mould closing force	kN	32,5		
Ejector stroke (max.)	mm	130 (150)		
Ejector force pushing / pulling	kN	18,1 / 12 (38 / 26,7)		
General				
Installed driving power	kW	15		
Installed total power	kW	20,04 / 400V		
Hydraulic system pressure	bar	160		
Oil tank capacity	Liter	290		
Dimensions and weights				
Dimensions (L x B x H)	mm	3895 x 1170 x 2055		
Total weight net (without oil)	kg	3250		
Total weight gross (without oil)	kg	3630		
Case dimensions (L x B x H)	mm	4000 x 1330 x 2000		

BOY 90

Euromap Size		900-346 also available with injection unit BOY 55 (205)		
Injection unit for processing thermoplastics				
Screw diameter	mm	36	42	48
Screw- L/D-ratio		23	20	17
Max. stroke volume (theoretical)	cm^3	147,6	200,9	262,4
Max. shot weight in PS	g	133	181	236
Injection force	kN		239	
Max. spec. injection pressure	bar	2347	1724	1320
Max. screw stroke	mm		145	
Nozzle force / contact pressure	kN		57,2	
Nozzle retraction stroke	mm		250	
Screw torque	Nm		540	
Screw speed (infinitely variable)	U/min.		10-415, 10-360 10-310	
Screw pullback force	kN		53	
Cylinder heating power	W		3x3205+520+250	
Nozzle heating power	W		250	
Hopper capacity	Liter		58	
Clamping unit				
Clamping force	kN		900	
Clearance between bars	mm		430 x 360 (h x v)	
Max. platen daylight	mm		725	
Max. opening stroke (adjustable)	mm		475	
Min. mould height	mm		250	
Mould opening force	kN		65	
Mould closing force	kN		47,2	
Ejector stroke (max.)	mm		130 (150)	
Ejector force pushing / pulling	kN		20,4 / 13,5 (42,7 / 30,0)	
General				
Installed driving power	kW		15	
Installed total power	kW		25,4 / 400V	
Hydraulic system pressure	bar		180	
Oil tank capacity	Liter		200	
Dimensions and weights				
Dimensions (L x B x H)	mm		3850 x 1190 x 2100	
Total weight net (without oil)	kg		3100	
Total weight gross (without oil)	kg		3480	
Case dimensions (L x B x H)	mm		4000 x 1350 x 1900	

Donde:

Screw diameter	=	Diámetro del husillo
Max. Stroke vol. (theorical)	=	Peso máximo de inyección
Max shot weight in Ps	=	Disparo máximo en libras
Injection force	=	Fuerza de inyección

Max. Spec. injection pressure	=	Presión máxima de inyección
Max. Screw stroke	=	Máxima carrera del husillo.
Nozzle force/contact pressure	=	Fuerza de boquilla/Presión de contacto.
Nozzle retraction force	=	Fuerza retractil de boquilla.
Screw torque	=	Torque del husillo
Screw speed	=	Velocidad del husillo
Screw pullback force	=	Fuerza retractile del husillo.
Cylinder heating power	=	Energía de calentamiento del husillo
Hopper capacity	=	Capacidad de tolva.
Clamping unit	=	Unidad de cierre
Clamping force	=	Fuerza de cierre
Clearance between bars	=	Distancia entre barras
Max. Platen daylight	=	Max. libramiento entre platinas.
Max opening stroke	=	Máxima carrera de apertura.
Min mould height	=	Mínima altura de molde
Mould opening force	=	Fuerza de apertura de molde
Mould dosing force	=	Fuerza de dosificación en molde.
Ejector stroke	=	Carrera de expulsor
Ejector force pushing / pulling	=	Fuerza de expulsor jalar / empuje.
Installed driving power	=	Energía instalada
Installed total power	=	Total de energía instalada
Hydraulic system pressure	=	Presión del sistema hidráulico
Oil tank capacity	=	Capacidad del tanque de aceite.
Dimension and Heights	=	Dimensiones
Total weight net (without oil)	=	Peso total neto (sin aceite).
Total weight gross (without oil)	=	Peso total bruto (sin aceite).
Case dimensions	=	Dimensiones de empaque

Maquinaria Negri Bossi. Serie NB, V160 y VE160.

Rendimientos eléctricos Negri Bossi

	NB 130	V160	VE160
Tiempo de ciclo	5.9 sec.	5.9 sec.	5.9 sec.
Peso inyectada	38.8 gr.	38.8 gr.	38.8 gr.
Numero de ciclos/ hora	620 c /hr	620 c /hr	620 c /hr
Producción/hora	23.7 kg/hr	23.7 kg/hr	23.7 kg/hr
Consumo horario	21.2 kW/hr	15.9 kW/hr	6.9 kW/hr
Consumo especifico	0.88 W/gr	0.66 W/gr	0.29 W/gr

Tratándose de las máquinas Serie ES, sus características principales son las siguientes:

Modelo-Unidad		ES200-2E			ES400-5E			ES600-9E		
Característica	Husillo	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Capacidad de Inyección	OZ.	0.4	0.6	0.8	1.2	1.6	2.2	2.3	3.0	3.8
	cm^3/disparo	13	18	25	35	49	65	69	90	114
Presión de Inyección	PSI	36970	28440	21190	36970	28440	21330	35270	27020	21330
	kgf/cm^2	2600	2000	1490	2600	2000	1500	2480	1900	1500
Fuerza de cierre	EU Tons	22			44			66		
	Tons	20			40			60		
Espacio entre barras	plg	10.2 x 10.2			12.2 x 12.2			13.6 x 13.6		
	mm	260 x 260			310 x 310			345 x 345		
Carrera de cierre	plg	7.9			9.4			10.2		
	mm	200			240			260		
Mínimo espesor de molde	plg	5.9			6.7			6.7		
	mm	150			170			170		
Máxima distancia de apertura	plg	17.7			21.3			24.0		
	mm	450			540			610		

(A, B, y C muestran especificaciones para diferentes tamaños de husillos y barriles disponibles para cada modelo de máquina.)

