

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA



CONTRIBUCION AL ESTUDIO DE LA TECNOLOGIA
DE LOS MATERIALES PLASTICOS

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A

FERNANDO AUGUSTO CALZADA BEJAR

México, D. F.

1975



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CLAS. Tesis
ADQ. 1975
FECHA
PROC. Mt. 51



J U R A D O

PRESIDENTE

JULIO TERAN ZAVALA

V O C A L

HECTOR ZOBOL ZASLAV

SECRETARIO

ANTONIO FRIAS MENDOZA

1er. SUPLENTE

FERNANDO ITURBE HERMANN

2do. SUPLENTE

ALFREDO R. BARRON RUIZ

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA

FAC DE QUIMICA DE LA U.N.A.M.



A S E S O R

ANTONIO FRIAS MENDOZA



S U S T E N T A N T E

FERNANDO A. CALZADA BEJAR

Con todo mi amor y profundo respeto.
A mis padres:

Fernando y Ma. de los Angeles.

Quienes con su abnegación, ejemplo y sacrificio supieron encausar mi vida.

A Cristina, mi amada esposa.
A nuestro hijo, fruto de
nuestro gran amor.

A mis queridos hermanos:

Ramón Guillermo.

Ma. Guadalupe.

Manuel Adolfo.

Ma. de los Angeles.

A la memoria de:

Petra, Isabel y José Alfonso.

A mi abuelito Ramón.

A mi tía Rosario.

A Alejandrina y Jesús Alfonso.

A la familia Calzada-Iturbe.

A Dn. Enrique De la Luz y familia.

A Antonio Frias Mendoza.
Buen maestro y gran amigo.

Al H. Jurado.

CONTENIDO

CAP.	PAG.
1.- INTRODUCCION.....	1
2.- CONSIDERACIONES GENERALES ACERCA DE LA INDUSTRIA DE - LOS MATERIALES PLASTICOS.....	3
2.1.- LOS MATERIALES PLASTICOS.....	3
A.- DEFINICION.....	3
B.- GENERALIDADES.....	3
2.2.- LA INDUSTRIA DE LOS MATERIALES PLASTICOS.....	5
2.3.- ESTRUCTURA DE PRODUCCION DE LA INDUSTRIA DE LAS RESINAS SINTETICAS.....	6
2.4.- ESTRUCTURA DE LA INDUSTRIA ELABORADORA DE PLASTI- COS.....	9
2.5.- ESTRUCTURA DE LA DEMANDA DE PRODUCTOS PLASTICOS.	12
3.- DESCRIPCION DE LAS PROPIEDADES DE DISEÑO DE LOS MATE- RIALES PLASTICOS.....	18
3.1.- CLASIFICACION DE LOS MATERIALES PLASTICOS.....	18
3.2.- LA FAMILIA DE LOS TERMOPLASTICOS.....	18
3.2.1 HOMOPOLIMEROS ACETALICOS; 3.2.2 COPOLIMEROS ACE- TALICOS; 3.2.3 ACRILICOS; 3.2.4 ACRILICO-PVC; 3.2.5 ABS; 3.2.6 ABS-PVS; 3.2.7 ABS-POLICARBONATO; 3.2.8 - ASA; 3.2.9 ACETATO DE CELULOSA; 3.2.10 BUTIRACETATO - DE CELULOSA; 3.2.11 EVA; 3.2.12 FEP; 3.2.13 MBS; - - 3.2.14 POLIAMIDAS. NYLON-6; 3.2.15 POLIAMIDAS TRANSPA- RENTES; 3.2.16 POLIBUTADIENO; 3.2.17 POLIBUTENO-1; - - 3.2.18 POLICARBONATOS; 3.2.19 POLIETILENO A.D.; 3.2.20 POLIETILENO B.D.; 3.2.21 PPO; 3.2.22 POLIPROPILENO; - 3.2.23 POLIESTIRENO P.G.; 3.2.24 POLISULFONAS; 3.2.25 PTFE; 3.2.26 PVC PLASTIFICADO; 3.2.27 PVC RIGIDO; - - 3.2.28 FLUORURO DE POLIVINILIDENO; 3.2.29 SAN; 3.2.30 TERMOPLASTICOS REFORZADOS.	

3.3.- LA FAMILIA DE LOS TERMOFIJOS.....	68
3.3.1 ALQUIDICOS; 3.3.2 AMINOS; 3.3.3 FTALATO DE DIA LILLO; 3.3.4 EPOXICOS; 3.3.5 FENOLICOS; 3.3.6 RESI- NAS POLIESTER; 3.3.7 POLIESTERES DMC; 3.3.8 SILICO- NES, COMPUESTOS MOLDEABLES.	
LA DESCRIPCION INDIVIDUAL DE CADA MATERIAL COM- PRENDE:	
A.- DENSIDAD Y ESTADO.	
B.- PROCESABILIDAD.	
C.- PROPIEDADES MECANICAS	
D.- PROPIEDADES ELECTRICAS.	
E.- PROPIEDADES TERMICAS.	
F.- PROPIEDADES QUIMICAS.	
G.- EFECTOS DE LA INTEMPERIE.	
H.- APLICACIONES PRINCIPALES.	
4.- DESCRIPCION DE LOS PROCESOS EMPLEADOS EN LA INDUSTRIA DE LOS MATERIALES PLASTICOS.....	87
4.1.- CLASIFICACION DE LOS PROCESOS.....	87
4.2.- PROCESOS DE MOLDEO.....	88
4.2.1.- COMPRESION.....	88
4.2.2.- TRANSFERENCIA.....	93
4.2.3.- INYECCION.....	96
4.2.4.- EXTRUSION.....	103
4.2.5.- SOPLADO.....	106
4.2.6.- CALANDREO.....	109
4.2.7.- LAMINADO.....	110
4.2.8.- EN FRIO.....	113
4.3.- PROCESOS DE FUNDICION.....	121
4.3.1.- SIMPLE.....	121
4.3.2.- PLASTISOLES.....	124
4.4.- PROCESOS DE TERMOFORMADO.....	130
4.4.1.- MECANICO.....	130
4.4.2.- AL VACIO.....	133
4.4.3.- POR SOPLADO.....	133
4.5.- PROCESOS DE REFORZADO.....	141
4.5.1.- MOLDEO POR CONTACTO.....	142
4.5.2.- ROCIADO.....	145

4.5.3.- MOLDEO EN PARTES ACOPLADAS.....	148
4.5.4.- MOLDEO DE PREMEZCLADOS.....	148
4.5.5.- MOLDEO EN BOLSAS A PRESION.....	151
4.5.6.- MOLDEO EN BOLSAS AL VACIO.....	153
4.6.- PROCESOS DE ESPUMADO.....	153
4.6.1.- MOLDEO DE POLIESTIRENO EXPANDIBLE.....	154
4.6.2.- FUNDICION DE ESPUMA DE POLIURETANO.....	159
LA DESCRIPCION INDIVIDUAL DE CADA PROCESO COM- PRENDE:	
A.- DESCRIPCION DEL PROCESO.	
B.- MATERIALES UTILIZADOS.	
C.- DESCRIPCION DEL EQUIPO.	
D.- PROCEDIMIENTOS.	
E.- CARACTERISTICAS Y APLICACIONES.	
4.7.- SUMARIO DE LOS PROCESOS.....	162
5.- ASPECTOS ECONOMICOS APLICADOS AL PROCESADO DE MATERIA LES PLASTICOS.....	168
5.1.- GENERALIDADES.....	168
5.2.- COSTOS (DISCUSION GENERAL).....	170
5.3.- ESTIMACIONES PRELIMINARES.....	170
5.4.- ESTIMACIONES EN ORDEN DE MAGNITUD.....	173
5.5.- COSTO DEL MATERIAL.....	174
5.6.- COSTO DEL PROCESADO.....	181
5.7.- COSTO DE HERRAMIENTAS.....	184
5.8.- OTROS COSTOS.....	185
6.- EPILOGO.....	187
7.- BIBLIOGRAFIA.....	190

1.- INTRODUCCION.

Hace sólo diez años, el consumo mundial anual de productos -- plásticos por habitante era de 5 Kg. En la actualidad es de 15 Kg y se calcula que para el año 2000 será de 243 Kg.

Todos somos testigos del continuo incremento en el empleo de estos materiales. Los plásticos han llegado a formar parte integral en nuestras actividades cotidianas; los encontramos en artículos domésticos, automoviles, juguetes, calzado, artículos deportivos, herramientas, maquinaria industrial, como medios de empaque, etc.

A diferencia de otros materiales, los plásticos siempre están en evolución, en continuo adelanto, desechándose unos para ser sustituidos por otros, cada vez con mayores ventajas. Podemos afirmar que seguramente, la Industria de los Plásticos llegará a ser la más grande e importante de la industria de los materiales.

En nuestro país, la Industria de los Materiales Plásticos representa ya un sector muy valioso dentro de la economía nacional. La inversión de este sector industrial es actualmente superior a los 3500 millones de pesos y dependen directamente de él más de 100,000 trabajadores y empleados.

En los últimos años, éste ha presentado un crecimiento en su capacidad instalada a una razón promedio del 18 %. En el año de 1973, el volumen de su producción fué de 185,000 toneladas, con un valor de 3200 millones de pesos.

Cada vez son mas los egresados de nuestra Facultad de Química y de otros centros educativos, que en el desarrollo de su vida profesional van a formar parte de esta dinámica industria. Es a estas personas a las que primordialmente vá dirigido este Estudio. -- Aún, cuando se considera que podrá ser también útil para los estudiantes, para los que ya laboran dentro de esta industria y en general para todos aquellos que se interesen en el conocimiento de estos materiales.

No se pretende presentar un tratado completo de la Tecnología de los Plásticos, pero sí mostrar en forma sencilla como pasar de la tecnología que normalmente se puede encontrar en los libros a --

los métodos de producción que realmente son aplicables en la práctica. Así mismo, proveer al interesado de un conocimiento suficiente de los materiales que le permita elegir adecuadamente el plástico necesario para el diseño de un determinado producto, con la máxima calidad y a un mínimo costo.

2.- CONSIDERACIONES GENERALES ACERCA DE LA INDUSTRIA DE LOS MATERIALES PLASTICOS.

2.1.- LOS MATERIALES PLASTICOS.

Los plásticos son materiales artificiales. Una definición aceptada de plástico es la siguiente:

"Materia total o parcialmente compuesta de combinaciones de - carbono, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno y otros elementos orgánicos e inorgánicos y que, aunque sólida en su estado final, se hace líquida en alguna fase de su fabricación y, por consiguiente, puede recibir diversas formas, casi siempre mediante la aplicación, separada o conjunta, de calor y presión. " (The Society of the Plastics Industry Inc. New York).

Dentro del ámbito general de esta definición, los materiales plásticos pueden ser: termoplásticos, los cuales se ablandan al ser calentados y se endurecen al enfriarse; o resinas termofijas, que adoptan una forma permanente al aplicarseles calor y presión. Debido a esta diferencia básica de sus propiedades físicas, se han ideado técnicas diferentes para el tratamiento y transformación de los termoplásticos y los termofijos.

COMPOSICION DE LOS MATERIALES PLASTICOS.

Todo compuesto plástico está formado de los siguientes ingredientes:

- 1.- **AGLOMERANTE:** Es muy importante, debido a que es el que permite que todo el compuesto se mantenga unido.
- 2.- **RELLENO:** Imparte varias propiedades físicas al compuesto tales como sus características eléctricas y su resistencia al impacto y al calor.
- 3.- **MATERIA COLORANTE:** Pigmentos o tintas, la cantidad de estos varía de acuerdo con la resina base; las resinas fenólicas, por ejemplo, se emplean generalmente en colores oscuros, como el negro, café o verde.
- 4.- **LUBRICANTE:** Previene que se pegue o adhiera el material a la maquinaria y los moldes; decrece la viscosidad del material haciendolo mas fluido.

5.- ACELERADOR E INHIBIDOR: Se usa con los termofijos para - incrementar o hacer decrecer el tiempo de curado. Controla - la velocidad de la reacción química.

6.- PLASTIFICANTE: Determina las características de flujo o viscosidad.

Algunas resinas no requieren de lubricante. Los compuestos - claros no requieren de pigmentos.

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES PLASTICOS.

Los materiales plásticos poseen muchas características deseables, entre las cuales se encuentran:

1.- RESISTENCIA A LA INTEMPERIE: Muchos de estos compuestos resisten muy bien los cambios meteorológicos, debido a que poseen bajos coeficientes de contracción y expansión.

2.- RESISTENCIA QUIMICA: Existen formulaciones de plásticos capaces de resistir a la mayoría de los ácidos, álcalis y solventes.

3.- RESISTENCIA A LA CORROSION: Los plásticos han remplazado a otros materiales tradicionales, debido a sus propiedades -- no-corrosivas.

4.- PROPIEDADES DIELECTRICAS: Los plásticos son usados en equipo eléctrico, aprovechando sus propiedades aislantes.

5.- ACABADO: Prácticamente es posible obtener cualquier acabado en una parte plástica. Los materiales plásticos reproducen un acabado permanente a partir del acabado del molde.

6.- RESISTENCIA: Aún cuando no tan fuertes como el acero, -- los plásticos presentan buenas características de resistencia y funcionan satisfactoriamente en muchas de las aplicaciones-- en las cuales se requiere de resistencia.

7.- PESO ESPECIFICO: Los plásticos son materiales ligeros; - pesan cerca de la mitad que el aluminio y una sexta parte que el acero.

8.- RESISTENCIA A LA ABRASION: Hay plásticos que resisten el desgaste, mejor que la mayoría de los metales, en muchas aplicaciones.

9.- COLOR: Los plásticos pueden producirse en una muy amplia

variedad de colores. El color es una parte permanente del compuesto.

10.- CONFIGURACION: Los materiales plásticos pueden ser moldeados, extruidos, formados o maquinados en una infinidad de formas, a bajo costo.

Se puede agregar que; los materiales plásticos ofrecen:

- a) Buen aislamiento al calor.
- b) Una gran variedad de durezas y flexibilidades.
- c) Buenas propiedades acústicas.
- d) Transparencia.
- e) Una gran capacidad para combinarse con otros materiales.

2.2.- LA INDUSTRIA DE LOS MATERIALES PLASTICOS.

La investigación en la química de los polimeros comenzó con un estudio de los posibles sustitutos de la madera, la cerámica, el cuero, las fibras naturales, el caucho natural y los metales. Un resultado fué la creación, en 1904, de la resina fenólica; en 1922 de la resina uréica y entre 1930 y 1940 del poliestireno, el cloruro de polivilo, el metacriláto de metilo, la melamina y las resinas poliamidas. Antes de la segunda guerra mundial las resinas termofijas, en especial las fenólicas, eran empleadas especialmente como materiales aislantes dieléctricos. Después de la guerra, la aceptación de los termoplásticos aumentó y las tres resinas que pasaron a adquirir mayor importancia fueron el polietileno el poliestireno y el cloruro de polivinilo. Su poco peso, su fácil elaboración y bajo costo explican la utilización de estos productos en una gran variedad de artículos tales como el material para embalaje, los envases, materiales de construcción, piezas mecánicas, alambres y cables. Se calcula que en el año 2000 el consumo de plásticos será 50 veces superior al consumo actual, en tanto que el consumo de metal aumentará solamente 2,5 veces.

La industria de los plásticos se encuentra aún en sus primeros años y no cabe la menor duda de que aparecerán muchas nuevas resinas en el futuro. Al mismo tiempo, los costos de producción de las resinas ya conocidas irán disminuyendo a medida que se encuentren nuevos procedimientos. Las nuevas resinas y el mejora---

miento de los procedimientos son dos razones que explican el rápido crecimiento del consumo de los plásticos.

2.3.- ESTRUCTURA DE PRODUCCION DE LA INDUSTRIA DE LAS RESINAS SINTETICAS.

Los adelantos técnicos en la industria de las resinas sintéticas han dado como resultado nuevas resinas y una reducción en los costos mediante nuevos procedimientos. Estos adelantos a su vez crean mayor demanda de productos. El acetileno obtenido del carburo de calcio ha sido utilizado como materia prima para la preparación de la resina cloruro de polivinilo, pero al ser creado el procedimiento de la exiclorización ahora utiliza el etileno como materia prima en vez del acetileno. La producción de melamina está actualmente pasando del procedimiento de la diciandiamida al de la urea.

Las resinas termoplásticas son producidas principalmente en forma de comprimidos o de polvo, en tanto que las resinas termofijas toman la forma de pastas o líquidos. El polvo de moldeo termofijo se obtiene mediante el secado de la resina líquida y ambos son, en esencia, lo mismo. Esta diferencia entre las resinas termofijas y termoplásticas es característica de estos productos. La resina termoplástica es un alto polímero controlado por la polimerización. Además se han utilizado en su elaboración sus características térmicas reversibles. Pero las moléculas tridimensionales se forman durante la elaboración de las resinas termofijas y a menudo son fabricadas parcialmente durante la elaboración. La resina termoplástica es a menudo de transporte y almacenaje más práctico que la resina termofija.

Hay dos procedimientos para producir las resinas termofijas. Uno consiste en la producción continua y en masa y el otro en preparar, a instancia del elaborador, partidas de resina de distintas composiciones o distintos grados de policondensación. Como ejemplo del primer método, puede darse el caso de los adhesivos de resina de formaldehído uréico producida para las plantas de madera contrachapada. La instalación de un reactor de mayor capacidad puede ahorrar costos de producción; pero en tales casos el tamaño-

del reactor debe ser limitado, para poder mantener reacciones uniformes y obtener productos de buena calidad. En el segundo procedimiento debe limitarse el reactor para poder mantener reacciones uniformes y obtener productos de buena calidad. En el segundo procedimiento las plantas productoras de resina entregan resinas semitratadas y las reacciones que faltan son producidas en los moldes de las máquinas moldeadoras por presión. Los requisitos para tal resina son tan variados que sus productores se ven obligados a fabricar pequeñas cantidades de distintos tipos. Esto no contribuye a los costos de producción.

Como la resina termofija debe ser degradada en la elaboración las posibilidades de el elaborador son variadas y los pedidos especiales no son raros; por lo tanto, las dimensiones de la planta no constituyen problema. El comenzar una producción en un país en desarrollo, como el nuestro, es mas fácil con resinas termofijas que con las termoplásticas.

Con las resinas termoplásticas no hay reacción química en la etapa de la elaboración y son, por lo tanto, de una variedad limitada. Es posible, sin embargo, obtener distintas propiedades con un procedimiento de fusión de polimeros o por un tratamiento subsiguiente como la irradiación. En este procedimiento las materias primas para las resinas termoplásticas llegan al reactor de polimerización, por medio de conductos, en fase líquido-gas. El tamaño del reactor de polimerización es aquel del modelo mas corriente en la industria de maquinarias. Una gran capacidad de producción no será una ventaja cuando ésta se obtiene con varias unidades pequeñas. Será mas fácil obtener economías con pocos reactores grandes.

La naturaleza de la industria y de la maquinaria determina también la cadencia de producción en una planta de resina termoplástica y el tamaño de la planta guarda estrecha relación con el costo de producción.

Las principales materias primas utilizadas en la producción de resinas termoplásticas son los productos petroquímicos. El tamaño de la planta petroquímica tiene, por lo tanto, enorme efecto sobre el costo de las materias primas empleadas en la preparación de las resinas termoplásticas. El etileno es la materia prima con

la cuál se obtiene el polietileno, el poliestireno y las resinas de vinilo; de aquí la especial importancia que adquiere el tamaño de la planta productora de etileno. La tendencia es hacia plantas de etileno siempre mayores; las más recientes tienen capacidades superiores a las 400,000 toneladas anuales. Una planta productora de etileno con una capacidad de 50,000 toneladas anuales en un país en desarrollo se verá en dificultades para competir con los productos de una planta de gran capacidad ubicada en otro punto, a menos que se alcen barreras aduaneras o políticas para proteger sus productos de la competencia de las importaciones o de los artículos del extranjero.

Otro aspecto que conviene tomar en cuenta al evaluar la economía y situación de competencia de una planta de etileno es su eficacia en la utilización de los subproductos tales como el propileno y el butadieno. Es preciso crear una demanda para estos a fin de equilibrar la producción necesaria de etileno. Si los subproductos no pueden ser utilizados, el producto principal (el etileno) deberá entonces soportar todos los gastos de la planta, con el con el consiguiente aumento en su costo. El consumo de los distintos productos del petróleo cambia de país a país, lo cuál también resulta en una diferencia en el costo del etileno.