Las especificaciones para la Serie ES son las siguientes:

Modelo-Unidad		ES1000-9E			ES1000-12E			ES2000-18E		
Característica	Husillo	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Capacidad de Inyección	OZ.	2.3	3.0	3.8	3.4	4.3	5.3	5.0	6.1	7.7
	cm^3/disparo	69	90	114	101	127	157	148	182	231
Presión de Inyección	PSI	35270	27020	21330	32420	25600	20760	31570	25600	20190
	kgf/cm^2	2480	1900	1500	2280	1800	1460	2220	1800	1420
Fuerza de cierre	EU Tons	88			88			121		
	Tons	80			80			110		
Espacio entre barras	plg	15.2 x 15.2			15.2 x 15.2			16.5 x 16.5		
	mm	385 x 385			385 x 385			420 x 420		
Carrera de cierre	plg	11.8			11.8			13.8		
	mm	300			300			350		
Mínimo espesor de molde	plg	7.9			7.9			7.9		
	mm	200			200			200		
Máxima distancia de apertura	plg	26.4			26.4			29.5		
	mm	670			670			750		

(A, B, y C muestran especificaciones para diferentes tamaños de husillos y barriles disponibles para cada modelo de máquina.)

Especificaciones para otros modelos o unidades de la Serie ES:

Modelo-Unidad		ES3000-25E			ES4000-25E			ES4000-36E		
Característica	Husillo	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Capacidad de Inyección	OZ.	6.8	8.6	10.6	6.8	8.6	10.6	9.7	11.9	15.0
	cm^3/disparo	201	254	314	201	254	314	286	353	443
Presión de Inyección	PSI	30579	24179	19557	30579	24179	19557	29868	24179	19272
	kgf/cm^2	2150	1700	1375	2150	1700	1375	2100	1700	1355
Fuerza de cierre	EU Tons	171			198			198		
	Tons	155			180			180		
Espacio entre barras	plg	20.1 x 20.1			20.9 x 20.9			20.9 x 20.9		
	mm	510 x 510			530 x 530			530 x 530		
Carrera de cierre	plg	17.3			17.7			17.7		
	mm	440			450			450		
Mínimo espesor de molde	plg	7.9			9.8			9.8		
	mm	200			250			250		
Máxima distancia de apertura	plg	36.6			37.4			37.4		
	mm	930			950			950		

(A, B, y C muestran especificaciones para diferentes tamaños de husillos y barriles disponibles para cada modelo de máquina.)

Modelo-Unidad		ES5000-5E			ES6000-71E			ES7000-100LE		
Característica	Husillo	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Capacidad de Inyección	OZ.	13.6	17.1	21.6	18.7	23.7	30.1	26.2	33.2	-
	cm^3/disparo	403	505	639	554	701	891	776	982	-
Presión de Inyección	PSI	28517	22757	17992	28802	22757	17921	28802	22757	-
	kgf/cm^2	2005	1600	1265	2025	1600	1260	2025	1600	-
Fuerza de cierre	EU Tons	242			308			396		
	Tons	220			280			360		
Espacio entre barras	plg	23.2 x 23.2			26.0 x 26.0			28.9 x 28.9		
	mm	590 x 590			660 x 660			735 x 735		
Carrera de cierre	plg	20.9			23.6			25.6		
	mm	530			600			650		
Mínimo espesor de molde	plg	11.0			12.6			13.8		
	mm	280			320			350		
Máxima distancia de apertura	plg	42.5			47.2			52.0		
	mm	1080			1200			1320		

(A, B, y C muestra especificaciones para diferentes tamaños de husillos y barriles disponibles paea cada modelo de máquina.)

NORMAS ASTM

La organización American Society for Testing and Materials fue fundada en el año de 1898 y es la mayor organización en el mundo en desarrollar estándares para diversos tipos de materiales incluyendo el oro y plata.

ASTM desarrolla métodos de ensaye, especificaciones, guías, clasificaciones y terminologías en 130 áreas, tales como metales, pinturas, plásticos, textiles, petróleo construcción, energía, etc. Más de 10,000 normas ASTM son publicadas cada año en el libro anual de la ASTM.
Facilitan el comercio internacional al estandarizar los materiales.

Las normas ASTM son ante todo documentos donde se establecen los principios y requerimientos que deberá de cumplir cualquier material documentado. (Incluyendo Oro y Plata)
Cabe mencionar que estas Normas son mundialmente aceptadas.

Algunas de ellas son las siguientes:

D570-98 Standard Test Method for Water Absorption of Plastics
Developed by Subcommittee: D20.50
DOD Adopted; Building Codes;
Book of Standards Volume: 08.01

1. Scope
1.1 This test method covers the determination of the relative rate of absorption of water by plastics when immersed. This test method is intended to apply to the testing of all types of plastics, including cast, hot-molded, and cold-molded resinous products, and both homogeneous and laminated plastics in rod and tube form and in sheets 0.13 mm (0.005 in.) or greater in thickness.
1.2 The values given in SI units are to be regarded as the standard. The values stated in parentheses are for information only.
1.3 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.
Note 1-ISO 62 is technically equivalent to this test method.
D647 Practice for Design of Molds for Test Specimens of Plastic Molding Materials
ISO Standard: REFDOCTITLE: ISO 62 Plastics-Determination of Water Absorption

D792-00 Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement

Developed by Subcommittee: D20.70.01
DOD Adopted; Building Codes;
Book of Standards Volume: 08.01

1. Scope

1.1 These test methods describe the determination of the specific gravity (relative density) and density of solid plastics in forms such as sheets, rods, tubes, or molded items.

1.2 Two test methods are described:

1.2.1 *Test Method A* --For testing solid plastics in water, and

1.2.2 *Test Method B*--For testing solid plastics in liquids other than water.

Note 1--Alternatively, Test Method D1505 may be applied to many such forms, as well as to films and sheeting.

1.3 The values stated in SI units are to be regarded as the standard.

1.4 This standard does not purport to address all of the safety problems, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

Note 2--This standard is not equivalent to ISO 1183 Method A.

2. Referenced Documents

D618 Practice for Conditioning Plastics and Electrical Insulating Materials for Testing
D891 Test Methods for Specific Gravity, Apparent, of Liquid Industrial Chemicals
D1505 Test Method for Density of Plastics by the Density-Gradient Technique
D1622 Test Method for Apparent Density of Rigid Cellular Plastics
D4968 Guide for Annual Review of Test Methods and Specifications for Plastics
E1 Specification for ASTM Thermometers
E691 Practice for Conducting an Inter laboratory Study to Determine the Precision of a Test Method
D1898 Practice for Sampling of Plastics
E12 Terminology Relating to Density and Specific Gravity of Solids, Liquids, and Gases
E380 Practice for Use of the International System of Units (SI) (the Modernized Metric System)

D638-02a Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics

Developed by Subcommittee: D20.10
DOD Adopted; Building Codes;
Book of Standards Volume: 08.01

1. Scope

1.1 This test method covers the determination of the tensile properties of unreinforced and reinforced plastics in the form of standard dumbbell-shaped test specimens when tested under defined conditions of pretreatment, temperature, humidity, and testing machine speed.
1.2 This test method can be used for testing materials of any thickness up to 14 mm (0.55 in.). However, for testing specimens in the form of thin sheeting, including film less than 1.0 mm (0.04 in.) in thickness, Test Methods D882 is the preferred test method. Materials with a thickness greater than 14 mm (0.55 in.) must be reduced by machining.
1.3 This test method includes the option of determining Poisson's ratio at room temperature.
Note 1—this test method and ISO 527-1 are technically equivalent.
Note 2—this test method is not intended to cover precise physical procedures. It is recognized that the constant rate of crosshead movement type of test leaves much to be desired from a theoretical standpoint, that wide differences may exist between rate of crosshead movement and rate of strain between gage marks on the specimen, and that the testing speeds specified disguise important effects characteristic of materials in the plastic state. Further, it is realized that variations in the thicknesses of test specimens, which are permitted by these procedures, produce variations in the surface-volume ratios of such specimens, and that these variations may influence the test results. Hence, where directly comparable results are desired, all samples should be of equal thickness. Special additional tests should be used where more precise physical data are needed.
Note 3—This test method may be used for testing phenolic molded resin or laminated materials. However, where these materials are used as electrical insulation, such materials should be tested in accordance with Test Methods D229 and Test Method 651.
Note 4—For tensile properties of resin-matrix composites reinforced with oriented continuous or discontinuous high modulus >20-GPa (>3.0 10^6-psi) fibers, tests shall be made in accordance with Test Method D3039/D3039M.
1.4 Test data obtained by this test method are relevant and appropriate for use in engineering design.
1.5 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. The values given in parentheses are for information only.
1.6 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

2. Referenced Documents

D229 Test Methods for Rigid Sheet and Plate Materials Used for Electrical Insulation
D412 Test Methods for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers-Tension
D618 Practice for Conditioning Plastics for Testing
D882 Test Methods for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting
D883 Termninology Relating to Plastics
D1822 Test Method for Tensile-Impact Energy to Break Plastics and Electrical

Insulating Materials
D3039/D3039M Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials
D4000 Classification System for Specifying Plastic Materials
D4066 Specification for Nylon Injection and Extrusion Materials
D5947 Test Methods for Physical Dimensions of Solid Plastic Specimens
E4 Practices for Force Verification of Testing Machines
E83 Practice for Verification and Classification of Extensometer
E132 Test Method for Poisson's Ratio at Room Temperature
E691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test MethodISO Standard:
D651 Test Method for Tensile Strength of Molded Electrical Insulating Materials
ISO 527-1 Determination of Tensile Properties

D695-02a Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics

Developed by Subcommittee: D20.10
DOD Adopted; Building Codes;
Book of Standards Volume: 08.01

1. Scope
1.1 This test method covers the determination of the mechanical properties of unreinforced and reinforced rigid plastics, including high-modulus composites, when loaded in compression at relatively low uniform rates of straining or loading. Test specimens of standard shape are employed.
1.2 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. The values in parentheses are for information only.
Note 1—For compressive properties of resin-matrix composites reinforced with oriented continuous, discontinuous, or cross-ply reinforcements, tests may be made in accordance with Test Method D 3410.
1.3 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. A specific precautionary statement is given in Note 11.
Note 2—This test method is technically equivalent to ISO 604.
2. Referenced Documents
D618 Practice for Conditioning Plastics and Electrical Insulating Materials for Testing
D638 Test Method for Tensile Properties of Plastics
D4000 Classification System for Specifying Plastic Materials
D4066 Specification for Nylon Injection and Extrusion Materials
E4 Practices for Load Verification of Testing Machines
E83 Practice for Verification and Classification of Extensometers
E691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision

of Test Method
D3410 Test Method for Compressive Properties of Unidirectional or Crossply Fiber-Resin Composites

D790-02 Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials

Developed by Subcommittee: D20.10
DOD Adopted; Building Codes;
Book of Standards Volume: 08.01

1. Scope

1.1 These test methods cover the determination of flexural properties of unreinforced and reinforced plastics, including high-modulus composites and electrical insulating materials in the form of rectangular bars molded directly or cut from sheets, plates, or molded shapes. These test methods are generally applicable to both rigid and semirigid materials. However, flexural strength cannot be determined for those materials that do not break or that do not fail in the outer surface of the test specimen within the 5.0 % strain limit of these test methods. These test methods utilize a three-point loading system applied to a simply supported beam. A four-point loading system method can be found in Test Method D 6272.

1.1.1 Procedure A, designed principally for materials that break at comparatively small deflections.

1.1.2 Procedure B, designed particularly for those materials that undergo large deflections during testing.

1.1.3 Procedure A, shall be used for measurement of flexural properties, particularly flexural modulus, unless the material specification states otherwise. Procedure B may be used for measurement of flexural strength only. Tangent modulus data obtained by Procedure A tends to exhibit lower standard deviations than comparable data obtained by means of Procedure B.

1.2 Comparative tests may be run in accordance with either procedure, provided that the procedure is found satisfactory for the material being tested.

1.3 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. The values provided in parentheses are for information only.

1.4 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

Note 1—these test methods are not technically equivalent to ISO 178.