Los Estados Unidos, por ejemplo, necesitan grandes cantidades de combustible para automóviles y han construido grandes refinerías para satisfacer tal demanda. La gasolina es el principal producto de estas refinerías y el sistema de producción está organizado en forma tal que permite obtener la mayor cantidad posible de gasolina. En estas refinerías se reforma la nafta para obtener gasolina reformada, con lo cuál este producto (la nafta) deja de ser una materia prima principal en la industria petroquímica. Por otra parte, las refinerías de Europa y del Japón producen menor cantidad de gasolina y mayor cantidad de productos pesados, resultantes de la destilación, que se consumen como combustibles. Rara vez se reforma la nafta para obtener gasolina. Se le utiliza más bien en la industria petroquímica.

Se supone que el consumo de gasolina en los países en desarrollo no será muy importante, lo cuál deja la nafta disponible como

materia prima química. En los países en que abunda el gas natural, no es necesario emplear la nafta como materia prima. Su precio guarda estrecha relación con el sistema de consumo de las refinerías.

Tal como se ha dicho anteriormente, el costo de las resinas termoplásticas depende de la cadencia de producción y el tamaño de la planta productora de polímeros, del funcionamiento de la planta de etileno, de la medida en que son utilizados los subproductos y el precio del producto intermedio empleado en la producción del etileno, ya sea gas o nafta. Todos estos elementos están en relación con la capacidad de producción. Un alto consumo de resina es indispensable para hacer bajar los precios.

2.4.-- ESTRUCTURA DE LA INDUSTRIA ELABORADORA DE PLASTICOS.

En las primeras etapas de la industria elaboradora de plásticos los fabricantes que empleaban el sistema de moldeo por compresión producían con resinas termofijas artículos de uso casero y piezas para artefactos eléctricos. En aquel entonces la principal resina termofija era el polvo de moldeo fenólico. Las empresas moldeadoras eran pequeñas, pero una serie de razones explicaban el éxito de su gestión; las máquinas de moldeo por compresión eran relativamente baratas; podía montarse un negocio con poco capital; el procedimiento de moldeo no se adaptaba a la producción en masa, lo cuál permitía a los pequeños talleres competir ventajosamente con los mas grandes y les era posible cambiar los productos y las cantidades para satisfacer pedidos especiales. Muchos moldeadores firmaban subcontratos con las compañías eléctricas. Sus costos de mano de obra eran generalmente bajos, pero también lo eran su productividad y su eficiencia.

La etapa actual de la industria de elaboración de plásticos apareció con las nuevas resinas termoplásticas. El polietileno de poca densidad es de fácil elaboración y la maquinaria necesaria es relativamente de poco costo. Los moldeadores pueden, por lo tanto mantener sus características de "industria casera".

Por otra parte, la elaboración de las resinas de cloruro de polivinilo es difícil. Se han perfeccionado muchos tipos de elabo

ración y grandes empresas se han lanzado al campo de la industria elaboradora de plásticos. Los medios de producción en masa han sido utilizados para producir películas, láminas, chapas, tubos y otros productos mediante el calandreo, la extrusión o el moldeo por inyección. Los mercados para productos tales como el caucho natural, el cuero, los tubos de metal y el celuloide se vieron invadidos por los productos de plástico e incluso aquellos empresarios - que elaboraban materias primas naturales comenzaron a elaborar - - plásticos. Los elaboradores de las resinas de cloruro de polivinilo se vieron en la necesidad de poder disponer de capitales relativamente grandes y de altas normas técnicas. El calandreo, la extrusión y la composición del cloruro de polivinilo exigen algo más que la mera extrusión del polietileno.

Muchas de las compañías elaboradoras pequeñas tienden a la especialización. A menudo son propiedad de individuos relativamente débiles financiera y técnicamente a causa de la escasez de capital. Este tipo de negocio basa su expansión en la capacidad individual y la habilidad para vender. Algunas compañías especializadas del Japón y los Estados Unidos han llegado a ser grandes empresas y - han podido iniciar su propia producción de resina, pero estos casos son excepcionales.

Muchos fabricantes de piezas industriales son subcontratistas de industrias eléctricas, de comunicaciones o automotoras y progresan junto con las compañías de las cuales son afiliados. Los fabricantes de artículos caseros dependen principalmente de su capacidad para poder ofrecer un artículo que otros no producen y que - tenga buena venta, pero también deben contar con su capacidad para vender. Otras compañías elaboradoras son subsidiarias de fabricantes de resinas, elaboradoras de caucho, fabricantes de tubos de metal. Estas subsidiarias a menudo alcanzan capacidades medianas y grandes, utilizan por lo general métodos de producción en masa. Sí los fabricantes de resinas tienen suficientes elaboradores subsidiarios pueden producir resina en forma masiva pues cuentan con gran número de consumidores obligados.

Los distribuidores de artículos de plástico aceptan y distribuyen todos los productos terminados, justificando así operaciones

en gran escala de la industria elaboradora. Los fabricantes de artefactos eléctricos o de maquinaria prefieren que sus subsidiarias les entreguen las piezas de fabricación corriente reservándose para sí la elaboración de las piezas más delicadas. Los fabricantes de caucho y las compañías que producen artículos de metal quieren mantener sus propios mercados y confían en que su producción de plásticos compensará la menor venta de sus productos habituales. Algunas compañías importantes emplean a menudo los subcontratistas con el propósito de mantener su volumen de negocios. En este caso la compañía mayor transfiere sus pérdivas a los subcontratistas, donde pueden ser absorbidas por el mayor margen de beneficios que permiten el bajo costo de producción.

Las compañías madres, o mayores, prestan ayuda a los subcon--tratistas proporcionándoles equipo, financiamiento y crédito; arrendándoles el equipo o una planta completa, ofreciéndoles contratatos a largo plazo o pago adelantado por ciertos productos y proporcionándoles ayuda técnica.

La mayoría de las compañías elaboradoras de plásticos están ubicadas en las ciudades o cerca de ellas, lo cuál indica que la mayoría de los productos plásticos están destinados a ser artícu--los de consumo. Los productos moldeados en general son demasiado voluminosos y el costo de su transporte no permite entregas a puntos distantes.

El promedio de ventas de una compañía de moldeo por extrusión es muy superior al de otras compañías que trabajan con moldeo, pones la maquinaria para este tipo de moldeo es de gran productividad, ya que el troquel de extrusión puede ser cambiado con suma facilidad. Los otros especialistas del moldeo, especialmente de compresión o inyección no tienen tanto control sobre la cantidad y tipo de producción, poés el cambio de los troqueles es mas costoso, tanto en tiempo como en dinero. Es difícil fabricar moldes en poco tiempo y las entregas sufren largas demoras. Estas dificulta--des parecen ser las razones por las cuales la utilización por compresión o inyección aumenta con ritmo lento.

Desde las primeras etapas de la elaboración de los plásticos, la industria de la fabricación de matrices ha guardado estrecha relación con la industria de los plásticos, incluyendo el moldeo por

compresión y por inyección. Los problemas de la industria de las matrices son primordialmente técnicos; poca capacidad y gestión -- deficiente. La técnica de fabricación de matrices se basa en la -- experiencia y a menudo la teoría de nada sirve. Al diseñarse las matrices debe tomarse muy en cuenta el fluir de la resina fundida en la matriz así como también los efectos de su retracción.

A medida que aumente en el futuro la exigencia de calidad en los productos plásticos, las exigencias para las matrices irán haciéndose proporcionalmente mayores, más detalladas y complejas. Es necesario, por lo tanto, que la industria de las matrices proyecte máquinas de gran precisión para fabricar las matrices. Para poder desarrollar la industria de los plásticos en un país, la industria matricera debe crecer y desarrollarse en forma paralela. Es importante también que las normas cualitativas y cuantitativas -- establecidas para la industria de las matrices sean superiores a -- las normas actuales de la industria. Esta observación es válida -- para cualquier país.

El desarrollo de la maquinaria para plásticos es importante -- para el crecimiento de la industria elaboradora de plásticos. Hay muchos ejemplos de cooperación entre los fabricantes de resina sin -- tética y de maquinaria para plásticos en los países desarrollados. Sin embargo, en los países en desarrollo es necesario importar las máquinas elaboradoras, con la esperanza de poder algún día produ-- cir las en el país mismo, con o sin ayuda técnica extranjera. La -- escasez de repuestos para estas máquinas ocasiona atrasos y proble -- mas. Un mejor abastecimiento de buena maquinaria y buen equipo a bajo costo aumentará el número de elaboradores. Esto, a su vez, -- resultará en un mayor consumo de resinas.

2.5.- ESTRUCTURA DE LA DEMANDA DE PRODUCTOS PLASTICOS.

Cuatro son los factores que determinan la estructura de la -- demanda de los productos plásticos:

- 1.- El método de elaboración.
- 2.- Las propiedades físicas de los plásticos.
- 3.- Los precios.
- 4.- Las circunstancias sociales.

El método de elaboración es el primer factor en la constitución de la estructura de la demanda, este limita la forma de los productos y sus usos. El moldeo por inyección es adecuado para la fabricación de artículos de uso casero y piezas industriales de bajo costo. Los productos extruidos son adecuados para la fabricación de películas y tubos; el calandreo se utiliza para la fabricación de cueros artificiales y láminas.

-El segundo factor en la estructura de la demanda de productos plásticos son las propiedades físicas. Tienen generalmente buena-resistencia a las reacciones químicas, son livianos, resistentes a la corrosión, son de fácil coloración y elaboración, buena apariencia y son aislantes del calor y la electricidad. Los productos plásticos tienen ciertas desventajas: poca resistencia al calor, superficies fácilmente rayables, envejecen rápidamente y son vulnerables a los solventes orgánicos. Hay muchos tipos de resinas sintéticas y cada una tiene sus propias características además de las ya mencionadas. La selección de la resina adecuada depende de la aplicación o uso que se le dará al artículo.

-El tercer factor es el precio de los productos plásticos. Las resinas sintéticas, especialmente las termoplásticas, bajan de costo a medida que se desarrolla la industria petroquímica. Las materias primas petroquímicas para las resinas sintéticas abundan en estos momentos y la producción en gran escala se hace más económica con cada año que pasa. Tendencia ésta que debiera mantenerse.

-El cuarto factor son las circunstancias sociales en cada país. La población de cada país tiene su propio sistema de vida y hace variar la estructura de la demanda de los productos plásticos por zonas.

En la industria elaboradora de artículos de plástico hay dos consideraciones principales que es preciso tener en cuenta. Una de ellas es la estructura dual de la industria. La industria productora de resina es una industria que exige mucho equipo, pero la industria elaboradora de artículos de plástico es prácticamente una industria casera. Debido a la gran diferencia en las necesidades de capital de inversión y de conocimientos técnicos entre ambas, los elaboradores son quienes debieran encontrar sus aplicaciones y métodos especializados.

La segunda consideración es que gracias al constante contacto con los productores de resinas, los elaboradores y los fabricantes de las máquinas debieran poder llegar a determinar cuál es el método de elaboración mas adecuado para cada resina. También estar en situación de poder elegir maquinaria elaboradora de buena calidad y mejorar el diseño y la calidad de los productos moldeados, aumentando así la demanda de los artículos.

DEMANDA ESTIMADA DE RESINAS EN MEXICO, A 1980.

TONELADAS.

	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
POLIURETANO	14,300	20,700	26,100	32,900	41,400	52,000	65,500
POLIAMIDA DEL ACIDO DIMERICICO.	410	460	510	570	640	710	800
RESINAS EPO XICAS.	1,420	1,540	1,680	1,840	2,000	2,200	2,380
POLIMETACRI LATO DE ME- TILO.	6,700	8,070	8,900	10,700	12,800	15,400	18,500
FTALATO DE DIOCTILO.	23,150	26,600	28,600	32,900	37,800	43,500	50,000
POLIETILENO BAJA DENS	103,100	120,500	132,600	152,400	176,800	206,800	240,000
POLIETILENO ALTA DENS.	38,800	45,600	54,700	65,700	78,800	94,600	113,500
POLIETILENO CON 3% MAX. M. DE HUMO.	1,800	1,900	1,990	2,090	2,190	2,300	2,400
POLIPROPILE NO.	24,600	29,400	34,700	40,900	47,900	55,100	63,300
POLIACETATO DE VINILO.	12,200	13,300	14,600	15,900	17,400	18,800	20,500
POLICLORURO DE VINILO.	78,800	93,600	98,300	115,000	134,600	157,400	184,200

DEMANDA ESTIMADA DE RESINAS EN MEXICO, A 1980.

TONELADAS.

	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
POLIESTIRENO.	30,700	36,200	39,800	46,500	54,500	63,700	74,600
RESINAS POLIESTERES.	9,400	10,600	11,200	12,200	13,700	15,400	17,400
RESINAS ALCIDICAS.	14,500	15,900	16,800	18,500	20,400	22,400	24,700
RESINAS MALEICAS.	4,600	5,100	5,400	5,900	6,500	7,200	7,900
RESINAS FUMARICAS.	360	400	420	460	510	560	610
BREAS ESTERIFICADAS.	3,010	3,130	3,260	3,390	3,520	3,660	3,910
RESINAS FENOLICAS.	8,000	8,900	9,900	11,000	12,200	13,600	15,100
RESINA UREA FORMALDEHIDO.	19,000	21,800	23,500	27,000	31,000	35,700	41,000
RESINA MELAMINA FORMALDEHIDO.	1,850	2,130	2,280	2,670	3,015	3,470	4,000

DATOS TOMADOS DEL VII FORO NACIONAL DE LA INDUSTRIA QUIMICA.
MEXICO, D.F. (1974).

CONSUMO ESTIMADO DE MATERIALES BASICOS.

KILOGRAMOS POR HABITANTE.

	1966	1970	1980	1985	1990	2000
Población mundial es- timada (en millones - de habitantes)	3,400	3,700	4,600	5,000	5,600	7,000
Metales	145.0	158.0	206.0	241.0	270.0	362.0
Productos Plásticos	5.0	7.0	23.0	48.0	75.0	243.0
Caucho sintético	1.1	1.5	2.5	3.2	4.1	6.4
Fibras Químicas	1.6	1.9	2.8	3.4	4.3	6.6
Caucho natural	0.6	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4
Fibras naturales	5.5	5.8	6.6	7.0	7.4	8.6

Fuente: Kuststoffe (Munich) 1970.

3.- DESCRIPCION DE LAS PROPIEDADES DE DISEÑO DE LOS MATERIALES PLÁSTICOS.

3.1.- CLASIFICACION DE LOS MATERIALES PLÁSTICOS.

Debido a la gran cantidad de plásticos que se encuentran en el mercado, es posible llegar a confundirse. Un mismo plástico puede presentarse en muy diversas formas y tener muy distintos nombres de fábrica. Aún mas, un mismo nombre de fábrica puede ser aplicado a mas de un plástico.

Sin embargo, cada uno de esta gran variedad de materiales -- plásticos puede ser agrupado en una de las dos grandes familias que los clasifican de acuerdo a sus propiedades térmicas: La familia de los termoplásticos y la familia de los termofijos.

3.2.- LA FAMILIA DE LOS TERMOPLÁSTICOS.

Se llaman termoplásticos a aquellos materiales plásticos que se reblandecen cuando son expuestos al calor y se endurecen al enfriarse. Esto se cumple siempre, sin importar cuantas veces se repita la operación. Así, por calentamiento y enfriamiento alternados, estos pueden ser cambiados de forma muchas veces. Al estar calientes son perfectamente moldeables y se vuelven rígidos al enfriarse.

A continuación se describen los miembros mas importantes de -- esta familia:

3.2.1.- HOMOPOLIMEROS ACETALICOS.

DENSIDAD. 1.45 g/cm^3

ESTADO. Granulos de color blanco opaco, cuando no están pigmentados. Disponibles en un amplio rango de colores.

PROCESABILIDAD.

Los homopolímeros acetálicos pueden ser extruidos y moldeados por inyección. Se dispone de ellos en tres formas distintas, las cuales difieren en su grado de viscosidad y su resistencia al impacto. Los rangos de temperaturas de procesamiento de estos materiales son los siguientes: $200-215^\circ\text{C}$ para la extrusión, $200-220^\circ\text{C}$ para el moldeo por inyección, $90-120^\circ\text{C}$ para la temperatura del molde. La contracción de moldeo es de $1.9-2.4\%$, dependiendo de las condiciones de moldeo y la geometría de la parte.

PROPIEDADES MECANICAS.

RESISTENCIA AL IMPACTO. $12.5, 7.6$ y 7.1 cm.Kg/cm , a 23°C . $9.8, 6.5$ y 5.4 cm.Kg/cm , a -40°C . Dependiendo respectivamente, de los tres distintos grados de viscosidad.

RESISTENCIA A ROMPERSE. Excelente en la mayoría de los medios, con excepción de los álcalis y los ácidos minerales.

FRICCION. Sobre acero $0.5-2$, a 500 lb/in^2 y $2.44-112 \text{ m/min}$. En agua 0.2 , en aceite 0.1 (valores máximos).

PROPIEDADES ELECTRICAS.

CONSTANTE DIELECTRICA. 3.8 a 23°C .

RESISTIVIDAD DE VOLUMEN. $1 \times 10^{15} \text{ ohm-cm}$, a 23°C , 500 V.c.d. , después de 1 min. y 50% de H.R. Su valor saturado es de $1 \times 10^{14} \text{ ohm-cm}$.

RESISTENCIA AL ARCO. 125 seg. , con un espesor de muestra de 0.254 mm . 140 seg. , con un espesor de muestra de 0.508 mm .

PROPIEDADES TERMICAS.

TEMPERATURA DE SERVICIO MAXIMA. $70-75^\circ\text{C}$, a 50% de H.R., para un año de servicio continuo.

PUNTO DE FUSION CRISTALINO. 175°C .

COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA LINEAL. 8.1×10^{-5} por $^\circ\text{C}$.

CONDUCTIVIDAD TERMICA. $0.1985 \text{ Kcal/mh}^\circ\text{C}$.

FLAMABILIDAD. Se queman con una flama azul casi invisible.

RAZON DE QUEMADO. 2.8 cm/min.

PROPIEDADES QUIMICAS.

ABSORCION DE AGUA. 0.25% en 24 hr de inmersión. 0.22% a 23°C y 50% de H.R. 0.90% en inmersión completa a 23°C.

PERMEABILIDAD. A 23°C y 50% de H.R.

O₂ 4.7-6.7 cm³/24hr/mm/m²/atm.

CO₂ 14.6-19.7 " "

H₂O 0.8-1.6 " "

RESISTENCIA A:

Acidos minerales (dil.)	regular
Acidos minerales (conc.)	pobre
Alcalis	regular
Solventes - alcoholes	excelente
- cetonas	buenas
- hidrocarburos aromáticos	excelente
- hidrocarburos clorados	buenas
Soluciones detergentes	regular
Grasas y aceites	buenas

EFFECTOS DE LA INTEMPERIE.

En general, sus propiedades a la intemperie son buenas. Sólo se observan pequeños cambios en sus propiedades físicas al permanecer prolongadamente en medios ambientes frios y húmedos. Se dispone de grados naturales estabilizados a la luz ultravioleta.

APLICACIONES PRINCIPALES.

Forros, engranes y soportes para instrumentos, máquinas para negocios, automoviliarios, cajas para instrumentos científicos, partes para auto modelos, componentes de ventiladores, manijas para pistolas de soldar, taladros eléctricos, partes para telefonos, bloques aislantes, tuberías, válvulas y partes para válvulas, empalmes, codos, tubos múltiples, recipientes de aerosoles, grapas, bisagras y perillas.

3.2.2.- COPOLIMEROS ACETALICOS.

DENSIDAD. 1.41 g/cm³

ESTADO. En forma de granulos, ya sean no-pigmentados o en colores -- que van del translúcido al opaco.

PROCESABILIDAD.

Los copolímeros acetálicos pueden ser procesados por extrusión, moldeo por inyección y moldeo por soplado. Se dispone de los materiales con las propiedades de flujo adecuadas.

El rango de temperaturas de procesado para estos materiales es de: 170-190°C para la extrusión, 190-240°C para el moldeo por inyección, 80-130°C para la temperatura del molde (moldeo por inyección). Su -contracción de moldeo es de 1.8-2.5%.

PROPIEDADES MECANICAS.

RESISTENCIA A LA TENSION. 9 ft.lb/in², a 20°C.

RESISTENCIA A ROMPERSE. Excelente.

COEFICIENTE DE FRICCION DINAMICA. 0.35 cuando se utiliza un copolím-mero acetálico como miembro estático. 0.15 cuando el miembro estáti-co es aluminio o bronce.

PROPIEDADES ELECTRICAS.

FACTOR DE POTENCIA. 0.002, a 20°C y 60 c/s.