2. Referenced Documents

D618 Practice for Conditioning Plastics and Electrical Insulating Materials for Testing
D638 Test Method for Tensile Properties of Plastics
D883 Termninology Relating to Plastics

D4000 Classification System for Specifying Plastic Materials
D5947 Test Methods for Physical Dimensions of Solid Plastic Specimens D 6272
REFDOCTITLE: Test Method for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials by Four-Point Bending
E4 Practices for Load Verification of Testing Machines
E691 Practice for Conducting an Interlaboratory Test Program to Determine the Precision of Test Methods

D256-02e1 Standard Test Methods for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics

Developed by Subcommittee: D20.10
Building Codes;
Book of Standards Volume: 08.01

1. Scope

1.1 These test methods cover the determination of the resistance of plastics to "standardized" (see Note 1) pendulum-type hammers, mounted in "standardized" machines, in breaking standard specimens with one pendulum swing (see Note 2). The standard tests for these test methods require specimens made with a milled notch (see Note 3). In Test Methods A, C, and D, the notch produces a stress concentration that increases the probability of a brittle, rather than a ductile, fracture. In Test Method E, the impact resistance is obtained breakage by flexural shock as indicated by the energy extracted from by reversing the notched specimen 180° in the clamping vise. The results of all test methods are reported in terms of energy absorbed per unit of specimen width or per unit of cross-sectional area under the notch. (See Note 4.)

Note 1—The machines with their pendulum-type hammers have been "standardized" in that they must comply with certain requirements, including a fixed height of hammer fall that results in a substantially fixed velocity of the hammer at the moment of impact. However, hammers of different initial energies (produced by varying their effective weights) are recommended for use with specimens of different impact resistance. Moreover, manufacturers of the equipment are permitted to use different lengths and constructions of pendulums with possible differences in pendulum rigidities resulting. (See Section 5.) Be aware that other differences in machine design may exist. The specimens are "standardized" in that they are required to have one fixed length, one fixed depth, and one particular design of milled notch. The width of the specimens is permitted to vary between limits.

Note 2—Results generated using pendulums that utilize a load cell to record the impact force and thus impact energy, may not be equivalent to results that are generated using manually or digitally encoded testers that measure the energy remaining in the pendulum after impact.

Note 3—The notch in the Izod specimen serves to concentrate the stress, minimize plastic deformation, and direct the fracture to the part of the specimen behind the notch. Scatter in energy-to-break is thus reduced. However, because of differences

in the elastic and viscoelastic properties of plastics, response to a given notch varies among materials. A measure of a plastic's "notch sensitivity" may be obtained with Test Method D by comparing the energies to break specimens having different radii at the base of the notch.
Note 4—Caution must be exercised in interpreting the results of these standard test methods. The following testing parameters may affect test results significantly:

Method of fabrication, including but not limited to processing technology, molding conditions, mold design, and thermal treatments;
Method of notching;
Speed of notching tool;
Design of notching apparatus;
Quality of the notch;
Time between notching and test;
Test specimen thickness,
Test specimen width under notch, and
Environmental conditioning.

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. The values given in parentheses are for information only.
1.3 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.
Note 5—these test methods resemble ISO 180:1993 in regard to title only. The contents are significantly different.
2. Referenced Documents
D618 Practice for Conditioning Plastics for Testing
D883 Terminology Relating to Plastics
D3641 Practice for Injection Molding Test Specimens of Thermoplastics Molding Extrusion Materials
D4000 Classification System for Specifying Plastic Materials
D4066 Specification for Nylon Injection and Extrusion Materials
D4812 Test Methods for Unnoticed Cantilever Beam Impact Strength of Plastics
E691 Practice for Conducting an Interlaboratory Test Program to Determine the Precision of Test Methods ISO Standard:
ISO 180:1993 Plastics-Determination of Izod Impact Strength of Rigid Materials

D732-02 Standard Test Method for Shear Strength of Plastics by Punch Tool

Developed by Subcommittee: D20.10
DOD Adopted; Building Codes;
Book of Standards Volume: 08.01

1. Scope

1.1 This test method covers the punch-type of shear test and is intended for use in determining the shear strength of test specimens of organic plastics in the form of sheets and molded disks in thicknesses from 0.127 to 12.7 mm (0.050 to 0.500 in.).

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. The values given in parentheses are for information only.

1.3 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

Note 1—there is no known ISO equivalent to this standard.

2. Referenced Documents

D618 Practice for Conditioning Plastics and Electrical Insulating Materials for Testing

D4000 Classification System for Specifying Plastic Materials

D4066 Specification for Nylon Injection and Extrusion Materials

E4 Practices for Load Verification of Testing Machines

E691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method

D785-98e1 Standard Test Method for Rockwell Hardness of Plastics and Electrical Insulating Materials

Developed by Subcommittee: D20.10

DOD Adopted; Building Codes;

Book of Standards Volume: 08.01

1. Scope

1.1 This test method covers two procedures for testing the indention hardness of plastics and related plastic electrical insulating materials by means of the Rockwell hardness tester.

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. The values given in parentheses are for information only.

1.3 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

Note 1—this test method and ISO 2039-2 are equivalent.

2. Referenced Documents

D617 Test Method for Punching Quality of Phenolic Laminated Sheets

D618 Practice for Conditioning Plastics and Electrical Insulating Materials for Testing

D883 Terminology Relating to Plastics

D2240 Test Method for Rubber Property-Durometer Hardness

D4000 Classification System for Specifying Plastic Materials
E18 Test Methods for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials
E691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method ISO Standards ISO 2039-2 Plastics-^REFDOCTITLE: Determination of Hardness-Part 2: Rockwell Hardness

D2240-02b Standard Test Method for Rubber Property—Durometer Hardness

Developed by Subcommittee: D11.10
DOD Adopted; Building Codes;
Book of Standards Volume: 09.01

1. Scope
1.1 This test method describes twelve types of rubber hardness measurement devices known as durometers: Types A, B, C, D, DO, E, M, O, OO, OOO, OOO-S, and R. The procedure for determining indentation hardness of substances classified as thermoplastic elastomers, vulcanized (thermoset) rubber, elastomeric materials, cellular materials, gel-like materials and some plastics is also described.
1.2 This test method is not equivalent to other indentation hardness methods and instrument types, specifically those described in Test Method D 1415.
1.3 This test method is not applicable to the testing of coated fabrics.
1.4 The values stated in SI units are to be regarded as standard. The values given in parentheses are for information only. Many of the stated dimensions in SI are direct conversions from the U. S. Customary System to accommodate the instrumentation, practices and procedures that existed prior to the Metric Conversion Act of 1975.
1.5 All materials, instruments, or equipment used for the determination of mass, force or dimension shall have traceability to the National Institute for Standards and Technology, or other internationally recognized organization parallel in nature.
1.6 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.
2. Referenced Documents
D374 Test Methods for Thickness of Solid Electrical Insulation
D618 Practice for Conditioning Plastics for Testing
D785 Test Method for Rockwell Hardness of Plastics and Electrical Insulating Materials
D1349 Practice for Rubber-Standard Temperatures For Testing
D1415 Test Method for Rubber Property-International Hardness
D4483 Practice for Determining Precision for Test Method Standards in the Rubber and Carbon Black Industries
F1957 Test Method for Composite Foam Hardness-Durometer Hardness

D648-01 Standard Test Method for Deflection Temperature of Plastics Under Flexural Load in the Edgewise Position

Developed by Subcommittee: D20.30
DOD Adopted; Building Codes;
Book of Standards Volume: 08.01

1. Scope

1.1 This test method covers the determination of the temperature at which an arbitrary deformation occurs when specimens are subjected to an arbitrary set of testing conditions.

1.2 This test method applies to molded and sheet materials available in thicknesses of 3 mm (1/8 in.) or greater and which are rigid at normal temperature.

Note 1—Sheet stock less than 3 mm (0.125 in.) but more than 1 mm (0.040 in.) in thickness may be tested by use of a composite sample having a minimum thickness of 3 mm. The laminae must be of uniform stress distribution. One type of composite specimen has been prepared by cementing the ends of the laminae together and then smoothing the edges with sandpaper. The direction of loading shall be perpendicular to the edges of the individual laminae.

1.3 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. The values given in parentheses are for information only.

1.4 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

Note 2—The test method described as a Method B of this test method, and test methods Ae and Be of ISO 75-1 and ISO 75-2, 1993 are technically equivalent.

2. Referenced Documents

D618 Practice for Conditioning Plastics for Testing
D883 Terminology Relating to Plastics
D5947 Test Methods for Physical Dimensions of Solid Plastics Specimens
E1 Specification for ASTM Thermometers
E77 Test Method for Inspection and Verification of Thermometers
E177 Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods
E220 Test Method for Calibration of Thermocouples by Comparison Techniques
E644 Test Methods for Testing Industrial Resistance Thermometers
E691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method
E879 Specification for Thermistor Sensors for Clinical Laboratory Temperature Measurement
E1137 Specification for Industrial Platinum Resistance ThermometersISO Standards:
D1898 Practice for Sampling of Plastics
D1999 Guide for Selection of Specimens and Test Parameters from ISO/IEC Standards

E608 Specification for Metal-Sheathed Base-Metal Thermocouples
ISO 75-1 Plastics-Determination of Temperature of Deflection Under Load-Part 1: General Test Method
ISO 75-2 Plastics-Determination of Temperature of Deflection Under Load-Part 2: Plastics and EboniteNIST Document:
NBS Special Publication 250-22

D648-01 Standard Test Method for Deflection Temperature of Plastics Under Flexural Load in the Edgewise Position

Developed by Subcommittee: D20.30
DOD Adopted; Building Codes;
Book of Standards Volume: 08.01
Developed by Subcommittee: D20.30

1. Scope

1.1 This test method covers the determination of the temperature at which an arbitrary deformation occurs when specimens are subjected to an arbitrary set of testing conditions.

1.2 This test method applies to molded and sheet materials available in thicknesses of 3 mm (1/8 in.) or greater and which are rigid at normal temperature.

Note 1—Sheet stock less than 3 mm (0.125 in.) but more than 1 mm (0.040 in.) in thickness may be tested by use of a composite sample having a minimum thickness of 3 mm. The laminae must be of uniform stress distribution. One type of composite specimen has been prepared by cementing the ends of the laminae together and then smoothing the edges with sandpaper. The direction of loading shall be perpendicular to the edges of the individual laminae.

1.3 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. The values given in parentheses are for information only.

1.4 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

Note 2—The test method described as a Method B of this test method, and test methods Ae and Be of ISO 75-1 and ISO 75-2, 1993 are technically equivalent.

2. Referenced Documents

D618 Practice for Conditioning Plastics for Testing
D883 Terminology Relating to Plastics
D5947 Test Methods for Physical Dimensions of Solid Plastics Specimens
E1 Specification for ASTM Thermometers
E77 Test Method for Inspection and Verification of Thermometers
E177 Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods
E220 Test Method for Calibration of Thermocouples by Comparison Techniques
E644 Test Methods for Testing Industrial Resistance Thermometers
E691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method

E879 Specification for Thermistor Sensors for Clinical Laboratory Temperature Measurement
E1137 Specification for Industrial Platinum Resistance ThermometersISO Standards:
D1898 Practice for Sampling of Plastics
D1999 Guide for Selection of Specimens and Test Parameters from ISO/IEC Standards
E608 Specification for Metal-Sheathed Base-Metal Thermocouples
ISO 75-1 Plastics-Determination of Temperature of Deflection Under Load-Part 1: General Test Method
ISO 75-2 Plastics-Determination of Temperature of Deflection Under Load-Part 2: Plastics and EboniteNIST Document:
NBS Special Publication 250-22

D3418-99 Standard Test Method for Transition Temperatures of Polymers By Differential Scanning Calorimetry

Developed by Subcommittee: D20.30
DOD Adopted;
Book of Standards Volume: 08.02

1. Scope
1.1 This test method covers determination of transition temperatures of polymers (Note 1) by differential thermal analysis or differential scanning calorimetry.
Note 1-First-order transition temperatures or melting points of semicrystalline polymers may also be determined or approximated by the procedures found in Test Method D 2117 and Test Methods D 789.
1.2 This test method is applicable to polymers in granular form (below 60 mesh preferred, avoiding grinding if possible) or to any fabricated shape from which appropriate samples can be cut.
1.3 The normal operating temperature range is from the cryogenic region to 600°C. With special equipment, the temperature range can be extended.
1.4 The values stated in SI units are to be regarded as the standard.
1.5 This standard may involve hazardous materials, operations, and equipment. This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.
Note 2- To date, there is no similar or equivalent approved ISO standard.
2. Referenced Documents
D789 Test Methods for Determination of Relative Viscosity, Melting Point, and Moisture Content of Polyamide (PA)
D3417 Test Method for Enthalpies of Fusion and Crystallization of Polymers by Differential Scanning Calorimetry
E473 Termninology Relating to Thermal Analysis
E563 Practice for Preparation and Use of Freezing Point Reference Baths