CONSTANTE DIELECTRICA. 3.70, a 20°C y 60 c/s.

RESISTIVIDAD DE VOLUMEN APARENTE. 2.5×10^{14} ohm, a 200°C y 1 min.
 4.2×10^{13} ohm-cm, a 200°C y 5 min.

RESISTENCIA AL ARCO. 240 seg. (se quema).

PROPIEDADES TERMICAS.

TEMPERATURA DE SERVICIO MAXIMA. 105°C. A esta temperatura y flexio-nes arriba de 35 Kg/cm², la tensión de la fibra no causa mas de un 5% de deformación después de un año de aplicación continua al aire libre. Son posibles tolerancias de temperaturas mas altas, bajo diferentes -condiciones de carga y exposición.

PUNTO DE FUSION CRISTALINO. 163°C.

COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA LINEAL. 9.7×10^{-5} por°C.

CONDUCTIVIDAD TERMICA. 5.5×10^{-4} cal.cm/cm²seg°C.

FLAMABILIDAD. Se quema lentamente con goteo.

RAZON DE QUEMADO. 0.05 cm/seg.

PROPIEDADES QUIMICAS.

ABSORCION DE AGUA EN EL EQUILIBRIO. 0.8% sumergido a 20°C. 1.7% a -100°C.

PERMEABILIDAD DE GASES. Películas de 0.15 mm a 76 cm Hg.

N ₂	1.2×10^{-11}	cm ³ /cm ² seg (cm Hg)		
O ₂	3.3×10^{-12}	"	"	
CO ₂	4.0×10^{-12}	"	"	

RESISTENCIA A:

Acidos minerales (dil.)	regular/pobre
Acidos minerales (conc.)	pobre
Alcalis	excelente
Solventes - alcoholes	excelente
- cetonas	buena
- hidrocarburos aromáticos	excelente
- hidrocarburos clorados	buena
Soluciones detergentes	excelente
Grasas y aceites	buena

EFECTOS DE LA INTEMPERIE.

Sus propiedades a la intemperie van de pobres a buenas, dependiendo de su formulación. Los grados negros tienen mayor resistencia a la luz ultravioleta (no varía el valor de su resistencia a la tensión - después de 5 años continuos de exposición), seguido de los grados es tabilizados a UV y ciertos colores pastel.

APLICACIONES PRINCIPALES.

Cajas para instrumentos automotrices, cuerpos para grapas de adornos, cables para controles, engranes, tapas y grifos, cabezas de regaderas, válvulas de bola para cisternas, pulsadores para componentes de lavado, partes para interruptores, mecanismos para cortinas y persianas, muebles para puertas y ventanas, boquillas para extinguidores de fuego, partes para máquinas de coser, juegos mecánicos, contenedores de aerosoles, vástagos para tubos, argollas para cinturones de seguridad, bandas transportadoras, partes para maquinaria textil.

3.2.3.- ACRILICOS.

DENSIDAD. 1.18-1.19 g/cm³

ESTADO. Formas granulares y laminadas, en un amplio rango de colores transparentes, translúcidos y opacos. Las láminas pueden ser fundidas o extruidas, pueden obtenerse formas planas o perfiladas con varios efectos de superficie.

PROCESABILIDAD.

Las láminas acrílicas pueden ser formadas mediante aire, vacío, presiones mecánicas o por una combinación de estos métodos. La lámina - puede ser calentada a 150-160°C, con requerimientos de temperatura en el horno de 7-10% mas altas que la temperatura de la lámina.

Las láminas fundidas de acrílico poseen un alto peso molecular y aún cuando no pueden ser formadas al vacío para obtener las formas detalladas de las láminas extruidas, si pueden ser formadas en máquinas - convencionales de vacío, siempre y cuando sus espesores no excedan de 3.2 mm, y aplicando preferentemente doble calentamiento por los lados.

Las láminas de acrílico extruidas tienen un bajo peso molecular y pueden ser usadas en las máquinas convencionales de formado al vacío a temperaturas de 140-160°C. Ambos tipos de láminas pueden ser maquinados en las máquinas ordinarias de trabajo de madera, pero se recomiendan formas especiales de herramientas para obtener resultados óptimos. Los acrílicos granulares pueden ser procesados por extrusión o moldeo por inyección, pero debido a su alta viscosidad es necesario aplicarles una presión un poco más alta que la promedio.

TEMPERATURA DE PROCESADO. 160-220°C para la extrusión, 210-240°C para el moldeo por inyección, 50-70°C para la temperatura del molde, en el moldeo por inyección. Su contracción de moldeo es de 0.1-0.8%.

PROPIEDADES MECANICAS.

RESISTENCIA A LA TENSION. 6,000-8,000 lb/in², a 20°C y 65% de H.R.

PROPIEDADES ELECTRICAS.

FACTOR DE POTENCIA. 0.040 a 20°C y 10⁵ HZ de frecuencia.

PROPIEDADES TERMICAS.

TEMPERATURA DE SERVICIO MAXIMA. 65-95°C, dependiendo del tipo de material, condiciones de moldeo, forma de la parte y condiciones de servicio.

COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA LINEAL. 7.3 X 10⁻⁵ por°C.

CONDUCTIVIDAD TERMICA. 4.5 X 10⁻⁴ cal.cm/cm²seg°C.

FLAMABILIDAD. Dificiles de arder, se queman lentamente con goteo.

RAZON DE QUEMADO. 0.07 cm/seg (piezas con 3.2 mm de espesor).

PROPIEDADES QUIMICAS.

ABSORCION DE AGUA EN EL EQUILIBRIO. 2.1%, en inmersión a 20°C. 0.9% a 20°C y 60% de H.R.

PERMEABILIDAD DE GASES. A 23°C y 76 cm Hg.

N₂ 1 X 10⁻¹¹ cm³
 O₂ 1 X 10⁻¹¹ cm³
 CO₂ 1 X 10⁻¹¹ cm³

RESISTENCIA A:

Acidos minerales (dil.)	excelente
Acidos minerales (conc.)	regular
Alcalis	excelente
Solventes - alcoholes	pobre
- cetonas	pobre
- hidrocarburos aromáticos	pobre
- hidrocarburos clorados	pobre
Soluciones detergentes	excelente
Grasas y aceites	excelente

EFECTOS DE LA INTEMPERIE.

Los acrílicos presentan una resistencia sobresaliente a la exposición en exteriores. Después de muchos años bajo condiciones tropicales, - el grado de cambio de coloración en estos materiales es extremadamente pequeño.

APLICACIONES PRINCIPALES.

Señales, guarniciones de luces, artículos sanitarios, gabinetes y pan tallas para baños, cisternas para lavatorios, luces de techos, pantallas para viento, resguardos de maquinaria, escudos, reflectores, cubiertas para luces de automoviles y reflectores, chapas de identidad e insignias, bandejas, lentes.

3.2.4.- ACRILICO - CLORURO DE POLIVINILO (PVC)

DENSIDAD. 1.30 g/cm³

ESTADO. En forma de granulos para moldeo por inyección o extrusión. Disponibles en una gran variedad de colores opacos.

PROCESABILIDAD.

Estos materiales pueden ser moldeados por inyección y extrusión. Las temperaturas de proceso para el moldeo por inyección están entre 170-195°C. La temperatura de molde es de 50-75°C. La contracción de moldeo es de 7.8 mils/in.

PROPIEDADES MECANICAS.

DURABILIDAD E IMPACTO. Son excepcionalmente tenaces en secciones tan to gruesas como delgadas, a temperatura ambiente.

RESISTENCIA A LA TENSION. 5,500 lb/in² (máxima). Elongación al romperse 150%. Modulo de elasticidad 275, 000 lb/in².

RESISTENCIA FLEXIONAL. 8,700 lb/in² (máxima). Modulo de elasticidad 300,000 lb/in².

RESISTENCIA A LA COMPRESION. 6,200 lb/in² (máxima). Modulo de elasticidad 250,000 lb/in².

PROPIEDADES ELECTRICAS.

FACTOR DE POTENCIA. 0.37 a 60 c/s, 0.027 a 1,000 c/s.

CONSTANTE DIELECTRICA. 4.0 a 60 c/s, 3.8 a 1,000 c/s.

RESISTENCIA DIELECTRICA. 300 volts/mil.

PROPIEDADES TERMICAS.

TEMPERATURA DE SERVICIO MAXIMA. Poseen la mas alta que cualquier otro PVC basado en polvos de moldeo.

TEMPERATURA DE DEFLEXION BAJO CARGA. 77°C, no recocido a 264 lb/in².
82°C, no recocido a 66 lb/in².

TEMPERATURA DE FLUJO. 137°C.

FLAMABILIDAD. No se queman.

PROPIEDADES QUIMICAS.

Resisten bien el ataque de muchos productos químicos, tales como el petroleo y los líquidos limpiadores, los cuales afectan adversamente a muchos de los termoplásticos.

Sus efectos químicos después de una inmersión de 7 días a 23°C son:

PRODUCTO QUIMICO	CONCENTRACION	EFECTOS
Acido clorhídrico	10%	Ninguno
Acido acético	5%	Ninguno
Acido nítrico	70%	Oscurecimiento, hinchazón
Acido sulfúrico	35%	Ninguno
Hidróxido de amonio	10%	Ninguno
Peróxido de hidrógeno	3%	Ninguno
Acetona		Completamente atacado
Alcohol etílico	50%	Ninguno
Dicloro etileno		Completamente atacado
Tolueno		Engomado

EFECTOS DE LA INTEMPERIE.

Poseen una excepcional resistencia a las condiciones en exteriores, si se les compara con otros compuestos de PVC basados en polvos de moldeo.

APLICACIONES PRINCIPALES.

Resistentes cuerpos de herramientas, cuerpos de razuradoras eléctricas, partes de aspiradoras, cascos, discos, juguetes, artículos deportivos, equipos de oficina, partes de computadoras, calculadoras.

3.2.5.- ACRILONITRILO - BUTADIENO - ESTIRENO. (ABS)

DENSIDAD. 1.02-1.05 g/cm³. (autoextinguible: 1.2 g/cm³).

ESTADO. Se dispone de resinas ABS en granulos naturales y coloreados, también en forma de polvos para modificación con PVC. Todos -

los grados ABS pueden encontrarse del translúcido al opaco. Los grados ABS son normalmente divididos en cinco tipos: Extra alto impacto alto impacto, medio impacto, alto calor, grados metalizados.

PROCESABILIDAD.

Los granulos de ABS pueden ser extruidos, calandreados, moldeados por inyección y moldeados por soplado. Las láminas extruidas de ABS pueden ser formadas al vacío en partes de gran tamaño, debido a su excelente resistencia al calor. Las resinas ABS exhiben buenas propiedades de flujo.

Los grados standard de moldeo por inyección deben ser procesados a una temperatura de 210-240°C, los grados alto-calor pueden ser moldeados entre 240-270°C. Los grados metalizados se moldean a altas temperaturas (240-270°C) y una baja velocidad de inyección, para obtener el máximo de adhesión del metal al plástico. La temperatura del molde debe ser de 40-90°C. Su contracción de moldeo es de 0.4-0.7%, dependiendo del grado. Al extruir resinas ABS deben emplearse temperaturas de 190-210°C. Para el moldeo por soplado la temperatura será de 200-215°C.

PROPIEDADES MECANICAS.

RESISTENCIA AL IMPACTO. Varía de acuerdo con el tipo, de la manera siguiente: (los datos se dan en Kg.cm/cm)

TIPO.	23°C	-20°C	-40°C
Extra alto impacto	37-47	15-24	12-16
Alto impacto	29-34	12-15	10-12
Medio impacto	19-22	7-8	4-6
Alto calor	14-23	6-8	4-7
Auto extingible	11	-----	13
Grado metalizado	26	12	7.5
Grado extrusión mate	45	15	10

RESISTENCIA A ROMPERSE. Excelente en general, sólo que algunos productos químicos pueden resquebrajarlos.

RESISTENCIA DE FATIGA DINAMICA. Excelente, en base al diseño de la parte.

A continuación se citan las fuerzas de rendimiento de tensión de los distintos tipos de ABS (en Kg/cm²), sobre un rango de temperaturas:

	71°C.	23°C.	-40°C.
Grados extra alto impacto	170-185	330-350	455-520
Grados alto impacto	225-240	415-425	645-670
Grados medio impacto	245-275	440-485	700-770
Grados alto calor	280-325	480-510	730-805

DISTORSION. Estos materiales pueden soportar cargas arriba de 1,000 lb/in² (70 Kg/cm²), sin cambios dimensionales significantes.

COEFICIENTE DE FRICCIÓN.

	Dinámico	Estático
Húmedo	0.19	0.21
Seco	0.21	0.24

PROPIEDADES ELECTRICAS.

FACTOR DE POTENCIA. (a 23°C)

0.004-0.007	60 c/s
0.006-0.008	10 ³ "
0.008-0.010	10 ⁶ "

CONSTANTE DIELECTRICA. (a 23°C)

3.73-3.01	60 c/s
2.75-2.96	10 ³ "
2.44-2.85	10 ⁶ "

RESISTIVIDAD DE VOLUMEN APARENTE. 1.05-3.60 X 10¹⁶ ohm-cm.

RESISTENCIA AL ARCO. 66-82°C.

PROPIEDADES TERMICAS.

TEMPERATURA DE DEFLEXION DE CALOR. (°C)

	GRADOS ALTO IMPACTO	GRADOS ALTO CALOR
18.6 Kg/cm ²	101-103	106-117
4.6 Kg/cm ²	105-106	110-120

COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA LINEAL.

Grados medio impacto	8.3 X 10 ⁻⁵ cm/cm/°C
Grados alto impacto	9.5 X 10 ⁻⁵ "
Grados alto calor	6.2 X 10 ⁻⁵ "

CONDUCTIVIDAD TERMICA. 5.05-6.52 X 10⁻⁴ cal/seg/cm²/°C/cm.

FLAMABILIDAD. Se queman lentamente, sin gotear. Su razón de quemado es de 30-40 mm/min. Los grados autoextinguibles no se queman, no gotean y se extinguen cerca de los 2.25 mm.

PROPIEDADES QUIMICAS.

ABSORCION DE AGUA EN EL EQUILIBRIO. 1.05% a 20°C. 1.30% a 60°C.

PERMEABILIDAD DE GASES. (a 25°C)

O ₂	0.92 X 10 ⁻⁹ cm ³ /cm/seg/cm ² cm Hg
N ₂	0.86 X 10 ⁻⁹ " "

RESISTENCIA A:

Acido sulfúrico (50%)	buena
Acido sulfúrico (> 50%)	pobre
Acido nítrico (< 20%)	buena
Acido nítrico (> 20%)	pobre

Acido clorhídrico	buena
Acido fosfórico	buena
Alcalis	excelente
Solventes - alcoholes	buena
- cetonas	pobre
- hidrocarburos aromáticos	pobre
- hidrocarburos clorados	pobre
Detergentes	excelente
Grasas y aceites	buena

EFECTOS DE LA INTEMPERIE.

La pigmentación negra los provee de gran resistencia a la intemperie. El ABS negro es insignificamente afectado en su apariencia y propiedades después de exponerse al sol tropical durante tres años consecutivos. Los tonos pastel y los colores claros son un poco mas afectados, exhibiendo algún cambio en su coloración y grietas menudas sobre su superficie. Para aplicaciones en exteriores, donde se requiere de su color vidriado, se recomienda recubrirlos con una laca resistente. El prolongado desuso de los plásticos ABS no altera significamente sus propiedades mecánicas y su apariencia. No presentan cambios dimensionales debido al cambio de humedad relativa.

APLICACIONES PRINCIPALES.

Tacones para calzado, telefonos, artículos de consumo duradero tales como aspiradoras, pulidoras para pisos, secadores de cabello, contenedores para alimentos, revestimientos de refrigeradores, cascos de seguridad, gabinetes para radios, tableros para automoviles, juguetes cascos para lanchas, partes para computadoras, componentes para interiores de aviones, muebles.

3.2.6.- ABS - PVC.

DENSIDAD. 1.22 g/cm³

ESTADO. Granulos naturales y coloreados.

PROCESABILIDAD.

Pueden ser moldeados por inyección a una temperatura de 170-190°C. La contracción de moldeo es de 0.004%. Pueden también ser extruidos a una temperatura de 160-180°C.

PROPIEDADES MECANICAS.

RESISTENCIA AL IMPACTO. 60 Kg.cm/cm, a 23°C. 5 Kg.cm/cm, a 5°C.

RESISTENCIA A LA TENSION. 420 Kg/cm², a 23°C.

PROPIEDADES ELECTRICAS.

RESISTENCIA DIELECTRICA. 24,000 V/mm.

PROPIEDADES TERMICAS.

TEMPERATURA DE DEFLEXION DE CALOR.

18.6 Kg/cm ²	68°C
4.6 "	77°C

FLAMABILIDAD. Son autoextinguibles. No gotean.

APLICACIONES PRINCIPALES.

Fuertes cuerpos para herramientas, aplicaciones en instrumentos eléctricos, partes para aviones, partes para computadoras.

3.2.7.- ABS - POLICARBONATO.

DENSIDAD. 1.14 g/cm³

ESTADO. Granulos naturales y coloreados, de apariencia opaca.

PROCESABILIDAD.

Apropiados para el moldeo por inyección y extrusión a temperatura de 255-275°C. Su contracción de moldeo es de 0.005%.

PROPIEDADES MECANICAS.

RESISTENCIA AL IMPACTO. 51 Kg.cm/cm, a 23°C. 8 Kg.cm/cm a -40°C.

RESISTENCIA A LA TENSION. 575 Kg/cm², a 23°C.

PROPIEDADES TERMICAS.

TEMPERATURA DE DEFLEXION DE CALOR.

18.6 Kg/cm ²	118°C
4.6 Kg/cm ²	136°C

FLAMABILIDAD. Se queman lentamente, sin gotear.

PROPIEDADES ELECTRICAS.

FACTOR DE DISIPACION. (a 23°C)

0.0026	60 c/s.
0.0043	10 ³ "
0.0059	10 ⁶ "

CONSTANTE DIELECTRICA. (a 23°C)

2.74	60 c/s.
2.76	10 ³ "
2.69	10 ⁶ "

RESISTIVIDAD DE VOLUMEN. 2.2×10^6 ohm-cm

RESISTENCIA AL ARCO. 96 seg.

RESISTENCIA DIELECTRICA. 20,000 volts/mm.

APLICACIONES PRINCIPALES.

Componentes eléctricos, partes automotrices, partes técnicas, componentes de ingeniería, cascos de seguridad.

3.2.8.- ACRILATO - ESTIRENO - ACRILONITRILLO. (ASA)

DENSIDAD. 1.07 g/cm^3

ESTADO. Las resinas ASA son suministradas en forma de granulos naturales o coloreados. El color natural es blanco amarillento opaco. Se tienen en un rango que incluye todos los grados de dureza y rigidez.

PROCESABILIDAD.

Las resinas ASA pueden ser moldeadas por inyección, extruidas, calandreadas y moldeadas por soplado. Debido a su sobresaliente estabilidad térmica, este material no se hace amarillento a altas temperaturas de proceso. Las láminas extruidas pueden ser fácilmente formadas al vacío para producir artículos libres de distorsiones de esfuerzo. Estas resinas presentan muy buenas propiedades de flujo. Las temperaturas de procesado para estos materiales son las siguientes:

Moldeo por inyección	220-260°C
Extrusión de láminas	210-250°C
Extrusión de perfiles	190-210°C
Moldeo por soplado	200-230°C
Moldeo por compresión	190-230°C
Moldeo de polvos	180-220°C
Termoformado	140-170°C

La contracción en el moldeo por inyección es de 0.4-0.7%. La temperatura del molde puede estar entre 50-85°C. Los artículos de ASA pueden juntarse por todas las técnicas convencionales adoptadas por los termoplásticos o bien unirse por medio de adhesivos. Las superficies de estos materiales pueden ser fácilmente impresas, pintadas o metalizadas al vacío, sin un pretratamiento especial.

PROPIEDADES MECANICAS.

MODULO DE YOUNG. 23,000-26,000 Kgf/cm²

RESISTENCIA A LA TENSION. 440-520 Kgf/cm²

ELONGACION AL ROMPERSE. 15-20%.

RESISTENCIA AL IMPACTO. 7 ft.lb/in.

PROPIEDADES ELECTRICAS.

Las resinas ASA son aislantes eléctricos con alta resistividad de volumen y superficie. La inmersión en agua altera notablemente su alta resistividad de superficie.

RESISTIVIDAD DE VOLUMEN. 10^{14} ohm-cm.