E793 Test Method for Heats of Fusion and Crystallization by Differential Scanning Calorimetry
E794 Test Method for Melting and Crystallization Temperature by Thermal Analysis
E967 Practice for Temperature Calibration of Differential Scanning Calorimeters and Differential Thermal Analyzers
E1142 Termninology Relating to Thermophysical Properties
E1356 Test Method for Glass Transition Temperatures by Differential Scanning Calorimetry or Differential Thermal Analysis
E1953 Practice for Description of Thermal Analysis ApparatusISO Standards:11357-1^REFDOCTITLE: Plastics-Differential Scanning Calorimetry (DSC)-Part 1: General Principles11357-2^REFDOCTITLE: Plastics-Differential Scanning Calorimetry (DSC)-Part 2: De

F433-02 Standard Practice for Evaluating Thermal Conductivity of Gasket Materials

Developed by Subcommittee: F03.10
Book of Standards Volume: 09.02

1. Scope
1.1 This practice covers a means of measuring the amount of heat transfer quantitatively through a material or system.
1.2 This practice is similar to the Heat Flow Meter System of Method C 518, but modified to accommodate small test samples of higher thermal conductance.
1.3 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. The values given in parentheses are for information only.
1.4 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.
2. Referenced Documents
C518 Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus
D2214 Test Method for Estimating the Thermal Conductivity of Leather with the Cenco-Fitch Apparatus
F104 Classification System for Nonmetallic Gasket Materials

D149-97a Standard Test Method for Dielectric Breakdown Voltage and Dielectric Strength of Solid Electrical Insulating Materials at Commercial Power Frequencies

Developed by Subcommittee: D09.12
DOD Adopted; Building Codes; ANSI Approved
Book of Standards Volume: 10.01

1. Scope

1.1 This test method covers procedures for the determination of dielectric strength of solid insulating materials at commercial power frequencies, under specified conditions.

1.2 Unless otherwise specified, the tests shall be made at 60 Hz. However, this test method may be used at any frequency from 25 to 800 Hz. At frequencies above 800 Hz dielectric heating may be a problem.

1.3 This test method is intended to be used in conjunction with any ASTM standard or other document that refers to this test method. References to this document should specify the particular options to be used (see 5.5).

1.4 It may be used at various temperatures, and in any suitable gaseous or liquid surrounding medium.

1.5 This test method is not intended for measuring the dielectric strength of materials that are fluid under the conditions of test.

1.6 This test method is not intended for use in determining intrinsic dielectric strength, direct-voltage dielectric strength, or thermal failure under electrical stress (see Test Method D3151).

1.7 This test method is most commonly used to determine the dielectric breakdown voltage through the thickness of a test specimen (puncture). It may also be used to determine dielectric breakdown voltage along the interface between a solid specimen and a gaseous or liquid surrounding medium (flashover). With the addition of instructions modifying Section 12, this test method may be used for proof testing.

1.8 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. Specific hazard statements are given in Section 7. Also see Note 1.

2. Referenced Documents

D374 Test Methods for Thickness of Solid Electrical Insulation

D618 Practice for Conditioning Plastics and Electrical Insulating Materials for Testing

D877 Test Method for Dielectric Breakdown Voltage of Insulating Liquids Using Disk Electrodes

D1711 Terminology Relating to Electrical Insulation

D2413 Methods for Preparation and Electrical Testing of Insulating Paper and Board Impregnated with a Liquid Dielectric

D3151 Test Method for Thermal Failure of Solid Electrical Insulating Materials Under Electric Stress

D3487 Specification for Mineral Insulating Oil Used in Electrical Apparatus

D5423 Specification for Forced-Convection Laboratory Ovens for Electrical Insulation IEC Standard:

Pub. 243-1 Methods of Test for Electrical Strength of Solid Insulating Materials-Part 1: Tests at Power Frequencies ANSI Standard:

C68.1 Techniques for Dielectric Tests, IEEE Standard No. 4

D257-99 Standard Test Methods for DC Resistance or Conductance of Insulating Materials

Developed by Subcommittee: D09.12
DOD Adopted; ANSI Approved
Book of Standards Volume: 10.01

1. Scope

1.1 These test methods cover direct-current procedures for the determination of dc insulation resistance, volume resistance, volume resistivity, surface resistance, and surface resistivity of electrical insulating materials, or the corresponding conductances and conductivities.

1.2 These test methods are not suitable for use in measuring the electrical resistivity/conductivity of moderately conductive materials. Use Test Method D4496 to evaluate such materials.

1.3 The test methods and procedures appear in the following sections:

Test Method or Procedure Section Calculation 13 Choice of Apparatus and Test Method 7 Cleaning Solid Specimens 10.1 Conditioning of Specimens 11 Effective Area of Guarded Electrode X2 Electrode Systems 6 Factors Affecting Insulation Resistance or Conductance X1 Measurements Humidity Control 11.2 Liquid Specimens and Cells 9.4 Precision and Bias 15 Procedure for the Measurement of Resistance or Conductance 12 Referenced Documents 2 Report 14 Sampling 8 Significance and Use 5 Specimen Mounting 10 Summary of Test Methods 4 Terminology 3 Test Specimens for Insulation, Volume, and Surface 9 Resistance or Conductance Determination Typical Measurement Methods X3

1.3 This standard does not purport to address all of the safety problems, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. For a specific hazard statement, see Note 1.

2. Referenced Documents

D150 Test Methods for AC Loss Characteristics and Permittivity Dielectric Contant of Solid Electrical Insulation
D374 Test Methods for Thickness of Solid Electrical Insulation
D618 Practice for Conditioning Plastics for Testing
D1169 Test Method for Specific Resistance (Resistivity) of Electrical Insulating Liquids
D1711 Termninology Relating to Electrical Insulation
D4496 Test Method for DC Resistance or Conductance of Moderately Conductive Materials
D5032 Practice for Maintaining Constant Relative Humidity by Means of Aqueous Glycerin Solutions
E104 Practice for Maintaining Constant Relative Humidity by Means of Aqueous Solutions

D150-98 Standard Test Methods for AC Loss Characteristics and Permittivity (Dielectric Constant) of Solid Electrical Insulation

Developed by Subcommittee: D09.12
DOD Adopted; ANSI Approved
Book of Standards Volume: 10.01

1. Scope

1.1 These test methods cover the determination of relative permittivity, dissipation factor, loss index, power factor, phase angle, and loss angle of specimens of solid electrical insulating materials when the standards used are lumped impedances. The frequency range that can be covered extends from less than 1 Hz to several hundred megahertz.

Note 1-In common usage, the word relative is frequently dropped.

1.2 Since some materials require special treatment, the reader may also wish to consult other ASTM standards or documents directly applicable to the material to be tested.

1.3 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. For specific hazard statements, see 6.2.6.1 and 9.2.1.

2. Referenced Documents

D374 Test Methods for Thickness of Solid Electrical Insulation
D618 Practice for Conditioning Plastics for Testing
D1082 Test Method for Dissipation Factor and Permittivity (Dielectric Constant) of Mica
D1531 Test Method for Relative Permittivity (Dielectric Constant) and Dissipation Factor by Fluid Displacement Procedures
D1711 Terminology Relating to Electrical Insulation
D5032 Practice for Maintaining Constant Relative Humidity by Means of Aqueous Glycerin Solutions
E104 Practice for Maintaining Constant Relative Humidity by Means of Aqueous Solutions
E197 Specifications for Enclosures and Servicing Units for Tests Above and Below Room Temperature.

E831-00 Standard Test Method for Linear Thermal Expansion of Solid Materials by Thermomechanical Analysis

Developed by Subcommittee: E37.01
DOD Adopted; Building Codes;
Book of Standards Volume: 14.02

1. Scope

1.1 This test method covers determination of linear thermal expansion of solid materials using thermomechanical analysis techniques.
1.2 This test method is applicable to solid materials that exhibit sufficient rigidity over the test temperature range such that the sensing probe does not produce indentation of the specimen.
1.3 The lower limit of coefficient of linear thermal expansion measured with this test method is 5 [mu]m/(m[dot]°C). The test method may be used at lower (or negative) expansion levels with decreased accuracy and precision (see Section 11).
1.4 This test method is applicable to the temperature range from -120°C to 600°C. The temperature range may be extended depending upon the instrumentation and calibration materials used.
1.5 Computer or electronic based instruments, techniques, or data treatment equivalent to this test method may also be used. Users of this test method are expressly advised that all such instruments or techniques may not be equivalent. It is the responsibility of the user to determine the necessary equivalency prior to use. In the case of dispute, only the manual procedures described in this test method are to be considered valid.
1.6 This standard does not purport to address all of the safety problems, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

2. Referenced Documents

D696 Test Method for Coefficient of Linear Thermal Expansion of Plastics Between 30C and 30C
D3386 Test Method for Coefficient of Linear Thermal Expansion of Electrical Insulating Materials
E228 Test Method for Linear Thermal Expansion of Solid Materials with a Vitreous Silica Dilatometer
E473 Termninology Relating to Thermal Analysis
E1142 Termninology Relating to Thermophysical Properties
E1363 Test Method for Temperature Calibration of Thermomechanical AnalyzersISO Standards:
ISO 11359-2 Plastics-Thermomechanical Analysis (TMA)-Part 2: Determination of Coefficient of Linear Thermal Expansion and Glass Transition Temperature

D5336-00 Standard Specification for Polyphthalamide (PPA) Injection Molding Materials

Developed by Subcommittee: D20.15
Book of Standards Volume: 08.03

1. Scope

1.1 This specification covers polyphthalamide materials suitable for injection molding.
1.2 The properties included in this specification are those required to identify the compositions covered. There may be other requirements necessary to identify

particular characteristics important to specialized applications. These may be specified by using suffixes as given in Section 5.

1.3 This specification is intended to be a means of calling out plastics materials used in the fabrication of end items or parts. It is not intended for the selection of materials. Material selection should be made by those having expertise in the plastics field after careful consideration of the design and the performance required of the part, the environment to which it will be exposed, the fabrication process to be employed, the inherent properties of the material other than those covered by this specification, and the economics.

1.4 The values stated in SI units are to be regarded as the standard (see Practice E380).

1.5 The following precautionary caveat pertains only to the test methods portion, Section 12, of this specification: This standard does not purport to address all of the safety problems, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. Specific precautionary statements are given in Note 5.

Note 1-There is no similar or equivalent ISO standard. Note 2-Property tables will be developed using specimens and methods recommended in Guide D1999.

2. Referenced Documents

D256 Test Methods for Determining the Pendulum Impact Resistance of Notched Specimens of Plastics

D618 Practice for Conditioning Plastics and Electrical Insulating Materials for Testing

D638 Test Method for Tensile Properties of Plastics

D648 Test Method for Deflection Temperature of Plastics Under Flexural Load

D790 Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials

D792 Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement

D883 Terminology Relating to Plastics

D1600 Terminology for Abbreviated Terms Relating to Plastics

D2857 Practice for Dilute Solution Viscosity of Polymers

D3418 Test Method for Transition Temperatures of Polymers by Thermal Analysis

D3641 Practice for Injection Molding Test Specimens of Thermoplastic Molding and Extrusion Materials

D3835 Test Method for Determination of Properties of Polymeric Materials by Means of a Capillary Rheometer

D3892 Practice for Packaging/Packing of Plastics

D4000 Classification System for Specifying Plastic Materials

D5225 Test Method for Measuring Solution Viscosity of Polymers with a Differential Viscometer

D5630 Test Method for Ash Content in Thermoplastics

D5740 Guide for Writing Material Standards in the D 4000 Format

E29 Practice for Using Significant Digits in Test Data to Determine Conformance with Specifications

D4019 Test Method for Moisture in Plastics by Coulometric Regeneration of Phosphorus Pentoxide
IEEE/ASTM SI-10 Standard for Use of the International System of Units (SI): The Modern Metric System Underwriters Laboratories Standard:
UL94 Standard for Tests for Flammability of Plastic Materials

CONCLUSIONES

1 Es necesario que el ingeniero y el estudiante comprendan los conceptos básicos de adquisición de maquinaria de inyección de plástico, para tener un buen criterio en la selección de la producción, y realizar una buena inversión.