CONSTANTE DIELECTRICA. 3.4-3.5, a 10^6 c/s.

FACTOR DE DISIPACION. 0.02-0.03, a 10^6 c/s.

A pesar de las sobresalientes propiedades eléctricas de estos materiales, presentan propiedades anti-estáticas. Este hecho puede atribuirse a su peculiar estructura, cualquier carga electrostática que se le aplique es rápidamente soltada. Debido a esto, no se acumulan polvos sobre su superficie. Además, los efectos antiestáticos se retienen aún en aquellos artículos que han sido usados por largo tiempo o frecuentemente mojados.

PROPIEDADES TERMICAS.

TEMPERATURA DE DEFLEXION BAJO CARGA. (placas de 1/8 in)

18.6 Kg/cm ²	102-106°C
4.6 "	106-108°C

COEFICIENTE TERMICO DE EXPANSION LINEAL. $8-11 \times 10^{-5}$ cm/cm°C.

CONDUCTIVIDAD TERMICA. 0.15 Kcal/m/h/°C, entre -40 y 80°C.

PROPIEDADES QUIMICAS.

ABSORCION DE AGUA. 0.5%, después de 24 hr a 20°C.

PERMEABILIDAD DE VAPOR DE AGUA. 30-35 g. 100/um/m²/d.

PERMEABILIDAD DE GASES. En (cm³.100/um)/(dm².d.atm.).

O ₂	N ₂	H ₂	CO ₂
1.5-1.8	0.6-0.7	50-60	60-80

RESISTENCIA A:

Acidos minerales (dil.)	buena-excelente
Acidos minerales (conc.)	pobre-buena
Alcalis	excelente
Solventes - alcoholes	buena
- cetonas	pobre
- hidrocarburos aromáticos	pobre
- hidrocarburos clorados	pobre
Detergentes	excelente
Grasas y aceites	buena

EFFECTOS DE LA INTEMPERIE.

Los plásticos ASA fueron desarrollados especialmente para emplearse

en exteriores. Debido al componente elastomero acrílico, el cuál no posee dobles enlaces, estos disponen de una sobresaliente resistencia al clima, radiaciones solares y ultravioleta. Los plásticos ASA pueden permanecer de 8-10 veces mas tiempo en periodos de exposición en exteriores que los tipos que contienen butadieno, sin pérdidas de su resistencia al impacto. Las sobresalientes propiedades en exteriores de estos materiales, pueden ser mejoradas si se les colorea en tonos oscuros. Los plásticos ASA son dimensionalmente estables y no son afectados por las condiciones atmosféricas.

APLICACIONES PRINCIPALES.

Luces de tráfico, luces de anuncios, accesorios para automoviles, cubiertas para maquinaria agricola, cinturones de seguridad, cubiertas para motores eléctricos, señales exteriores, maletas, cubiertas para ventiladores, cubiertas para transformadores, retenes para antenas de televisión, telefonos, sillas, muebles, cubiertas para muebles.

3.2.9.- ACETATO DE CELULOSA.

DENSIDAD. 1.23-1.33 g/cm³

ESTADO. Granulos, los cuales pueden ser transparentes, cristalinos, opacos. En todos los colores o efectos especiales (nacarado, etc.).

PROCESABILIDAD.

El acetato de celulosa puede ser moldeado por inyección, extruido y moldeado por soplado. Dependiendo de la plastización y el grado del material, la temperatura de inyección es de 160-230°C, las presiones de 500-1,500 Kg/cm². La contracción de moldeo es de 0.3-0.6%. La extrusión es llevada a cabo a 140-240°C. En todos los casos se recomienda una operación de presecado.

PROPIEDADES MECANICAS.

Las propiedades físicas pueden ser ajustadas hasta cierto punto por el cambio del contenido de acetilo y la cantidad del plastificante.

RESISTENCIA AL IMPACTO. 1.8-3 ft.lb/in, entre -20 y 60°C.

RESISTENCIA A LA TENSION. 350-500 Kg/cm²

ELONGACION HASTA ROMPERSE. 30-40%.

MODULO DE TENSION. 15,000-22,000 Kg/cm²

PROPIEDADES ELECTRICAS.

RESISTENCIA DIELECTRICA. 300-500 KV/cm.

RESISTIVIDAD DE SUPERFICIE. 10^{13} ohm-cm.

RESISTIVIDAD DE VOLUMEN. 10^{10} ohm-cm.

CONSTANTE DIELECTRICA. 4-6.

PROPIEDADES TERMICAS.

PUNTO DE REBLANDECIMIENTO. 51-115°C.

COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA LINEAL. 0.0001 por°C.

FLAMABILIDAD. Se queman lentamente. Su razón de quemado es de --
0.5-3.0 in/min.

PROPIEDADES QUIMICAS.

ABSORCION DE AGUA EN EL EQUILIBRIO. 2-6%.

RESISTENCIA A:

Acidos minerales (dil.)	regular
Acidos minerales (conc.)	pobre
Alcalis	pobre
Solventes - alcoholes	regular
- cetonas	regular
- hidrocarburos aromáticos	excelente
- hidrocarburos clorados	regular
Detergentes	regular
Grasas y aceites	excelente

APLICACIONES PRINCIPALES.

Juguetes, botones, insignias, hebillas, tacones para calzado, perillas para puertas, partes para aspiradoras, accesorios para baños, empaques, accesorios de muebles, señales para puertas, peines, vasos, - conjuntos para sanitarios, cuerpos de cepillos, partes para razadoras, recipientes, partes para telefonos, boligrafos y plumas fuente, escritorios, teclas para maquinas de escribir, volantes para automoviles, manijas para sombrillas y paraguas, luces para indicadores industriales, lentes para protección, manijas para herramientas, cubiertas para libros, cintas para grabadoras magnéticas, cintas adhesivas, cajas para empaques, cubiertas para alimentos, lentes para el sol, vidrios para relojes, diales para radios, mangos para cuchillos.

3.2.10.- BUTIRACETATO DE CELULOSA.

DENSIDAD 1.15-1.22 g/cm³

ESTADO. Disponibles en forma de granulos, coloreados o no. En tonos claros como el vidrio hasta opacos. Se obtienen un amplio rango de tipos, cambiando el contenido del plastificante.

PROCESABILIDAD.

Este tipo de plásticos puede ser moldeado por inyección o extrusión. La temperatura para el moldeo por inyección es de 180-220°C, con una temperatura de molde de 40-70°C y una contracción de moldeo de 0.3-0.6%.

PROPIEDADES MECANICAS.

RESISTENCIA AL IMPACTO. 1-11 ft.lb/in, a 23°C. 0.4-3.4 ft.lb/in a -40°C.

COEFICIENTE DE FRICCIÓN. 0.1, seco. 0.3, húmedo.

PROPIEDADES ELECTRICAS.

CONSTANTE DIELECTRICA. 3.4-7.4, a 10^3 c/s. 3.2-7.0, a 10^{16} c/s.

RESISTIVIDAD DE VOLUMEN APARENTE. 10^{10} - 10^{15} ohm-cm.

PROPIEDADES TERMICAS.

TEMPERATURA DE SERVICIO MAXIMA. 70-80°C.

COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA LINEAL. $8-17 \times 10^{-5}$ por °C.

CONDUCTIVIDAD TERMICA. $4-8 \times 10^{-4}$ cal/seg/cm²/°C.

FLAMABILIDAD. Se queman y gotean. Su razón de quemado es de 1.5in/mm.

PROPIEDADES QUIMICAS.

ABSORCION DE AGUA EN EL EQUILIBRIO. 5%, a 20°C.

PERMEABILIDAD DE GASES.

N ₂	5,000	cm ³ /0.001 in/m ² /atm/24hr
O ₂	20,000	" "
CO ₂	125,000	" "

RESISTENCIA A:

Acidos minerales (dil.)	regular-buena
Acidos minerales (conc.)	pobre
Alcalis	regular
Solventes - alcoholes	pobre
- cetonas	pobre
- hidrocarburos aromaticos	pobre
- hidrocarburos clorados	pobre
Detergentes	excelente
Grasas y aceites	excelente

EFFECTOS DE LA INTEMPERIE.

Sus propiedades a la intemperie van de buenas a excelentes, especialmente las formulaciones para exteriores. Las condiciones de alta hú-

medad pueden causar alguna exudación del plastificante de estos materiales. La migración del plastificante le puede ocurrir a otros plásticos que estén en contacto con estos. Algunos contaminantes atmosféricos, tales como los óxidos de nitrógeno y el humo del tabaco pueden decolorarlos.

3.2.11.- ETILEN - VINIL - ACETATO. (EVA)

DENSIDAD. 0.926-0.937 g/cm³

ESTADO. En forma de granulos o polvos.

PROCESABILIDAD.

Pueden ser tratados en forma similar al polietileno, pero a mas bajas temperaturas. La temperatura de procesado debe ser de 100-230°C (no debe incrementarse este valor u ocurre la degradación). La presión de moldeo es de 200-600 lb/in² (14-40 Kg/cm²). La temperatura del molde es de 25-40°C. La contracción de moldeo es de 1.5%, dependiendo de las condiciones.

PROPIEDADES MECANICAS.

Dependiendo del contenido de acetato de vinilo, al incrementarse se reduce la cristalinidad pero aumenta la flexibilidad.

PROPIEDADES TERMICAS.

TEMPERATURA DE SEVICIO MAXIMA. 55-65°C.

CONDUCTIVIDAD TERMICA. 2.4 Btu/h.ft²°F. in.

PROPIEDADES ELECTRICAS.

FACTOR DE POTENCIA.

0.0012 50 c/s

0.0040 10³ "

0.0350 10⁶ "

RESISTIVIDAD DE VOLUMEN APARENTE. 2.5 X 10¹⁶ ohm-cm.

RESISTENCIA DIELECTRICA. 510 V/0.001 in.

PROPIEDADES QUIMICAS.

ABSORCION DE AGUA EN EL EQUILIBRIO. 0.07-0.13%.

PERMEABILIDAD DE GASES.

O₂ <12,000 cm³/m²/24hr/atm.

CO₂ <52,000 " "

RESISTENCIA A:

Acidos minerales (dil.)	excelente
Acidos minerales (conc.)	regular
Alcalis	buena
Solventes - alcoholes	buena
- cetonas	pobre
- hidrocarburos aromaticos	pobre
- hidrocarburos clorados	pobre
Detergentes	buena
Grasas y aceites	buena

EFFECTOS DE LA INTEMPERIE.

Poseen mejor resistencia a la luz ultravioleta que el polietileno, - sin embargo, se recomienda estabilizarlos cuando se les va a destinar para algún uso en exteriores.

APLICACIONES PRINCIPALES.

Extrusiones flexibles, tubos y mangueras, forros y revestimientos, cu biertas para cables, cierres, películas para empaque, juguetes infla- bles, empaques, suelas para zapatos, guantes.

3.2.12.- PROPILENO - ETILENO - FLUORADO. (FEP)

DENSIDAD. 2.145-2.17 g/cm³

ESTADO. Granulos para moldeo o extrusión, dispersiones para recubri- mientos. Las partes hechas de FEP son translúcidas y similares en su apariencia al polietileno.

PROCESABILIDAD.

Las resinas FEP son copolimeros procesables en fundido, hechas a par- tir de tetrafluoroetileno y hexafluoropropileno, las cuales a diferen- cia de las resinas PTFE, pueden ser procesadas por las técnicas de - fundido convencionales. Las partes fabricadas presentan propiedades muy similares al PTFE. La temperatura de moldeo por inyección es de 300-350°C. La presión de moldeo por inyección es de 350-1,400 Kg/cm². La contracción de moldeo es de 3-6%. La temperatura de extrusión es de 315-390°C.

PROPIEDADES MECANICAS.

RESISTENCIA AL IMPACTO.
0.5 cm.Kg/cm 55°C
17 " " 70°C

COEFICIENTE DE FRICCION ESTATICA. 0.07, para una carga de 1,000lb/in²

PROPIEDADES ELECTRICAS.

CONSTANTE DIELECTRICA. 2.08

RESISTIVIDAD DE VOLUMEN. $>10^{18}$ ohm-cm.

PROPIEDADES TERMICAS.

TEMPERATURA DE SERVICIO MAXIMA. 205°C

TEMPERATURA DE FUSION CRISTALINA. 285-295°C.

EXPANSION TERMICA. 8.3-10.5 X 10 por°C, a 38-70°C.

CONDUCTIVIDAD TERMICA. 5×10^{-5} cal/seg/cm²/ C/cm.

FLAMABILIDAD. No se queman.

PROPIEDADES QUIMICAS.

ABSORCION DE AGUA EN EL EQUILIBRIO. 0.01%.

PERMEABILIDAD DE GASES.

O₂ 0.238-0.730 g/100 cm²/24h/0.1 mm.

N₂ 0.104-0.116 " " "

RESISTENCIA A:

Acidos minerales (dil.) excelente

Acidos minerales (conc.) excelente

Alcalis excelente

Solventes - alcoholes excelente

- cetonas excelente

- hidrocarburos aromaticos excelente

- hidrocarburos clorados excelente

Detergentes excelente

Grasas y aceites excelente

EFFECTOS DE LA INTEMPERIE.

Sus propiedades a la intempertie son excelentes. No experimatan ningún cambio por las condiciones climatológicas.

APLICACIONES PRINCIPALES.

Tienen grandes aplicaciones en el campo eléctrico, tales como bloques terminales, cables plasnos, circuitos impresos, etc., cubiertas para rodillos de impresión, textiles, papel, panaderia y donde se requiera de sus propiedades anti-adheribles. Los FBP son también utilizados - en válvulas de paso anti-corrosivas.

3.2.13.- METACRILATO - BUTADIENO - ESTIRENO. (MBS)

DENSIDAD. 1.09-1.11 g/cm³.

ESTADO. En forma de granulos para el moldeo por inyección y extrusión. En forma natural son casi transparentes, con sólo un ligero tinte azulado. Pueden ser coloreados o pigmentados en cualquier color transparente, translúcido u opaco.

PROCESABILIDAD.

Este tipo de plásticos, generalmente se emplean para el moldeo por inyección, aún cuando pueden ser también moldeados por compresión, por soplado y extruidos en forma de láminas, películas, tubos, y otros perfiles. Las láminas extruidas pueden ser fácilmente formadas por termoformado.

La temperatura necesaria para su moldeo por inyección es de 210-240 °C. Con objeto de obtener la máxima brillantéz de su superficie y una buena transparencia, la temperatura no debe ser menor de 80°C en el molde. Para la extrusión, se requiere de una temperatura de fusión de 140-180°C y una temperatura de dado de 200-220°C.

Las resinas MBS pueden ser formuladas en una gran variedad de tipos que muestran una marcada diferencia en sus características, de acuerdo con su composición y peso molecular. El grado normal es el llamado 1.5 y el grado de alta rigidéz 1.2.

PROPIEDADES MECANICAS.

RESISTENCIA AL IMPACTO. 10-15 Kg.cm/cm para los tipos normales y 5-7 Kg.cm/cm para los tipos rígidos.

MODULO DE ELASTICIDAD.

	MBS 1.5	MBS 1.2
25°C	19,500 Kg/cm ²	24,800 Kg/cm ²
70°C	15,000 "	20,000 "

PROPIEDADES ELECTRICAS.

RESISTIVIDAD DE VOLUMEN. 2.7×10^{11} ohm-cm.

CONSTANTE DIELECTRICA 3.21, a 100 c/s y 23°C.

FACTOR DE POTENCIA. 0.029, a 100 c/s y 23°C.

RESISTENCIA DIELECTRICA. 20.2 KV/mm, a 50 c/s.

PROPIEDADES TERMICAS.

Los artículos hechos a base de MBS permanecen suficientemente rígidos arriba de 85-90°C.

COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA LINEAL. $6-8 \times 10^{-5}$ por°C.

CONDUCTIVIDAD TERMICA. 4-5 cal/cm/cm²/°C/seg.

PROPIEDADES QUIMICAS.

RESISTENCIA A:

Acidos minerales (dil.)	excelente
Acidos minerales (conc.)	buena
Alcalis	excelente
Solventes - alcoholes	pobre
- cetonas	pobre
- hidrocarburos aromáticos	pobre
- hidrocarburos alifáticos	pobre
- hidrocarburos clorados	pobre
Soluciones detergentes	excelente
Grasas y aceites	excelente

APLICACIONES PRINCIPALES.

Componentes de jugueteria (trenes eléctricos), componentes internos para refrigeradores, partes para objetos domésticos, equipo para escritura, estuches para baterias.

3.2.14.- POLIAMIDAS. NYLON 6.

DENSIDAD. 1.12-1.15 g/cm³ (no reforzada).
1.29-1.39 " (reforzada).

ESTADO. Granulos en colores naturales (opacos), en una gran variedad de tonos.

PROCESABILIDAD.

El rango de temperatura de procesado es de 225-280°C. Con una temperatura de molde de 20-120°C. La contracción de moldeo es de 0.5-1.5% El nylon 6 puede ser maquinado mediante: torneado, fresado, barrenado, cosido, punzado, cortado y pulido. Son soldados por medio de: -- soldadura con gas caliente, con herramientas calientes, soldado ultrasonico, soldado de alta frecuencia. Se unen mediante: ácido fórmico concentrado, dos componentes adhesivos (poliester-isocianato) y adhesivos a presión.

PROPIEDADES MECANICAS.

	Seco	Con el contenido de hum. en el eq.	Con un 35% de fibra - de vidrio.
ELONGACION AL ROMPERSE (%)	100	200	6
CARGA PRODUCIENDO UN 2% DE ELONGACION DESPUES DE -- 1,000 hr. (Kgf/cm ²)		85	450
COEFICIENTE DE FRICCIÓN p=4.8Kgf/cm ² ; v=0.75 m/seg.		0.20 (sin lubricar)..... 0.05 (lubricado con aceite)	

PROPIEDADES ELECTRICAS.

	20°C.	60°C.	100°C.
CONSTANTE DIELECTRICA, a 1 Kc/s.....	3.9	7	18
FACTOR DE POTENCIA, a 1 Kc/s.....	0.023	0.15	0.18
RESISTIVIDAD ESPECIFICA (ohm-cm).....	10 ¹⁵	3 X 10 ¹¹	2 X 10 ⁹
RESISTENCIA DIELECTRICA (Kv/mm) t = 0.5 mm.....	50	30	20

PROPIEDADES TERMICAS.

PUNTO DE FUSION. 220°C.

PUNTO DE REBLANDECIMIENTO (modulo de corte 1,000 Kgf/cm²). 190°C.

TEMPERATURA DE SERVICIO MAXIMA. 80-100°C (continuo); 100-140°C (continuo, para grados estabilizados); 140-160°C (para corto plazo).

TEMPERATURA DE DISTORSION DE CALOR. 90°C, a 264 lb/in²; 190°C, a 66 lb/in².

COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA LINEAL. 7 X 10⁻⁵ por °C.

CONDUCTIVIDAD TERMICA. 0.23 Kcal/m.h.°C.

FLAMABILIDAD. Autoextinguibles.

PROPIEDADES QUIMICAS.

ABSORCION DE AGUA EN EL EQUILIBRIO. 2.0-3.0%, a 23°C y 650% H.R.

PERMEABILIDAD DE GASES. (cm³/dm²·24h.1 atm. 0.1 mm).

Nitrógeno	0.05	CO ₂	0.4
Oxígeno	0.5	Hidrógeno	6

PERMEABILIDAD DE VAPOR DE AGUA. 10-20 X 10⁻⁹ m²D.

RESISTENCIA A:

Acidos minerales (dil.)	pobre
Acidos minerales (conc.)	pobre
Acidos débiles (dil.)	regular
Alcalis	buena
Solventes - alcoholes	buena
- hidrocarburos aromáticos	buena
- hidrocarburos clorados	regular
- esterres y cetonas	buena
Detergentes	buena
Grasas y aceites (neutral)	buena
Soluciones de agentes oxidantes	pobre
Agua hirviendo y vapor arriba de 120°C.	regular

EFFECTOS DE LA INTEMPERIE.

Los moldeados por inyección de esta poliamida, de 5-10 mm de espesor han estado expuestos por tres años consecutivos en condiciones exteriores, sin observar ningún cambio en su dureza y resistencia.

APLICACIONES PRINCIPALES.

Forros, soportes para muchos productos tales como los instrumentos y vehículos de motor, máquinas de negocios y artículos de consumo duradero como aspiradoras, rasuradoras, proyectores de cine, cámaras, impulsores para bombas, muebles para puertas y ventanas, sostenes, tornillos, corredores para cortinas, peines, partes para maquinaria textil y maquinaria de hilado.