2 El conocimiento del producto es tan importante como la máquina misma, pero a su vez sus características hacen posible la selección del material a escoger, puesto que el material ya tiene definidas las aplicaciones, solo se deberá encontrar el más acercado a las del producto en su transformación y funciones.

3 La importancia de conocer una máquina siempre ha estado en la actitud de los ingenieros, y los procesos de transformación nos satisfacen al conocerlos, esa necesidad de interconectar las especificaciones del diseño, el material, el proceso, la maquinaria, el producto terminado y sus aplicaciones.

4 La adquisición de una maquinaria industrial siempre genera responsabilidades económicas y profesionales, pero cuando se habla de saber qué se adquiere, aunque haya profesionales en ventas de los mismos fabricantes de maquinaria en el mundo, no se debe dejar a un lado que nosotros somos los responsables de que las especificaciones no queden por debajo de las necesidades: Demasiado justas puede ser riesgoso, y también cuando éstas quedan muy por encima de lo esperado.

5 Esta tesis fue basada en la necesidad de emprender un negocio de inyección de plástico, que para los posibles inversionistas que no son ingenieros suena a algo demasiado difícil, o algunos otros creen demasiado fácil. Por eso se enfocó en la adquisición real de maquinaria y sus posibles variantes.

6 La selección de la pieza a producir es un modelo sencillo el cual tiene una gran demanda real en nuestro país, pero cuando se habla de un negocio de maquinaria, se piensa que se debe vender volumen con un diseño complicado, con plásticos especiales, con muchas características, pero en muchas de las ocasiones se tiene enfrente una producción que nos puede llevar a crecer nuestra inversión.

CONTRIBUCIONES

1 En esta investigación se realizó un manual, con el objeto de poder hacer comprender a cualquier persona la importancia y seriedad de una inversión en el ramo de la transformación del plástico, resultando los puntos básicos para la selección de maquinaria de inyección de plástico.

2 En cuanto a la selección de plásticos, la investigación nos llevó a un método sencillo tomando en cuenta los plásticos comerciales, el cual se basa en el diagrama general de comportamiento y una tabla de secuencia, siendo así claro y su resultado es objetivo.

3 Los casos prácticos tienen un desarrollo sencillo en el cual se obtiene la fuerza de cierre en toneladas, además tiene datos para su obtención por medio del peso de la inyección, que todos los fabricantes de maquinaria manejan en sus especificaciones o en dado caso se puede solicitar, siempre y cuando comprueben que somos clientes potenciales.

4 Además, en el trabajo de campo tenemos datos de maquinaria eléctrica, la cual se recomienda en el estudio por su bajo consumo eléctrico, bajo nivel de ruido y eliminación de gastos por mantenimientos. En este inciso podremos ver el potencial de esta clase de maquinaria para años futuros en los cuales en bajo consumo eléctrico no será una opción para subsistir, si no para laborar.

Investigación Futura

Al investigar sobre maquinaria de inyección de plástico, hablamos de los tipos de moldes existentes en el mercado y la poca participación que tenemos los mexicanos en cuanto al desarrollo de tecnología. Una investigación a desarrollar siempre podrá ser la de tecnología de moldes, materiales y mantenimiento. Recordemos que un negocio debe atacar áreas de oportunidad.

BIBLIOGRAFÍA

Guía de Materiales Plásticos, Hellerich / Harsch / Haenle, Hanser Publishers, 1989.

Industrial Plastics, Ronald J. Baird / David T. Baird, Good Heart – Wilcox, 1986.

Introduction to Industrial Polymers, Henri Ulrich, SPE Books from Hanser Publisers, 1993.

Los Plásticos, Materiales de Nuestros Tiempos, Editado por ANAIP Confederación Española de los Empresarios del Plástico y Centro Español del Plástico, 1991.

Plastics for Engineers, Material, Properties, Applications, Hans Domininghaus, Hanser Publishers, 1993.

Manual de Plástico, C. Chaussin, Editorial Hispano Europea, 1967.

Simple Methods for identification of plastics, Deitrich Braun, Hanser Publishers Second Edition, 1986.

Manual para la Identificación de Plásticos, Instituto Mexicano del Plástico Industrial, 1989.

Polymer Characterization, Schoder / Muller / Arndt, Hanser Publishers, 1989.

Injection Molding Alternatives, Jack Avery, Hanser Publishers, 1998.

Injection Molding Machines, F. Johannaber, Hanser Publishers, 1985.

Injection Molding Handbook, Editado por Dominik V. Rosato / Donald V. Rosato, Van Nostrand Reinhold Company, 1986.

Injection Molds, Gastrow, Editado por K. Stoeckhert, Hanser Publishers, 1983.

Injection Molds and Molding, Joseph B. Dym, Van Nostrand Reinhold Company, 1987.

Enciclopedia del Plástico 2002, tomo I al III, edición 2002.

Historia de las cosas, Martín Cagliani, Universidad de Buenos Aires, 2003.

Gran Diccionario de la Lengua Española, Ed. Larousse, Edición 2000.

Enciclopedia Encarta, Polymers, Enciclopedia 2003 (Inglés), Ed. Microsoft Encarta Online.

Páginas de Internet consultadas:

a) www.astm.org,
Fecha de consulta: 20 de Agosto, 2003.

b) INSTITUTO MEXICANO DEL PLASTICO INDUSTRIAL, S.C.
www.impi.com.mx
Fecha de consulta: 17 de Junio, 2003.

c) NISSEI MÉXICO, S.A. DE C.V.
www.nisseimx.com
Fechas de consulta: 10 de Agosto, 2003 y 20 de Octubre, 2003.

d) BOY
www.dr-boy.de
Fechas de consulta: 25 de Julio 2003, 10 de Septiembre 2003 y 15 de Octubre 2003.