3.2.15.- POLIAMIDAS TRANSPARENTES.

DENSIDAD. 1.12 g/cm³

ESTADO. En forma de granulos.

PROCESABILIDAD.

Su temperatura de procesado, con máquinas del tipo de tornillo o embolo, es de 250-320°C. Debido a su alta viscosidad necesitan de presiones de inyección adecuadas, las cuales son superiores a 1,300Kg/cm² (18,500 lb/in²). En comparación con otras poliamidas, el nylon amorfo posee una baja y constante contracción (aproximadamente 0.5%). La post-contracción de moldeo es de sólo 0.02-0.03%, a temperaturas de prueba de 100-130°C.

PROPIEDADES MECANICAS.

CARGA ULTIMA DE FLEXION. 1,250 Kg/cm²

RESISTENCIA AL IMPACTO. 10 Kg/cm/cm², a 20°C.

MODULO DE ELASTICIDAD. 29,000 Kg/cm²

PROPIEDADES TERMICAS.

CALOR ESPECIFICO. 0.35 cal/g

CONDUCTIVIDAD TERMICA. 0.18 Kcal/m/h/°C.

COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA. 60 X 10⁻⁶/I/°C.

PROPIEDADES ELECTRICAS.

RESISTENCIA ESPECIFICA (SECA). 5 X 10¹³ ohm-cm. Después de 4 días a un 80% de H.R., esta tiene un valor de 5 X 10¹³ ohm-cm.

CONSTANTE DIELECTRICA. 3.9, 1KHz. Después de 7 días a 100% de H.R.

RESISTENCIA DIELECTRICA. 250 KV/cm, en lámina de 1 mm de espesor.

PROPIEDADES QUIMICAS.

RESISTENCIA A:

Acidos minerales (dil.)	excelente
Acidos minerales (conc.)	excelente
Acidos oxidantes	buena
Solventes - alcoholes	pobre
- cetonas	excelente
- hidrocarburos alifáticos	excelente
- hidrocarburos aromáticos	excelente
- hidrocarburos halogenados	excelente
Detergentes	muy buena
Grasas y aceites	muy buena

Estos materiales no se manchan con los jugos de frutas, café, té o tintas. Presentan una muy buena estabilidad frente a la mayoría de los hidrocarburos alifáticos y aromáticos, esterés, aceites y grasas.

APLICACIONES PRINCIPALES.

Tapas o cubiertas para maquinaria de lechería, ventanas para aparatos de rayos "X", contenedores para solventes en la maquinaria de impresión, cubiertas transparentes para interruptores de seguridad, interruptores de botón, bulbos de señal y de presión para relevadores, anillos de sellado e indicadores de nivel para líquidos, tapas de -- filtros para el filtrado de aceite diesel, grapas para bloques aislantes.

3.2.16.- POLIBUTADIENO.

DENSIDAD. 0.89-1.00 g/cm³

ESTADO. De líquido viscoso a semi-sólido, de blanco a naranja pálido.

PROCESABILIDAD.

Adecuado para el moldeo por compresión, transferencia e inyección. - Particularmente bueno por sus propiedades encapsulantes. Las soluciones de monomero son excelentes para recipientes de líquidos, impregnaciones y aplicaciones como el emboinado de filamentos. Las características de procesado de este termoplástico requieren de una temperatura de cilindro de sólo 70-90°C para el moldeo por inyección. La -- contracción de moldeo, con rellenos particulares es de 1.1-1.5%. Con rellenos fibrosos es de 0.3-0.8%.

PROPIEDADES MECANICAS.

RESISTENCIA AL IMPACTO. 0.3-0.5 ft,lb/in²; con rellenos particulares. Con reforzados fibrosos, su valor es superior a 12 ft.lb/in

RESISTENCIA A LA TENSION. 6.0-7.5 X 10³ lb/in² (rellenos de sílica)

RESISTENCIA FLEXIONAL. 11-14 X 10³ lb/in² (rellenos de sílica)

RESISTENCIA A LA COMPRESION. 1.8-2.5 X 10⁴ lb/in² (rellenos de sílica)

PROPIEDADES ELECTRICAS.

RESISTENCIA DIELECTRICA. 500-1,000 volts/mil.

CONSTANTE DIELECTRICA. 3.7, a 50, 10², 10³, y 10⁴ Hz.

RESISTIVIDAD DE VOLUMEN. 1.7-7.1 X 10¹⁵ ohm-cm.

RESISTENCIA AL ARCO. 252 seg.

PROPIEDADES TERMICAS.

TEMPERATURA DE SERVICIO MAXIMA. 180°C, en aire.

PUNTO DE DISTORSION DE CALOR. 285°C, a 264 lb/in² (18.5 Kg/cm²).

FLAMABILIDAD. Con relleno no se quema, sin relleno se quema rapidamente.

PROPIEDADES QUIMICAS.

ABSORCION DE AGUA. 0.1%.

RESISTENCIA A:	23°C.	A T.DE REFLUJO
Acidos minerales	excelente	regular-buena
Alcalis	excelente	regular-buena
Solventes - alcoholes	excelente	excelente
- cetonas	excelente	excelente
- hidrocarburos aromáticos	excelente	buena-excelente
- hidrocarburos clorados	excelente	buena-excelente
Grasas y aceites	excelente	excelente

EFECTOS DE LA INTEMPERTIE.

Su extremadamente alta estabilidad dimensional e impermeabilidad, aunada a su baja absorción de humedad, los hace ofrecer muy buen servicio cuando se emplean en exteriores.

APLICACIONES PRINCIPALES.

Componentes eléctricos y láminas para un amplio rango de aplicaciones.

3.2.17.- POLIBUTENO 1.

DENSIDAD. 0.915 g/cm³

ESTADO. En forma de granulos, natural o negro (30% de negro de humo)

PROCESABILIDAD.

Pueden moldearse por inyección o extrusión. Sus temperaturas de procesado son: Para la extrusión 190-290°C; para la inyección 240-280°C. Con temperatura de molde de 40-80°C. Su contracción de moldeo es de 1.5-3.0%.

Inmediatamente después de haber sido procesado el polibuteno 1, es relativamente blando y flexible, por lo que debe ser manipulado con muchas precauciones para evitar posibles deformaciones en las partes. - Ocorre alguna orientación durante el endurecimiento, combinada con algunos cambios en sus características durante el periodo de normalización, el cuál toma de 2 a 5 días.

PROPIEDADES MECANICAS.

RESISTENCIA AL IMPACTO. 215 Kg/cm²; a 20°C. 165 Kg/cm²; a 40°C.

A consecuencia de la larga vida de este material, es muy alta su estabilidad dimensional, por lo que es de sugerirse se apliquen en donde se requiera de una resistencia a largo plazo y elevadas temperaturas.

PROPIEDADES ELECTRICAS.

RESISTIVIDAD DE VOLUMEN. $\sim 10^{18}$ ohm-cm.

CONSTANTE DIELECTRICA. 2.2-2.5

RESISTENCIA AL ARCO. 70 KV/mm.

PROPIEDADES TERMICAS.

PUNTO DE FUSION CRISTALINO. 124-130°C.

PUNTO DE REBLANDECIMIENTO. 120-126°C.

TEMPERATURA DE SERVICIO MAXIMA. 100°C.

CONDUCTIVIDAD TERMICA. 0.15-0.20 Kcal/m.h.°C.

COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA LINEAL. 1.25×10^{-4} por °C.

FLAMABILIDAD. Se queman.

PROPIEDADES QUIMICAS.

ABSORCION DE AGUA. 0.02%, sumergido a 23°C.

PERMEABILIDAD DE GASES. ($\text{cm}^3/\text{dm}^2 \text{d. atm}$, 100μ).

N_2	5	CO_2	60
O_2	18	H_2	71

Vapor de agua. $6.0 \text{ g/m}^2 \text{d}$, a 30°C , 90% H.R. y 100μ .

RESISTENCIA A:

Acidos minerales (dil.)	excelente
Acidos minerales (conc.)	excelente
Acidos oxidantes	regular
Alcalis	excelente
Solventes - alcoholes	excelente
- cetonas	excelente
- hidrocarburos alifáticos	buena
- hidrocarburos aromáticos	regular
- hidrocarburos halogenados	regular
Detergentes	excelente
Grasas y aceites	buena

EFFECTOS DE LA INTEMPERIE.

En su forma natural sus propiedades a la intemperie son pobres, pigmentadas son buenas y mejores si se les rellena con negro de humo.

APLICACIONES PRINCIPALES.

Tuberias y accesorios, películas, empaques, laminados de papel, textiles, metales, cubiertas de cables, recubrimientos resistentes a -- los productos químicos.

3.2.18.- POLICARBONATOS.

DENSIDAD. 1.20 g/cm^3 . Rellenos con vidrio 1.42 g/cm^3 .

ESTADO. en forma de granulos transparentes, translúcidos y opacos, se obtienen materiales rellenos con fibra de vidrio.

PROCESABILIDAD.

Se procesan principalmente mediante el moldeo por inyección, a una temperatura de $275-320^\circ\text{C}$ y una presión de $800-1,200 \text{ Kg/cm}^2$. Presentan una contracción de moldeo de 0.7-0.8%, rellenos con fibra de vidrio 0.15-0.5%.

PROPIEDADES MECANICAS.

RESISTENCIA AL IMPACTO. $1.5-9 \text{ ft.lb/in}$, dependiendo del grado.

RESISTENCIA DE FATIGA DINAMICA. $220-300 \text{ Kg/cm}^2$, después de 10^3 c .

COEFICIENTE DE FRICCION. 0.45, en acero seco. 0.15, con aceite.

PROPIEDADES TERMICAS.

TEMPERATURA DE SERVICIO MAXIMA. 135-145°C.

PUNTO DE FUSION CRISTALINO. 220-230°C.

COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA LINEAL. 60-70 X 10⁻⁶ por °C.

CONDUCTIVIDAD TERMICA. 0.19 Kcal/m.hr.°C.

FLAMABILIDAD. Autoextinguible.

PROPIEDADES ELECTRICAS.

RESISTENCIA DIELECTRICA. 350 KV/cm.

RESISTIVIDAD DE VOLUMEN APARENTE. 10¹⁵-10¹⁶

RESISTENCIA AL ARCO. 10-12 seg.

PROPIEDADES QUIMICAS.

ABSORCION DE AGUA EN EL EQUILIBRIO. 0.19%. Relleno de vidrio 0.14%.

PERMEABILIDAD DE GASES.

N₂ 0.03 X 10⁻⁹ cm³ (NTP) cm/cm²seg.cm Hg.

O₂ 0.17 X 10⁻⁹ " " "

CO₂ 1.04 X 10⁻⁹ " " "

Permeabilidad de vapor de agua. 4-5 X 10⁻⁸ g cm⁻¹h⁻¹Torr⁻¹

RESISTENCIA A:

Acidos minerales (dil.)

Acidos minerales (conc.)

Alcalis

Solventes - alcoholes

- cetonas

- hidrocarburos aromáticos

- hidrocarburos alifáticos

- hidrocarburos clorados

Detergentes

Grasas y aceites

buena

regular

pobre

buena (excepto metanol)

pobre

pobre

buena

pobre

regular

buena

EFECTOS DE LA INTEMPERIE.

Sus propiedades a la intemperie son buenas, especialmente cuando se estabilizan a la luz ultra violeta.

APLICACIONES PRINCIPALES.

Recipientes para alimatos, cubiertas para maquinarias, cubiertas para bloques terminales, cascos de seguridad, componentes para cámaras, cubiertas para luces de automoviles, cubiertas para lámparas de alumbrado público, elementos de bombas sumergibles, recipientes de filtración.

3.2.19.- POLIETILENO. ALTA DENSIDAD.

DENSIDAD. 0.940-0.965 g/cm³

ESTADO. En forma de granulos o polvos, sin pigmento o coloreados, - del translúcido al opaco.

PROCESABILIDAD.

El polietileno de alta densidad puede ser procesado mediante la extrusión, el moldeo por inyección, el moldeo por soplado, formado al vacío (en forma de láminas) y por las técnicas del procesado de polvos. El flujo del polietileno de alta densidad es mas afectado por el incremento de la presión que por el incremento de la temperatura. En el moldeo por inyección se recomienda una presión mínima de 10000 lb/in². Aún cuando la presión es el principal factor para el flujo, - la temperatura no debe ser demasiado pequeña, con el objeto de evitar esfuerzos residuales en las partes moldeadas, lo cuál podría causarles serios daños. Idealmente, el molde debe ser cerrado lo mas - rápidamente posible, con el material a una temperatura uniforme. Las máximas velocidades de inyección producen los mejores resultados. --

Los rangos de temperaturas de proceso son los siguientes: 200-280°C, para la temperatura de cilindro en el moldeo por inyección. 170-190 °C, para la extrusión. La temperatura del molde produce un gran efecto sobre la contracción del moldeo, más que cualquier otra variable; Así, para una temperatura de molde de 20°C se tiene una contracción de moldeo de 2.2% y a 60°C le corresponde un valor de 3.5%.

PROPIEDADES MECANICAS.

La resistencia al impacto del polietileno de alta densidad es menos afectada por las bajas temperaturas que la del polipropileno.

RESISTENCIA DE FATIGA DINAMICA. Asumiendo un nivel de seguridad de 5×10^6 ciclos, en general, puede aplicarse un esfuerzo máximo de -- 1,500 lb/in², dependiendo de la densidad y el índice de fusión.

FRICCIÓN. Puede tomarse un valor mínimo promedio del coeficiente de fricción de 0.2, dependiendo obviamente de las superficies en contacto. El agua no afecta virtualmente las propiedades friccionales de este material, debido a su baja absorción.

PROPIEDADES ELECTRICAS.

FACTOR DE POTENCIA. Menor de 0.0001 y virtualmente no es afectado - por las frecuencias en un rango de 10^3 - 10^6 c/s y por el incremento d de la temperatura de 20°C a 60°C.

CONSTANTE DIELECTRICA. 2.35 y tampoco es virtualmente afectada por la frecuencia en un rango de 10^3 - 10^6 c/s y el incremento de la temperatura de 20°C a 60°C.

PROPIEDADES TERMICAS.

TEMPERATURA DE SERVICIO MAXIMA. 80-90°C, dependiendo del diseño.

PUNTO DE FUSION CRISTALINO. 135°C.

COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA LINEAL. 11-13 X 10⁻⁵ por°C.

FLAMABILIDAD. Se queman lentamente, con goteo.

PROPIEDADES QUIMICAS.

ABSORCION DE AGUA EN EL EQUILIBRIO. Menos de 0.01% en 24 hr de inmersión, con un material de prueba de 0.125 in de espesor.

PERMEABILIDAD DE GASES. (NTP cm³/cm²/seg/0.001 in/cm Hg X 10⁹).

N ₂	1.0	CO ₂	13.0
O ₂	3.0	H ₂ O vap.	16.0

RESISTENCIA A:

Acidos minerales (dil.)	excelente
Acidos minerales (conc.)	regular
Alcalis	excelente
Solventes - alcoholes	excelente
- cetonas	regular
- hidrocarbmos aromáticos	pobre
- hidrocarburos clorados	pobre
Detergentes	regular
Grasas y aceites	excelente

EFFECTOS DE LA INTEMPERIE.

El polietileno de alta densidad puede degradarse por una prolongada exposición a los rayos solares y decolorarse seriamente, perdiendo sus propiedades. Para un uso mas que intermitente a las condiciones exteriores, se recomienda utilizar un estabilizador a la luz ultravioleta como el negro de humo.

3.2.20.- POLIETILENO. BAJA DENSIDAD.

DENSIDAD. 0.92-0.935 g/cm³

ESTADO. En forma de granulos o polvos; natural y coloreados.

PROCESABILIDAD.

El polietileno de baja densidad puede ser procesado mediante todas las técnicas de procesamiento de materiales plásticos; por extrusión para obtener películas, láminas, tucos, recubrimientos de cables, recubrimientos de papel, etc.; moldeo por inyección; moldeo por soplado; moldeo por compresión y calandreado.

Rango de temperaturas de procesado: 190-250°C, para el moldeo por -inyección; 140-170°C, para el moldeo por soplado; 150-160°C, para la extrusión; 150-180°C, para la extrusión de películas; 280-320°C, para el recubrimiento de papel; 30-50°C, temperatura de molde para el moldeo por inyección.

PROPIEDADES MECANICAS.

RESISTENCIA DE FATIGA DINAMICA. Buena.

FRICCION. El coeficiente de fricción, siendo el polietileno el miembro estático es 0.45, siendo el aluminio el miembro estático 0.24.

PROPIEDADES ELECTRICAS.

CONSTANTE DIELECTRICA. Independientemente de la frecuencia en un rango de 10¹-10⁸c/s. $\epsilon = (1 + 0.65\rho)/(1 - 0.325\rho)$

RESISTIVIDAD DE VOLUMEN APARENTE. 10¹⁷ ohm-cm.

PROPIEDADES TERMICAS.

PUNTO DE FUSION CRISTALINO. 110-115°C.

COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA LINEAL. 2.8 X 10⁻⁴ por°C.

CONDUCTIVIDAD TERMICA. 8 X 10⁻⁴ cal.cm/cm².°C.seg.

FLAMABILIDAD. Se queman, con goteo. Su razón de quemado, en especímenes de 1.0 mm de espesor, es de 58 cm /min.

PROPIEDADES QUIMICAS.

ABSORCION DE AGUA EN EL EQUILIBRIO. Sumergido a 20°C, no es mayor de 0.15%.

PERMEABILIDAD DE GASES.

N ₂	9 X 10 ⁻¹¹	cm ³ (a 76 cm Hg)	cm/cm ² .seg (cm Hg)
O ₂	24 X 10 ⁻¹¹	"	"
CO ₂	130 X 10 ⁻¹¹	"	"

Permeabilidad de vapor de agua. 14 g/m², en 24 hr, a 38°C y 90% H.R.

RESISTENCIA A:

Acidos minerales (dil.)	excelente
Acidos minerales (conc.)	buena
Alcalis	excelente
Solventes - alcoholes	buena
- cetonas	regular
- hidrocarburos aromáticos	pobre
- hidrocarburos clorados	pobre
Soluciones detergentes	regular
Grasas y aceites	buena

EFFECTOS DE LA INTEMPERIE.

Para uso continuo en exteriores, el polietileno de baja densidad debe componerse con negro de humo. El polietileno protegido adecuadamente puede permanecer en servicio de 6 a 10 años bajo condiciones tropicales y por lo menos 20 años en temperaturas moderadas.

APLICACIONES PRINCIPALES.

Aislantes para cables telefónicos, tuberías para agua fría, tuberías para productos químicos, tubos flexibles, recipientes a presión, contenedores para líquidos y polvos, recipientes de cocina, tanques y -cisternas, juguetes, películas para empaque, cubiertas para cartón de empaques de leches y jugos de frutas, protecciones para ropa, recubrimientos de papel para bolsas a prueba de agua.

3.2.21.- OXIDO DE POLIFENILENO. (PPO)

DENSIDAD. 1.06 g/cm^3

ESTADO. Disponible en forma de granulos, generalmente en ambar transparente, negro o beige opaco.

PROCESABILIDAD.

Pueden utilizarse en moldeo por inyección y extrusión. El rango de temperatura de inyección es de $320-345^\circ\text{C}$, con una temperatura de molde de $140-160^\circ\text{C}$ y una contracción de moldeo de $0.7-0.9\%$. Para la extrusión la temperatura es de $280-320^\circ\text{C}$. Este tipo de resinas también pueden moldearse por soplado y termoformado. Los productos pueden ser cementados, electroplateados, maquinados, impresos y metalizados al vacío.

PROPIEDADES MECANICAS.

RESISTENCIA A LA TENSION. 700 Kg/cm^2 ($9.9 \times 10^3 \text{ lb/in}^2$)

RESISTENCIA FLEXIONAL. $980-1,050 \text{ Kg/cm}^2$ ($13.7-14.7 \times 10^3 \text{ lb/in}^2$)

RESISTENCIA AL IMPACTO. 1.5 lb;ft/in

COEFICIENTE DE FRICCIÓN. $0.18-0.23$

PROPIEDADES TERMICAS.

DISTORSION DE CALOR. 191°C , a 264 lb/in^2 (19 Kg/cm^2)

COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA LINEAL. 5.2×10^{-5} por $^\circ\text{C}$.

CONDUCTIVIDAD TERMICA. $1.33 \text{ Btu/h.ft}^2 \text{ }^\circ\text{F. in.}$

FLAMABILIDAD. Autoextinguibles, no gotean.

PROPIEDADES ELECTRICAS.

RESISTIVIDAD DE VOLUMEN. $1.1-1.5 \times 10^{13}$ ohm-cm.

CONSTANTE DIELECTRICA 2.56, a 60 c/s y 10^6 c/s.

FACTOR DE DISIPACION. 0.0004, a 60 c/s. 0.007, a 10^6 c/s.

PROPIEDADES QUIMICAS.

ABSORCION DE AGUA EN EL EQUILIBRIO. 0.1%

PERMEABILIDAD DE GASES.

O ₂	3,200	cm ³ /2 ⁴ hr.100 in ² atm.	0.001	in
CO ₂	15,700	"	"	"
H ₂ O vap.	22,400	"	"	"

RESISTENCIA A:

Acidos minerales (dil)	excelente
Acidos minerales (conc.)	regular
Alcalis	excelente
Solventes - alcoholes	excelente
- cetonas	pobre
- hidrocarburos aromáticos	pobre
- hidrocarburos clorados	pobre
Detergentes	excelente
Grasas y aceites	depende del aditivo.

EFFECTOS DE LA INTEMPERIE.

Son altamente resistentes a esterilizaciones repetidas, el polimero no tiene grupos hidrolizables. Es útil a altas temperaturas, bajo cargas relativamente altas. Su estabilidad dimensional es excelente.

APLICACIONES PRINCIPALES.

Equipo electrónico, partes medico-quirúrgicas, componentes para lavadoras, recipientes para agua caliente, películas para aislación de cables, capacitores, películas fotográficas, láminas para dibujo.

3.2.22.- POLIPROPILENO.

DENSIDAD. 0.90-0.91 g/cm³

ESTADO. En forma de granulos o polvos; sin pigmentar o en colores -- que van del translúcido al opaco.

PROCESABILIDAD.

El polipropileno y los copolímeros del polipropileno pueden ser procesados por extrusión, moldeo por soplado, moldeo por inyección y ==

cuando se encuentran en forma de láminas, pueden ser formados al vacío. Debido a sus buenas características de flujo, alto punto de reblandecimiento y bajo contenido de calor, el polipropileno puede ser moldeado en ciclos mas cortos que los otros termoplásticos.

El rango de temperaturas de procesado son las siguientes: Para el moldeo del polipropileno deben emplearse temperaturas de cilindro de 230-260°C. Debe tenerse cuidado en no incrementar demasiado la temperatura, debido a que esto aumenta también la contracción de moldeo. La contracción de moldeo generalmente es de 1.8%.

PROPIEDADES MECANICAS.

RESISTENCIA AL IMPACTO. 0.40-12 ft.lb/in

RESISTENCIA A LA COMPRESION. 5,000-8,000 lb/in²

RESISTENCIA A LA TENSION. 2,900-4,500 lb/in²

RESISTENCIA A LA FLEXION. 6,000-12,000 lb/in²

FRICCION. Las propiedades friccionales del polipropileno son virtualmente inafectadas por el agua, debido a su baja absorción. En contacto con el acero dulce, el valor mínimo del coeficiente de fricción es de 0.25.

PROPIEDADES ELECTRICAS.

FACTOR DE POTENCIA. Este es inafectado por la frecuencia de la corriente en un rango de 10²-10⁶ c/s, y sólo cambia su valor de 5-4 X 10⁻⁴ con el incremento de la temperatura de 20°C a 80°C.

CONSTANTE DIELECTRICA. 2.25, no es afectado por la frecuencia en un rango de 10²-10⁶ c/s, ni por las temperaturas de 20-80°C.

RESISTIVIDAD DE VOLUMEN APARENTE. 10¹⁶ ohm-cm, a 23°C y 50% de H.R.

PROPIEDADES TERMICAS.

TEMPERATURA DE SERVICIO MAXIMA. 110-120°C.

PUNTO DE FUSION CRISTALINO. 165-170°C.

COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA LINEAL. 11 X 10⁻⁵ por °C.

CONDUCTIVIDAD TERMICA. 3.3 X 10⁻⁴ cal/cm.cm² °C. seg.

FLAMABILIDAD. Se queman lentamente, con goteo.

PROPIEDADES QUIMICAS.

ABSORCION DE AGUA EN EL EQUILIBRIO. 0.01%, en 24 hr y 0.125 espesor.

PERMEABILIDAD DE GASES. cm³(NTP)/cm²seg 0.001 in.cm Hg.

N ₂	0.6	CO ₂	12
H ₂ O vap.	160	O ₂	4

RESISTENCIA A:

Acidos minerales (dil.)	excelente
Acidos minerales (conc.)	excelente
Alcalis	excelente
Solventes - alcoholes	excelente
- cetonas	buena-pobre
- hidrocarburos aromáticos	buena-pobre
- hidrocarburos clorados	buena-pobre
Detergentes	excelente
Grasas y aceites	buena-pobre

EFFECTOS DE LA INTEMPERIE.

El polipropileno es adversamente afectado por la exposición a los rayos solares y por aplicaciones críticas en exteriores. Se recomienda estabilizarlos por medio de negro de humo.

APLICACIONES PRINCIPALES.

Utilizaciones domésticas, en hospitales y laboratorios en recipientes, textiles, motores, usos industriales, eléctricos y químicos, -- juguetes, peines, tuberías, películas, fibras y monofilamentos, muebles, alfombras, tacones para zapatos, cierres, sacos y bolsas.

3.2.23.- POLIESTIRENO. PROPOSITOS GENERALES.

DENSIDAD. 1.04-1.07 g/cm³

ESTADO. Obtenibles como granulos uniformes o como granulos quebrados. El material en su estado natural es transparente e incoloro de alta claridad, pero también puede obtenerse en formas de colores --- transparentes, translúcidos y opacos.

PROCESABILIDAD.

El poliestireno puede ser procesado mediante el moldeo por inyección, extrusión y moldeo por soplado. El material es estable al calor y puede ser procesado en un amplio rango de condiciones. En él pueden llevarse a cabo todos los procesos usuales de acabado.

Los poliestirenos son normalmente moldeados por inyección sobre los siguientes rangos de temperaturas: 160-280°C, para los grados de su per flujo; 180-280°C, para los grados de propositos generales; 200-280°C, para los grados de alto peso molecular y alto calor.

Generalmente, la presión que se emplea es la mínima posible en el -- moldeo 200 lb/in².

Las temperaturas del molde están entre 5-75°C. Generalmente las que se emplean son de 10-40°C. La contracción de moldeo para el poliestireno puede considerarse baja 0.2-0.6%.

La extrusión se lleva a cabo con temperaturas de fusión del rango de 150-200°C. Con los procesos de extrusión, generalmente se emplea poliestireno de alto calor, para hacer más rápido el proceso y obtener partes moldeadas con buena resistencia. En el moldeo por soplado, el material se seca previamente para asegurarse de que la parte moldeada no vaya a tener defectos en su superficie. Se utilizan temperaturas de fusión del rango de 170-200°C y una presión de soplado de 50 lb/in² que normalmente son suficientes para la mayoría de los objetos.

PROPIEDADES MECANICAS.

El poliestireno es uno de los materiales más rígidos entre los termoplásticos. Es fuerte, pero ligeramente quebradizo. Como la mayoría de los polímeros, las moléculas del poliestireno tienden a orientarse en la dirección del flujo durante el moldeo o la extrusión. Esto significa que las propiedades mecánicas serán anisotrópicas. Los valores de resistencia a la tensión, resistencia al impacto, etc., en dirección cruzada al flujo, serán menores que los valores que se muestran, los cuales están determinados en la dirección del flujo.

RESISTENCIA AL IMPACTO. 1.4 Kg.cm/cm (0.25 ft.lb/in), para un espesor de 0.01 in. 1.9 Kg.cm/cm (0.35 ft.lb/in), para un espesor de -- 0.04 in.

RESISTENCIA A LA TENSION.

	Kgf/cm ²	lb/in ²
Grados de superflujo.	340	5,300
Grados de propositos generales.	450	6,300
Grados de alto P.M. y calor.	480	7,600

PROPIEDADES ELECTRICAS.

Sus propiedades eléctricas son excelentes y prácticamente no son afectados por la humedad.

CONSTANTE DIELECTRICA. 2.55, a la temperatura ambiente. 2.60 a la temperatura de 90°C. Esta es independiente de la frecuencia.

RESISTIVIDAD DE VOLUMEN APARENTE. 10¹⁸ ohm-cm.

PROPIEDADES TERMICAS.

TEMPERATURA DE SERVICIO MAXIMA. 50-60°C, para servicio a largo plazo; 60-70°C, para grados de super flujo; 70-80°C, para grados de alto peso molecular y alto calor.

PUNTO DE FUSION CRISTALINO. No se funde.

COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA LINEAL. 7 X 10⁻⁵ por°C.

CONDUCTIVIDAD TERMICA. 0.87 Btu/h.ft² F.ft.

FLAMABILIDAD. Se queman, sin gotear. A una razón de 1.0 in/min.

PROPIEDADES QUIMICAS.

ABSORCION DE AGUA EN EL EQUILIBRIO. 0.03-0.04%.

PERMEABILIDAD DE GASES.

Oxígeno 300-320 cm³/24 hr.100 in² (STP)
Vap. de agua 9 g/24hr.100 in². 0.001 in (a 100 °F y 90% de H.R.)

RESISTENCIA A:

Acidos minerales (dil.)	buena-excelente
Acidos minerales (conc.)	buena-excelente
Alcalis	buena-excelente
Solventes - alcoholes	buena-excelente
- cetonas	pobre
- hidrocarburos aromáticos	pobre
- hidrocarburos clorados	pobre
Detergentes	regular-excelente
Grasas y aceites	pobre-buena

EFFECTOS DE LA INTEMPERIE.

Sus propiedades a este respecto son pobres, el material rapidamente se torna amarillento cuando se le expone por algún tiempo a la luz solar. Estabilizados a la luz ultra violeta muestran propiedades superiores, pero aún así, estos materiales no son recomendables para emplearse en exteriores. Los moldeados de poliestireno son dimensionalmente estables y no son afectados por las condiciones atmosféricas.

APLICACIONES PRINCIPALES.

El poliestireno encuentra una amplia aplicación en donde se requiere de claridad y alto lustre, particularmente en combinación con resistencia y regidez. Son fáciles de imprimir y decorar. Son de bajo costo.

POLIESTIRENO DE PROPOSITOS GENERALES. empaques, especialmente para empaques de polvos compactos y cosméticos, jeringas hipodérmicas desechables, cajas para refrigeradores, repuestos para bolígrafos, juguetes, monofilamentos.

GRADOS DE ALTO P.M. Y ALTO CALOR. Recipientes para polvos de talcos, mangos para cepillos, vasos, ganchos para ropa, recipientes para conservas calientes.

3.2.24.- POLISULFONAS.

DENSIDAD. 1.24-1.25 g/cm³

ESTADO. Las polisulfonas se encuentran en forma de granulos, en un amplio rango de colores que van del transparente al opaco.

PROCESABILIDAD.

Pueden ser procesados por medio de moldeo por inyección, extrusión, moldeo por soplado y termoformado. Normalmente, el material requiere ser secado antes de procesarse. De lo contrario, la humedad produce burbujas o rayas en el material. Su estabilidad térmica es excelente.

Sus temperaturas de procesamiento son las siguientes: 330-380°C, para el moldeo por inyección; 315-380°C, para el proceso de extrusión; 300-360°C, para el moldeo por soplado; 220-280°C, para el termoformado; 90-150°C, para la temperatura del molde. Su contracción de moldeo es de 0.7%.

PROPIEDADES MECANICAS.

RESISTENCIA AL IMPACTO. 1.3 ft.lb/in, a 23°C; 1.2 ft.lb/in, a -40°C

COEFICIENTE DE FRICCIÓN ESTÁTICO. 0.67, polisulfona-polisulfona (seca); 0.40, polisulfona-acero (seca).

PROPIEDADES ELECTRICAS.

CONSTANTE ELECTRICA.

	22°C	177°C.
60 c/s	3.14	2.82
10 ³ "	3.13	2.80
10 ⁶ "	3.10	2.73

RESISTIVIDAD DE VOLUMEN. 5×10^{16} ohm-cm.

RESISTENCIA AL ARCO. 122 seg.

PROPIEDADES TERMICAS.

TEMPERATURA DE SERVICIO MÁXIMA. 150-165°C.

PUNTO DE FUSIÓN CRISTALINO. 190°C.

COEFICIENTE DE EXPANSIÓN TÉRMICA LINEAL. 5.6×10^{-5} por°C.

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA. 0.00062 cal/seg.cm² °C.cm.

FLAMABILIDAD. Son autoextinguibles.

PROPIEDADES QUIMICAS.

ABSORCIÓN DE AGUA EN EL EQUILIBRIO. 0.62%, a 23°C. 0.85%, a 100°C.

PERMEABILIDAD DE GASES.

H ₂ O vap.	110 g/24 hr. 100 in ²	0.001 (a 23°C y 100% de H.R.)
O ₂	230 cm ³ /24 hr. 100 in ²	0.001 in.
CO ₂	950 " "	" "

RESISTENCIA A:

Acidos minerales (dil.)	excelente
Acidos minerales (conc.)	excelente
Alcalis	excelente
Solventes - alcoholes	buena
- cetonas	pobre
- hidrocarburos aromáticos	pobre
- hidrocarburos clorados	pobre
Detergentes	buena
Grasas y aceites	excelente

3.2.25.- P T F E.

DENSIDAD. 2.14-2.19 g/cm³

ESTADO. En forma de polvo blanco o dispersion. Se disponen en el mercado, varias medidas de partículas de polvos para el moldeo y la extrusión.

PROCESABILIDAD.

Las resinas PTFE son polímeros de alto peso molecular y no se funden como la mayoría de los termoplásticos. El moldeo de las resinas -- PTFE requiere de la fabricación de una preforma bajo presión, seguida de una sintetización, generalmente a 370-380°C y enfriado. Este paso puede llevarse a cabo bajo presión en el molde.

PROPIEDADES MECANICAS.

RESISTENCIA AL IMPACTO. 1.36 Kg.cm/cm, a 23°C en una barra de prueba de 12 mm X 12 mm.

COEFICIENTE DE FRICCIÓN ESTÁTICA BAJO CARGA. 0.02, a 1,000 lb/in².

PROPIEDADES ELECTRICAS.

FACTOR DE POTENCIA. < 0.0002, de 60 c/s a 60 Mc/s. < 0.002, a 3,000 Mc/s.

CONSTANTE DIELECTRICA. 2.1, de 60 c/s a 60 Mc/s. 2.1, a 3,000 Mc/s

RESISTIVIDAD DE VOLUMEN. > 10¹⁸ ohm-cm, a 23°C y 50% de H.R.

RESISTENCIA AL ARCO. > 300 seg.

PROPIEDADES TERMICAS.

TEMPERATURA DE SERVICIO MÁXIMA. 260°C.

TEMPERATURA DE FUSIÓN CRISTALINA. No se funde.

EXPANSIÓN TÉRMICA. 9.9 X 10⁻⁵ por°C, a 23-60°C.

CONDUCTIVIDAD TERMICA. 6×10^{-4} cal/seg/cm²/°C/cm.

FLAMABILIDAD. No se queman.

PROPIEDADES QUIMICAS.

ABSORCION DE AGUA EN EL EQUILIBRIO. $< 0.01\%$.

PERMEABILIDAD DE GASES.

N ₂	0.067	g/100	cm ² /24hr/0.1	mm.
CO ₂	0.403	"	"	"
H ₂ O	0.213	"	"	"

RESISTENCIA A:

Acidos minerales (dil.)	excelente
Acidos minerales (conc.)	excelente
Alcalis	excelente
Solventes - alcoholes	excelente
- cetonas	excelente
- hidrocarburos aromáticos	excelente
- hidrocarburos clorados	excelente
Detergentes	excelente
Grasas y aceites	excelente

APLICACIONES PRINCIPALES.

Soportes secos, en construcciones de acero y concreto, tuberias, tanques, recipientes, anillos de pistón, barras para compresores no lubricados, cilindros hidráulicos, mangueras a presión para aire caliente y servicio de vapor, empaques, componentes de valvulas, mangueras de transferencia, aislación de alambres y cables, partes para aviones, alambrado de motores, computadoras, superficies no grasosas - en equipo de sellado por calor, máquinas de engomado, maquinaria para hornear y hacer dulces.

3.2.26.- CLORURO DE POLIVINILO (PVC) PLASTIFICADO.

DENSIDAD. 1.1-1.7 g/cm³

ESTADO. En forma de granulos o dispersiones líquidas (plastisoles), del transparente al opaco.

PROCESABILIDAD.

Estos compuestos pueden ser moldeados por inyección, extruidos, calandreados, etc. Los plastisoles pueden ser rociados, espumados, - fundidos rotacionalmente, etc. El rango de temperaturas para el -- procesamiento de estos materiales es de 150-200°C. La contracción de - moldeo es, de 0.001-0.005 in/in, de acuerdo con el tipo.

PROPIEDADES MECANICAS.

FLEXIBILIDAD. A temperaturas normales, el PVC plastificado es flexible, pero al decrecer la temperatura se tornan quebradizos. Las propiedades a bajas temperaturas pueden ser mejoradas utilizando grandes cantidades de plastificante.

FRICCION. A altos niveles de plastificante, el coeficiente de fricción es alto, debido a la naturaleza pegajosa de la superficie. Al decrecer el nivel de plastificación, el coeficiente de fricción también decrece.

PROPIEDADES ELECTRICAS.

FACTOR DE POTENCIA. 0.102, a 20°C; 0.10, a 40°C; 0.08, a 60°C.

CONSTANTE DIELECTRICA. 5.8, a 40°C, 60 c/s; 10.8, a 40°C, 60 c/s.

PROPIEDADES TERMICAS.

El PVC plastificado puede ser usado casi indefinidamente a temperaturas arriba de 105°C en aislación de cables, etc., proviendolo de sistemas adecuados de plastificante-estabilizador. Para períodos cortos pueden ser toleradas temperaturas aún mayores.

COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA LINEAL. 1×10^{-4} por°C.

CONDUCTIVIDAD TERMICA. $3-4 \times 10^{-4}$ cal/s/cm²/°C/cm.

FLAMABILIDAD. Se queman lentamente o no se queman si se emplean los aditivos adecuados.

PROPIEDADES QUIMICAS.

ABSORCION DE AGUA EN EL EQUILIBRIO. 0.5-1.0%.

PERMEABILIDAD DE GASES.

CO₂ 430-19,000 cm³/m²/24 hr /atm.
O₂ 190- 3,000 " " "

RESISTENCIA A:

Acidos minerales (dil.)	excelente
Acidos minerales (conc.)	buena
Alcalis	buena
Solventes - alcoholes	moderada-pobre
- cetonas	moderada-pobre
- hidrocarburos aromáticos	buena-moderada
- hidrocarburos clorados	pobre
Soluciones detergentes	moderada-buena
Grasas y aceites	pobre-buena

EFFECTOS DE LA INTEMPERIE.

Sus propiedades son generalmente buenas en exteriores, pero en los casos en que estos materiales deban estar expuestos prolongadamente a la luz, se recomienda la adición de estabilizadores.

APLICACIONES PRINCIPALES DE LOS COMPUESTOS GRANULARES.

Láminas con las cuales pueden ser manufacturadas una amplia cantidad de productos tales como: ropa, pañales para bebe, encortinados, manteles, mandiles, pantallas para cines, cintas, ropa de protección, - cubiertas para maquinas de negociaciones.

APLICACIONES PRINCIPALES DE LOS PLASTISOLES.

Sillones para automoviles, bolsas de mano, zapatos, conectores flexibles, guantes, bandas industriales y transportadoras, cubiertas para pisos, tapiz para paredes.

3.2.27.- CLORURO DE POLIVINILO (PVC) RIGIDO.

DENSIDAD. (g/cm ³)	IMPACTO NORMAL (A)	ALTO IMPACTO (B)	ALTA TEMPERATURA (C)
	1.39	1.34	1.54
ESTADO.	cubos opacos	cubos opacos	cubos opacos

PROCESABILIDAD.

Estos materiales son adecuados para la extrusión, el moldeo por inyección, formado al vacío, calandreado y soplado de recipientes. Debido a la aparentemente alta viscosidad de fusión del PVC rígido, -- las secciones delgadas (menores de 0.060 in) son difíciles de fabricar.

	(A)	(B)	(C)
TEMPERATURA DE PROCESADO.	150-185°C	140-180°C	150-185°C
TEMPERATURA DE MOLDE (INYECCION)	20-60°C	20-60°C	110-120°C
CONTRACCION DE MOLDEO.	0.7-1.0 %	0.7-1.0 %	0.7-1.5 %

PROPIEDADES MECANICAS.

RESISTENCIA AL IMPACTO. (ft.lb/in)

	(A)	(B)	(C)
25°C	0.9	18.0	7.0
0°C	0.4	4.0	2.5
-40°C	0.3	1.0	0.0

	(A)	(B)	(C)
RESISTENCIA A ROMPERSE	excelente	excelente	excelente
RESISTENCIA DE FATIGA DINAMICA.	buena	buena	buena
PROPIEDADES ELECTRICAS.			
FACTOR DE POTENCIA, a 23°C y 800 c/s.	0.02	0.02	0.02
CONSTANTE DIELECTRICA a 23°C y 800 c/s.	3.0	3.3	2.9
RESISTIVIDAD DE VOLUMEN a 23°C. (ohm-cm)	$>10^{14}$	$>10^{14}$	10^{15}
RESISTENCIA AL ARCO	si	si	si
PROPIEDADES TERMICAS.			
PUNTO DE REBLANDECIMIENTO	80°C	78°C	120°C
DISTORSION DE CALOR (264 lb/in ²)	75°C	70°C	88°C
COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA LINEAL (/°C)	5×10^{-5}	8×10^{-5}	8×10^{-5}
CONDUCTIVIDAD TERMICA (Btu/in.ft ² seg°F)	3.5×10^{-4}	4.5×10^{-4}	3.5×10^{-4}
FLAMABILIDAD.	auto-ext.	auto-ext.	auto-ext.
PROPIEDADES QUIMICAS.			
ABSORCION DE AGUA. 15%, en 24 hr de inmersión (PVC normal y alto impacto. 0.49%, a 23°C y 14.30%, a 100°C (en 28 dias de inmersión, para el PVC alta temperatura).			
PERMEABILIDAD DE GASES. (cm ³ /mm.cm ² seg.cm Hg X 10 ⁹)			
N ₂	0.020	0.031	-----
O ₂	0.060	0.070	0.055
CO ₂	0.150	0.320	0.130
PERMEABILIDAD DE VAPOR DE AGUA. (g/0.001 in. 24hr.m ² , a 25°C y 75% de H.R.).			
H ₂ O	10	11	--
RESISTENCIA A:			

	(A)	(B)	(C)
Acidos minerales (dil.)	excelente	excelente	excelente
Acidos minerales (conc.)	excelente	excelente	excelente
alcalis	excelente	excelente	excelente
Solventes - alcoholes	excelente	buena	muy buena
- cetonas	regular	pobre	regular
- hidrocarburos aromáticos.	regular	pobre	buena
Detergentes	excelente	excelente	excelente
Grasas y aceites	buena	buena	buena

PROPIEDADES A LA INTEMPERIE.

IMPACTO NORMAL (A)	excelente
ALTO IMPACTO (B)	buena, pero es afectada adversamente por la luz ultravioleta. Su resistencia se mejora sí se le carga con negro de humo.
ALTA TEMPERATURA (C)	excelente

3.2.28.- FLUORURO DE POLIVINILIDENO.

DENSIDAD. 1.75-1.78 g/cm³ para el homopolímero
1.76-1.79 g/cm³ para el copolímero (con PTFE)

ESTADO. Disponible en forma de granulos y polvos, en varios grados de viscosidad.

PROCESABILIDAD.

Pueden ser moldeados por inyección y por compresión, extruidos y termoformados. Los copolímeros pueden ser procesados por todas las técnicas convencionales del procesamiento de termoplásticos.

PROPIEDADES MECANICAS.

	HOMOPOLIMERO.	COPOLIMERO.
RESISTENCIA A LA TENSION, a 77°C. (lb/in ²)	5,500-7,400	5,500-7,000
ELONGACION (%)	50-100	100-500
MODULO DE FLEXION (lb/in ²)	171,000	-----
RESISTENCIA AL IMPACTO, a 77°F. (ft.lb/in)	3.8	-----

PROPIEDADES TERMICAS.

PUNTO DE FUSION CRISTALINO	171°C	150°C
----------------------------	-------	-------

FLAMABILIDAD. Son autoextinguibles, no gotean.

PROPIEDADES ELECTRICAS.

	HOMOPOLIMERO	COPOLIMERO
RESISTIVIDAD DE VOLUMEN (ohm-cm)	2×10^{14}	3.5×10^{14}
CONSTANTE DIELECTRICA		
60 c/s	8.4	8.12
10^3 "	7.72	7.90
10^6 "	6.43	6.19
FACTOR DE DISIPACION		
60 c/s	0.049	0.036
10^3 c/s	0.019	0.182
10^6 "	0.159	0.143

PROPIEDADES QUIMICAS.

ABSORCION DE AGUA (%) 0.04 0.04

RESISTENCIA A:

Acidos minerales	excelente
Alcalis	buena
Solventes - alcoholes	excelente
- hidrocarburos aromaticos	excelente
- hidrocarburos clorados	excelente
- cetonas	regular

PROPIEDADES A LA INTEMPERIE.

Sobresalientes, adecuados para permanecer largos periodos en condiciones atmosfericas severas.

APLICACIONES PRINCIPALES.

Aislantes electricos, equipo para procesado de productos quimicos, diafragmas, monofilamentos para empaques en plantas quimicas, empaques farmaceuticos especiales.

3.2.29.- ESTIRENO ACRILONITRILLO. (SAN).

DENSIDAD. 1.06-1.08 g/cm³

ESTADO. En forma de granulos, obtenibles como materiales para moldeo en colores transparentes, translucidos y opacos. El material en su forma natural es de color blanco agua con un ligero tinte paja, pero la mayoría de estos materiales presentan un ligero tinte azulado.

PROCESABILIDAD.

Estos materiales pueden ser procesados mediante el moldeo por inyección, extrusión o moldeo por soplado. Las láminas de SAN pueden ser termoformadas. Los granulos deberán secarse previamente a temperaturas entre 70-85°C. El rango de fusión de flujo está entre 3-9 g/10 min, a 23°C y una carga de 5 Kg.

El rango de temperaturas de procesamiento es el siguiente: 180-270°C, - para el moldeo por inyección; 180-230°C, para la extrusión; 65-75°C, para la temperatura del molde. La contracción de moldeo es de 0.5-0.7%.

PROPIEDADES MECANICAS.

RESISTENCIA AL IMPACTO. 0.3-0.9 ft.lb/in, dependiendo de la composición. No se presentan grandes cambios en la resistencia al impacto de estos materiales en un rango de temperaturas de -40 a 50°C.

RESISTENCIA A ROMPERSE. Buena.

RESISTENCIA DE FATIGA DINAMICA. Pobre.

MODULO DE ELASTICIDAD EN TENSION. 5.2 lb/in², a 0°C; 4.8 lb/in², a 40°C.

PROPIEDADES ELECTRICAS.

FACTOR DE POTENCIA. (a 23°C).

10³ c/s 0.007-0.009
10⁶ c/s 0.007-0.012

CONSTANTE DIELECTRICA.

10³ c/s 2.9-3.3
10⁶ c/s 2.8-3.1

RESISTIVIDAD DE VOLUMEN. >1 X 10¹⁵ ohm-cm.

PROPIEDADES TERMICAS.

ABSORCION DE AGUA EN EL EQUILIBRIO. 0.66%

PERMEABILIDAD DE GASES.

H₂O vap. 0.16-0.44 g/100 in²/24 hr, a 100°F y 100% H.R.
N₂ 7.2 cm³/24 hr.atm. 100 in² 0.001 in
O₂ 84.0 " "
CO₂ 6.0 " "

RESISTENCIA A:

Acidos minerales (dil.)	excelente
Acidos minerales (conc.)	buena
Alcalis	excelente
Solventes, - alcoholes	regular
- cetonas	pobre
- hidrocarburos aromáticos	pobre

- hidrocarburos clorados
Soluciones detergentes
Grasas y aceites

pobre
buena-excelente
buena-excelente

PROPIEDADES A LA INTEMPERIE.

Regulares, generalmente tienden a tornarse amarillentos. Pueden mejorarse adicionandoles estabilizadores a la luz ultravioleta. No -- son afectados por la humedad relativa.

APLICACIONES PRINCIPALES.

Muebles para cocinas, mangos para cepillos dentales, componentes para refrigeradores, empaques para cosméticos y otros artículos, lentes para instrumentos, tazas, bandejas y mesas.

3.2.30.- TERMOPLASTICOS REFORZADOS.

DENSIDAD. Depende del polímero, tipo de reforzado y contenido. Por ejemplo, el polipropileno con 30% de reforzado de vidrio tiene una densidad de 1.04 g/cm³. Los acetales con un 40% de reforzado de vidrio tienen una densidad de 1.71 g/cm³.

ESTADO. La mayoría de los termoplásticos son comunmente disponibles en forma de reforzados, siendo el reforzamiento que predomina, el de fibra de vidrio. Para ciertos polímeros son recomendables los asbestos, talcos y esferas de vidrio como reforzadores.

Usualmente se utilizan productos granulares precompuestos. Los colores naturales dependen del polímero base y del reforzamiento incorporado. La mayoría de los reforzados de vidrio se disponen en un amplio rango de colores.

Los reforzados termoplásticos se emplean por una o más de las siguientes razones o ventajas: (1) incrementan la rigidez; (2) incrementan la resistencia; (3) mejoran su utilización a altas temperaturas; (4) incrementan su estabilidad dimensional; (5) bajan su contracción de moldeo y (6) hacen mas rápido el procesado del material.

PROCESABILIDAD.

Los termoplásticos reforzados son utilizados casi exclusivamente por el moldeo por inyección. A continuación se muestran las temperaturas de procesado de algunos termoplásticos reforzados con fibra de vidrio:

	TEMP. RECOMENDADA (°C)		TEMP. DE MOLDE (°C)	TEMP. DE SECADO. (°C)
	CILINDRO	FUSION		
ABS	205-295	260	95	80
SAN	205-290	260	90	80
POLIESTIRENO	205-290	245	65	80

	TEMP. RECOMENDADA (°C)		TEMP. DE MOLDE. (°C)	TEMP. DE SECADO (°C)
	CILINDRO	FUSION		
POLICARBONATO	280-345	315	120	120
POLIETILENO	205-290	230	40	80
POLISULFONA	330-400	385	150	95
ACETAL	180-200	220	110	85
POLIPROPILENO	205-290	245	40	80
NYLON 6	250-290	280	95	95
NYLON 6.6	260-300	295	105	95
P V C	175-195	190	25	80
POLIESTER TP	240-280	275	150	95
PPO MODIFICADO	275-315	325	105	115
F E P	315-370	355	230	120

PROPIEDADES MECANICAS.

RESINA BASE	CONT. DE VIDRIO		RES. A LA TENSION. (ft.lb/in)	RES. AL IMPACTO (ft.lb/in)
	% PESO	% VOL.		
S A N	35	18.6	30.0	4.0
POLIESTIRENO	30	15.1	19.0	2.0
POLICARBONATO	40	23.9	75.0	18.0
POLIETILENO	30	13.9	28.0	9.0
POLISULFONA	30	16.8	63.0	14.0
POLIPROPILENO	30	13.2	28.0	5.0
NYLON 6	30	16.1	90.0	20.0
NYLON 6.6	30	16.1	85.0	17.0
POLIURETANO	40	24.7	100.0	28.0
P V C	25	15.0	35.0	8.5
POLIESTER	30	18.8	38.0	10.0

PROPIEDADES TERMICAS.

	TEMPERATURA DE DEFLEC- CION, a 264 lb/in ² (°C)		COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA LINEAL. (10 ⁵ in/in/°C)	
A B S	88	113	7.8	2.9
S A N	102	102	6.5	3.2
POLIESTIRENO	85	102	7.2	3.4
POLICARBONATO	133	149	6.8	2.3
POLISULFONA	174	185	5.6	2.5
ACETAL	110	163	8.5	4.3
POLIPROPILENO	60	147	7.0	3.6
NYLON 6	98	215	8.5	4.0
NYLON 6.6	104	254	8.1	4.1

Los valores anteriores de temperaturas de distorsión de calor y coeficiente de expansión térmica están dados para materiales reforzados con un 30% de fibra de vidrio.

La primera columna está formada por los valores que corresponden al material sin el reforzamiento con la fibra de vidrio, la segunda se refiere a los materiales ya reforzados.

PROPIEDADES ELECTRICAS.

	CONT. DE VIDRIO % PESO	RESIST. DIELEC. VPM	RESIST. AL ARCO SEG	CONST. DIELEC. 60-10° Hz
POLIESTIRENO	30	550	100	2.81-2.81
POLICARBONATO	30	480	120	3.50-3.43
POLISULFONA	30	480	115	3.55-3.49
POLIPROPILENO	20	475	100	2.30-2.20
P P O	30	490	75	2.88-2.84
P V C	25	450	90	3.78-3.42
PPO MODIFICADO	30	550	120	2.90-2.90
F E P	25	475	180	2.55-2.52
POLIACETAL	20	525	160	3.95-3.95
POLIESTER	30	425	---	3.60-2.00
NYLON 6	30	450	135	4.20-3.60
NYLON 6.6	30	440	130	4.30-3.50

FLAMABILIDAD. La flamabilidad de los materiales reforzados es el reflejo de la flamabilidad del polímero base, por lo que las polisulfonas, policarbonatos, óxido de polifenileno modificado y cloruro de polivinilo en su forma reforzada ofrecen propiedades auto-extinguibles. La mayoría de los otros termoplásticos reforzados pueden hacerse auto-extinguibles adicionándoles un adecuado aditivo retardante a la flama.

PROPIEDADES QUIMICAS.

La resistencia química de los termoplásticos reforzados depende de -- las propiedades del polímero base. Sin embargo, se puede observar -- que el porcentaje de pérdida de sus propiedades cuando se exponen a solventes hostiles es comunmente menor que el correspondería al polímero base sin el reforzamiento.

APLICACIONES PRINCIPALES.

Las areas principales de aplicación de los termoplásticos reforzados se encuentra en la industria automotriz, máquinas para negociaciones, aplicaciones domésticas y los sectores electrónicos de la industria.

Estas aplicaciones incluyen: bases para lamparas, componentes internos para automoviles, calculadoras, partes funcionales como engranes, levas, conectores eléctricos, fuertes cuerpos y mangos para herramientas, partes funcionales para artículos de consumo duradero.

3.3.- LA FAMILIA DE LOS TERMOFIJOS.

Se les llama termofijos a aquellos materiales plásticos que por la acción del calor se reblandecen, experimentando un cambio químico que los hace duros e infusibles. Al estar reblandecidos, estos materiales pueden procesarse para darles la forma deseada. Pero una vez que han sido fijados o curados, la forma que adquieren es permanente

Aún cuando retienen su dureza a temperaturas muy altas, la mayoría de estos materiales se reblandece un poco a temperaturas superiores a los 350°F. Pero jamás vuelven a adquirir sus condiciones de flujo originales.

A continuación se describen los miembros mas importantes de esta familia:

3.3.1.- ALQUIDICOS.

DENSIDAD. 2.0-2.2 g/cm³

ESTADO. Un compuesto alquídico moldeable consiste básicamente de: (1) una resina poliéster insaturada; (2) un monómero insaturado (no volátil); (3) un iniciador apropiado para los sistemas de curado caliente, tales como el peróxido de benzoilo; (4) rellenos (usualmente se emplean tanto los fibrosos como los no-fibrosos); (5) un lubricante interno, para los efectos de despegue en el molde; (6) pigmentos, cuando esto sea necesario.

Estas resinas se presentan en cuatro formas básicas que son:

1.- En forma de granulos. Apropriados para el moldeo automático. Estos pueden contener celulosa o asbestos, cuando sean adecuadas las resistencias mecánicas de moldeo bajas.

2.- En forma de masillas. Usualmente se suministran en forma de tiras. Este material ha sido designado para la encapsulación de componentes eléctricos delicados, tales como resistores y capacitores.

3.- En forma de fibras. Se suministran compuestos rellenos de vidrio en piezas grandes o ligeramente maseradas para tener materiales fácilmente manipulables. Estos materiales son excelentes para los requerimientos de moldeo de muy alta resistencia, pero no pueden ser moldeados automáticamente debido a su alto factor de volumen.

4.- En forma de cuerdas. Son algo similares a los tipos de masilla, pero contienen reforzamientos de fibra de vidrio y son formulados para ser preformados en secciones extruidas de densidad uniforme en varios diámetros y formas. Estos materiales se han desarrollado últimamente, y por su alto flujo y contenido de vidrio se pueden producir partes para piezas fuertes y de diseños intrincados. Las formas extruidas son particularmente apropiadas para el moldeo automático. Las cargas del molde pueden ser controladas mas bien por su longitud que por su peso.

PROCESABILIDAD.

Todos los compuestos alquídicos moldeables pueden ser obtenidos por las técnicas convencionales de compresión y transferencia. Las cuerdas alquídicas pueden ser moldeadas por el método de inyección con embolo frio. El procesado de estos materiales puede llevarse a cabo satisfactoriamente en máquinas inyectoras de tornillo recíprocante, si bien es necesario hacer una modificación en el embudo de alimentación para las masillas y cuerdas.

Los moldeados alquídicos ofrecen una rápida polimerización exotérmica de las resinas poliésteres aglomerantes, resultando de esto un rápido curado. Evitando así la producción de sub-productos de bajo peso molecular, lo cuál ofrece mejores propiedades eléctricas.

Su temperatura de moldeo es de 130-160°C. Y su presión de moldeo de 400-2,500 lb/in².

PROPIEDADES DE LOS ALQUIDICOS.

	GRANULOS	MASILLAS	FIBRAS	CUERDAS
1.-	2.0-2.5	1.0 aprox.	6.0-9.0	1.0 aprox.
2.-	0.005-0.007	0.008-0.010	0.002-0.004	0.003-0.005
3.-	buena	----	no se recom.	----
4.-	130-165	130-165	130-165	122-160
5.-	1,000-1,500	400-800	1,500-2,500	600,1000
6.-	2.1-2.2	2.13-2.17	2.0-2.2	2.1-2.2
7.-	55-65	25	50	20
8.-	40 X 10 ⁻⁶	35 X 10 ⁻⁶	15 X 10 ⁻⁶	----
9.-	0.21	0.22	0.21	----
10.-	50-55	50	65	70
11.-	0.11-0.15	0.12-0.15	3.0-6.0	1.0-1.5
12.-	7,000-10,000	7,500-11,000	15,000-30,000	15,000
13.-	3,000-4,000	3,000-5,000	5,000-10,000	5,000-7,000
14.-	10,000-14,000	11,000-15,000	17,000-23,000	17,000-27,000
15.-	1.5-1.7 X 10 ⁶	1.2-1.4 X 10 ⁶	1.1-1.3 X 10 ⁶	----
16.-	2.0-2.5 X 10 ⁶	1.9-2.2 X 10 ⁶	1.9-2.3 X 10 ⁶	1.6-1.8 X 10 ⁶
17.-	260-300	240-280	200-250	230-300
18.-	3.5-4.2	3.5-4.0	3.2-4.3	4.0-5.0
19.-	0.018-0.022	0.018-0.023	0.015-0.020	0.012-0.014
20.-	13.0 +	13.5 +	12.5 +	14.0 +
21.-	12.5 +	13.0 +	12.0 +	14.0 +
22.-	14.0 +	14.0 +	13.5 +	14.5 +
23.-	235	210	195	----
24.-	190	182	185	180-200

CORRESPONDENCIA NUMERICA DE LA TABLA ANTERIOR.

- 1.- Factor de masa.
- 2.- Contracción. (in/in).
- 3.- Propiedades de granulado.
- 4.- Temperatura de moldeo. (°C).
- 5.- Presión de moldeo. (lb/in²).
- 6.- Peso específico.
- 7.- Absorción de agua. (mg).
- 8.- Coeficiente de expansión térmica lineal. (20-150°C).
- 9.- Calor específico. (cal/g/°C).
- 10.- Dureza.
- 11.- Resistencia al impacto. (ft.lb/in).
- 12.- Resistencia transversal a romperse. (lb/in²).
- 13.- Resistencia a la tensión. (lb/in²).
- 14.- Resistencia a quebrarse. (lb/in²).
- 15.- Modulo de elasticidad en tensión. (lb/in²).
- 16.- Modulo de elasticidad en flexión. (lb/in²).
- 17.- Resistencia dieléctrica a 90°C. (volts/0.001 in).
- 18.- Constante dieléctrica a 10⁶ c/s.
- 19.- Factor de potencia a 10⁶ c/s.
- 20.- Resistividad de superficie, como moldeado. (log₁₀ ohm).
- 21.- Resistividad de superficie, 24 hr en agua. (log₁₀ ohm).
- 22.- Resistividad de volumen. (log₁₀ ohm-cm).
- 23.- Indice de arrastre comparativo.
- 24.- Resistencia al arco eléctrico. (seg).

APLICACIONES PRINCIPALES.

Los compuestos moldeables alquídicos se emplean en una amplia variedad de aplicaciones en el campo de los componentes eléctricos, donde se requiere de una alta aislación eléctrica aunada a una buena resistencia al calor. Se utilizan también en aplicaciones decorativas -- donde se requiere de habilidad para obtener colores con tonos pastel combinados con resistencia al calor, resistencia mecánica y dureza de superficie.

3.3.2.- AMINOS.

ESTADO. Los materiales moldeables amino plásticos son combinaciones de los termofijos urea-formaldehido o melamina-formaldehido, con varios rellenos de reforzamiento, tales como la harina de madera, pulpa de papel (celulosa), asbestos o fibras de vidrio. Junto con con pigmentos, catalizadores, lubricantes, etc. Se dispone de ellos generalmente en forma de granulos o polvos finos, en un casi ilimitado rango de colores que van del translúcido al opaco.

PROCESABILIDAD.

Los amino plásticos son comunmente moldeados por compresión, utilizando temperaturas de 135-170°C (275-340°F) y presiones de moldeo de

210-560 Kgf/cm² (300-800 lbf/in²). El tiempo de curado varía de 30-60 segundos para secciones delgadas de melamina a 152°C (305°F) y -- pueden curarse en un tiempo tan corto como 20 segundos a 152°C, en el caso de los polvos de urea. Ultimamente se han introducido grados especiales de amino plásticos, adecuados para el moldeo por inyección. Este proceso ofrece alta velocidad de producción y en muchos casos, ventajas económicas.

Los amino plásticos son frecuentemente precalentados antes de moldearse, ya sea en hornos rotatorios o en unidades de precalentamiento a alta frecuencia. Esto reduce el tiempo del ciclo de moldeo y remueve la parte de humedad presente en el material, lo cual le dá mayor lustre y mejora sus propiedades eléctricas.

PROPIEDADES DE LA UREA.

RELLENO CON MADERA

- 1.- Granulos, polvos.
- 2.- Colores opacos.
- 3.- ~135-165

RELLENO CON α -CELULOSA

- Granulos, polvos finos.
Colores del transp.-opaco.
~135-175

PROPIEDADES FISICAS DE LA UREA.

- | | | |
|-----|-------------|-------------|
| 4.- | 0.006-0.010 | 0.005-0.010 |
| 5.- | 1.4-1.5 | 1.5-1.55 |
| 6.- | 0.5-1.2 | 0.4-1.3 |

PROPIEDADES MECANICAS DE LA UREA.

- | | | |
|------|---------------------------|-----------------------|
| 7.- | 0.22-0.28 | 0.24-0.30 |
| 8.- | 5,500-8,000 | 7,000-11,000 |
| 9.- | 1.0-1.4 X 10 ⁶ | 1.1 X 10 ⁶ |
| 10.- | 11,000-17,000 | 12,000-18,000 |

PROPIEDADES ELECTRICAS DE LA UREA.

- | | | |
|------|-------------|-------------|
| 11.- | 0.025-0.045 | 0.025-0.035 |
| 12.- | 7.0-9.0 | 7.5-8.0 |
| 13.- | 300-450 | 300-400 |
| 14.- | 11-14 | 11-14 |
| 15.- | > 600 | > 600 |
| 16.- | 80-130 | 90-130 |

PROPIEDADES TERMICAS DE LA UREA.

- | | | |
|------|------------------------|-------------------------|
| 17.- | 3-6 X 10 ⁻⁵ | 2-5 X 10 ⁻⁵ |
| 18.- | 75 | 75 |
| 19.- | 6-9 X 10 ⁻⁴ | 7-10 X 10 ⁻⁴ |
| 20.- | auto-ext. | auto-ext. |

PROPIEDADES QUIMICAS DE LA UREA.

- | | | |
|------|---------|---------|
| 21.- | pobre | pobre |
| 22.- | regular | regular |

RELLENO CON MADERA

- 23.- pobre
 24.- regular
 25.- buena
 26.- buena
 27.- buena
 28.- buena
 29.- muy buena
 30.- buena

VER CORRESPONDENCIA NUMERICA.

RELLENO CON α -CELULOSA

- pobre
 regular
 buena
 buena
 buena
 buena
 muy buena
 buena

PROPIEDADES DE LA MELAMINA.

RELL MADERA	RELL. CELULOSA	RELL. MINERAL	RELL. VIDRIO
1.- Granulos, polvos.	Granulos, polvos finos.	Granulos, polvos.	Granulos, polvos.
2.- Colores opacos	Colores transparentes u opacos.	Colores opacos.	Colores opacos.
3.- 140-170	140-170	130-170	145-160

PROPIEDADES FISICAS DE LA MELAMINA.

4.- 0.007-0.008	0.004-0.009	0.0015-0.007	0.002-0.005
5.- 1.5-1.55	1.5-1.55	1.8-2.1	1.9-2.0
6.- 0.3-0.4	0.1-0.4	0.1-0.3	0.03-0.1

PROPIEDADES MECANICAS DE LA MELAMINA.

7.- 0.24-0.32	0.24-0.32	0.20-0.45	0.35-0.50
8.- 5,500-8,500	7,000-12,000	4,000-6,500	6,000-10,000
9.- 1.1×10^6	$1.2-1.6 \times 10^6$	$1.5-3.5 \times 10^6$	$2.0-4.0 \times 10^6$
10.- 9,000-12,000	13,000-17,000	8,000-10,000	12,000-17,000

PROPIEDADES ELECTRICAS DE LA MELAMINA.

11.- 0.020-0.040	0.040-0.080	0.100-0.300	0.040-0.100
12.- 6.0-7.0	6.0-9.0	7.0-10.0	7.0-14.0
13.- 350-400	300-400	400-450	150-250
14.- 11-13	11-13	10-13	11-14
15.- > 600	> 600	> 600	> 600
16.- 70-110	120-130	120-200	170-200

PROPIEDADES TERMICAS DE LA MELAMINA.

17.- $3-5 \times 10^{-5}$	$2-5 \times 10^{-5}$	$2-5 \times 10^{-5}$	$2-5 \times 10^{-5}$
18.- 120	100	150	150
19.- $7-10 \times 10^{-4}$	$7-10 \times 10^{-4}$	$10-15 \times 10^{-4}$	$11-13 \times 10^{-4}$
20.- Auto-ext.	Auto-ext.	Auto-ext.	Auto-ext.

PROPIEDADES QUIMICAS DE LA MELAMINA.

21.- regular	regular	regular	regular
--------------	---------	---------	---------

RELL. MADERA	RELL. CELULOSA	RELL. MINERAL	RELL. VIDRIO
22.- buena	buena	regular	muy buena
23.- pobre	pobre	pobre	pobre
24.- buena	buena	regular	buena
25.- buena	buena	regular	buena
26.- buena	buena	regular	buena
27.- buena	buena	regular	buena
28.- buena	buena	regular	buena
29.- muy buena	muy buena	buena	buena
30.- buena	buena	reg-buena	buena

CORRESPONDENCIA NUMERICA DE LAS TABLAS ANTERIORES.

- 1.- Forma.
- 2.- Apariencia.
- 3.- Rango de temperatura de procesado. (°C)
- 4.- Contracción de moldeo. (in/in)
- 5.- Densidad. (g/cm³)
- 6.- Absorción de agua, 24 hr a 23°C. (%)
- 7.- Resistencia al impacto. (ft.lbf/in)
- 8.- Resistencia a la tensión. (lbf/in²)
- 9.- Modulo de tensión. (lbf/in²)
- 10.- Resistencia flexional. (lbf/in²)
- 11.- Factor de potencia a 60 c/s.
- 12.- Constante dieléctrica a 60 c/s.
- 13.- Resistencia dieléctrica a 23°C.
- 14.- Resistividad de volumen. (log₁₀ ohm-cm)
- 15.- Resistencia de arrastre. (volts)
- 16.- Resistencia al arco eléctrico. (seg)
- 17.- Coeficiente de expansión térmica lineal. (m/m°C)
- 18.- Temperatura máxima de trabajo continuo. (°C)
- 19.- Conductividad térmica. (cal/cm²/°C/cm)
- 20.- Flamabilidad.
- 21.- Propiedades ambientales.
- 22.- Resistencia a ácidos minerales diluidos.
- 23.- Resistencia a ácidos minerales concentrados.
- 24.- Resistencia a álcalis.
- 25.- Resistencia a alcoholes.
- 26.- Resistencia a cetonas.
- 27.- Resistencia a hidrocarburos aromáticos.
- 28.- Resistencia a hidrocarburos clorados.
- 29.- Resistencia a detergentes.
- 30.- Resistencia a grasas y aceites.

APLICACIONES PRINCIPALES.

UREA-FORMALDEHIDO. Accesorios eléctricos domésticos, tapas para sanitarios, tapas para botes y recipientes, perillas y manijas.

MELAMINA-FORMALDEHIDO. Artículos de mesa (tazas, salceras, platos, etc.), accesorios eléctricos en muchas aplicaciones.

3.3.3.- FTALATO DE DIALILO. (DAP)

DENSIDAD. 1.36-1.90 g/cm³ (dependiendo del relleno)

ESTADO. Existen dos grupos principales de materiales moldeables de ftalato de dialilo. Estos, con sus rellenos apropiados, son: (1) Grados eléctricos, basados en el orto ftalato (DAP) o en el meta Ftalato (DAIP); (2) Grados decorativos, generalmente basados en el orto ftalato (DAP). Todos estos se suministran en forma de polvos o granulos con textura fibrosa.

PROCESABILIDAD.

Existe una cierta tendencia de los compuestos moldeables de DAP de ser mecánicamente mas débiles que los comparables compuestos fenólicos cuando están calientes, por lo que se requiere de ciertos cuidados al eyectarlos.

El ftalato de dialilo relleno de vidrio puede procesarse por medio de moldeo por compresión y moldeo por transferencia con temperaturas de 275-300°F (135-165°C) y presiones de 1-5 ton/in. Dependiendo del tipo y del grado, la contracción de moldeo se encuentra generalmente entre 0.1-1.1%.

PROPIEDADES DEL FTALATO DE DIALILO.

PROPOSITOS GENERALES.	RELLENO DE FIBRAS SIN-TETICAS.	RELLENO DE MINERALES.	RELLENO DE FIBRA DE VIDRIO.
1.- 0.0075	0.0014	0.0016	0.0011
2.- 0.0015	0.0022	0.0022	0.006
3.- 0.039	0.034	0.038	0.019
4.- 4.66	4.36	4.69	4.36
5.- 0.14-0.18	2.0-4.0	0.09-0.12	2.0-6.0
6.- 7,000-9,000	10,000-12,000	8,000-11,000	11,000-20,000
7.- 4,500-6,000	4,500-6,000	5,000-7,000	7,000-20,000
8.- 18,000-21,000	24,000-26,000	24,000-26,000	28,000-31,000
9.- 1.0-1.4 X 10 ⁶	5.0-7.0 X 10 ⁶	1.0-1.4 X 10 ⁶	1.5-1.7 X 10 ⁶
10.- 0.000045	0.00005	0.000025	0.000025
11.- 12-15	5-15	10-20	10-20

CORRESPONDENCIA NUMERICA DE LA TABLA ANTERIOR.

- 1.- Cambio dimensional total, después de 4 semanas a 55°C. y 95% de H.R. (in/in)
- 2.- Cambio dimensional total, después de 4 semanas bajo condiciones de calor seco a 150°C. (in/in)
- 3.- Factor de potencia. Corriente eléctrica con frecuencia de 10⁶ c/s.
- 4.- Permittividad eléctrica a una frecuencia de 10⁶ c/s.
- 5.- Resistencia al impacto. (ft/lb)
- 6.- Resistencia a romperse transversalmente. (lb/in²)

- 7.- Resistencia a la tensión. (lb/in²)
- 8.- Resistencia a la compresión. (lb/in²)
- 9.- Modulo de elasticidad en tensión. (lb/in²)
- 10.- Coeficiente de expansión térmica lineal. (/°C)
- 11.- Absorción de agua. (mg)

PROPIEDADES QUIMICAS.

RESISTENCIA A:

Acidos minerales (dil.)	buena
Acidos minerales (conc.)	regular
Alcalis	buena
Solventes - alcoholes	buena
- cetonas	buena
- hidrocarburos aromáticos	buena
- hidrocarburos clorados	buena
Detergentes	buena
Grasas y aceites	buena

EFECTOS DE LA INTEMPERIE.

Presentan muy buenas propiedades a la intemperie, aún cuando esta propiedad no se requiere en la mayoría de sus aplicaciones principales. Presentan muy buena resistencia a la luz ultravioleta, lograda por el uso de los rellenos de celulosa. Poseen excelentes propiedades de -- aislantes eléctricos, bajo variadas condiciones ambientales.

APLICACIONES PRINCIPALES.

Bases para contactores, conectores de navaja, componentes para equipo electrónico.

3.3.4.- EPOXICOS.

ESTADO. Las resinas epóxicas son disponibles como resinas reactivas en el rango de líquidos de baja viscosidad a sólidos de alta fusión, los cuales son curados en forma de plásticos infusibles por medio de la adición de co-reactantes o endurecedores catalíticos (también conocidos como agentes de curado). Dependiendo del sistema escogido, el curado puede efectuarse a temperatura ambiente o a temperaturas elevadas. El tiempo de curado varía de 24 horas a la temperatura ambiente a unos pocos minutos a temperaturas superiores a los 200°C. Se dispone de una amplia variedad de resinas a escoger, en las que se incluyen la de propósitos generales, flexible, grados resistentes al calor y grados retardantes a la flama. El gran número de diferentes -- combinaciones de resinas y endurecedores puede ser modificada posteriormente por la adición de rellenos minerales, reforzamientos fibrosos, diluyentes, flexibilizadores y extendedores, para modificar muchas de las propiedades finales de la resina endurecida; propiedades físicas, mecánicas, eléctricas y químicas.

Las resinas formuladas se manipulan en forma de líquidos y fusiones calientes para adhesivos, cubiertas y recubrimientos; como son las - soluciones solventes para recubrimientos o impregnación de reforzamientos fibrosos. Y finamente divididos o en forma de sólidos granulares para los moldeos por compresión y por transferencia.

PROPIEDADES MECANICAS.

	CURADO EN FRIO.	CURADO EN CALIENTE.	FLEXIBILIZADO.	RESIST. AL CALOR.
TEMPERATURA DE DEFLECCION DE CALOR. (°C)	70-110	120-160	40-80	180-200
RESIST. A LA TENSION a 23°C. (lb/in ²)	7-10,000	10-13,000	2-10,000	6-12,000
RESISTENCIA A LA FLEXION, a 23°C. (lb/in ²)	12-15,000	16,18,000	9-13,000	----
MODULO DE FLEXION, a 23°C. (lb/in ² X 10 ⁶)	0.4-0.6	0.4-0.6	0.2-0.5	----
RESISTENCIA A LA COMPRESION. (lb/in ²)	12-15,000	15-30,000	9-30,000	----
RESISTENCIA AL IMPACTO. (ft.lb/in)	0.4-0.5	0.4-0.7	0.4-1.5	----

PROPIEDADES ELECTRICAS.

CONSTANTE DIELECTRICA, a 50 Hz y ... 23°C	4.0-5.0	4.2-4.5	4.0-6.0	4.0-5.0
... 50°C	4.8-5.8	4.2-4.5	----	----
.. 100°C	----	4.2-4.5	----	----
FACTOR DE POTENCIA, - a 50 Hz y ... 23°C	0.02-0.03	0.05-0.07	0.09-0.02	0.03-0.05
... 50°C	0.03-0.05	0.03-0.05	----	----
.. 100°C	----	0.05-0.07	----	----
RESISTIVIDAD DE VOLUMEN, a 23°C. (ohm-cm)	10 ¹⁵ -10 ¹⁶	2-3 X 10 ¹⁶	10 ¹⁴ -10 ¹⁵	10 ¹⁶
RESISTENCIA DIELECTRICA A CORTO PLAZO, espesor de 1/8. (V/10 ³ in)	----	350-450	----	----

PROPIEDADES TERMICAS.

TEMPERATURA DE DEFLECCION DE CALOR. (°C)	70-110	120-160	40-80	180-280
COEF. DE EXP. TERMICA LINEAL. (/°C X 10 ⁵)	6.5-9.5	5.0-7.0	----	----
COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD TERMICA. (cal/seg./cm ³ /°C/cm)	----	3.5-5.0X10 ⁻⁴	----	----

PROPIEDADES QUIMICAS.

La información siguiente se refiere a las resistencias de esta resina a la temperatura ambiente.

RESISTENCIA A:

Acidos minerales (dil.)	buena
Acidos minerales (conc.)	regular
Acidos orgánicos	buena
Alcalis	buena
Solventes - alcoholes	regular-buena
- cetonas	pobre-regular
- hidrocarburos aromáticos	buena
- hidrocarburos clorados	pobre-regular
Detergentes	buena
Grasas y aceites	buena

SISTEMAS EPOXICOS REFORZADOS CON FIBRA DE VIDRIO.

Las resinas epóxicas son adecuadas para reforzarse con fibra de vidrio, debido a que mojan bien el vidrio, poseen excelentes propiedades adhesivas y se curan con un bajo grado de contracción o esfuerzos residuales.

Las propiedades de un sistema epóxico reforzado con fibra de vidrio dependen de la formulación que se elija, el tipo de reforzado, tipo de vidrio, acabado y método de fabricación. Los sistemas pueden hacerse por medio de filamentos, rociado con fibras, moldeo por contacto con telas y tejidos o por laminado a presión.

A continuación se muestran las propiedades de un laminado estructural de vidrio, curado en caliente y a baja presión:

	INICIAL	1 MES DE INMERSION EN AGUA.	PROBADO A 160°F.
PESO ESPECIFICO.	1.85	---	---
CONTENIDO DE RESINA. (%)	35	---	---
RESISTENCIA FLEXIONAL. (lb/in ²)	77,000	74,500	69,500
MODULO DE FLEXION. (lb/in ²)	3.5 X 10 ⁶	3.5 X 10 ⁶	3.4 X 10 ⁶
RESISTENCIA A LA TENSION. (lb/in ²)	50,000	48,800	---
RESISTENCIA A LA COMPRESION. (lb/in ²)	51,600	52,800	---
CONSTANTE DIELECTRICA. 10 ³ c/s.	4.24	---	---

RELLENOS MINERALES.

Los rellenos se incorporan a los sistemas epóxicos con el objeto de: Reducir la contracción de curado, reducir el coeficiente de expansión térmica, incrementar la conductividad térmica o para obtener otras propiedades especiales. Se dispone de muchas clases de rellenos, que

incluyen a los polvos metálicos, carbonatos, óxidos y silicatos. El efecto de la adición de rellenos sobre los valores de las propiedades está relacionado íntimamente con la cantidad del material epóxico que es remplazada por el relleno.

APLICACIONES PRINCIPALES.

Aislantes eléctricos, bombas resistentes a los productos químicos, accesorios para tuberías, tapas para mesas, moldes y herramientas, tableros decorativos, encapsulación de motores eléctricos, engranes para interruptores, reparación de equipo de proceso industrial, laminados para uso en circuitos eléctricos impresos, laminados estructurales para aviones, artículos deportivos, herramientas, tuberías, tanques, recipientes a presión, adhesivos para pegar metales, concreto, madera, hule, cerámica, plásticos reforzados y plásticos espumados. - Compuestos de parchado y reparación, recubrimientos resistentes a la corrosión, estabilizadores para las resinas de PVC.

3.3.5.- FENOLICOS.

ESTADO. Los materiales moldeables para propósitos generales son normalmente suministrados en forma de polvos, la medida de la partícula varía de acuerdo con los requerimientos de moldeo y de acabado del producto. Los grados de alto impacto contienen telas, cuerdas o fibra de vidrio.

PROCESABILIDAD.

Los materiales fenólicos pueden ser procesados mediante el moldeo por compresión, moldeo por transferencia, moldeo por inyección (incluyendo la transferencia de pre-plastizado con tornillo) y la extrusión.

Las temperaturas de moldeo por transferencia y compresión son normalmente de 140-180°C, pero pueden utilizarse temperaturas mayores con altas velocidades de moldeo en piezas de secciones delgadas, tales como las tapas de recipientes.

En el moldeo por inyección, la temperatura de cilindro se encuentra normalmente entre 70-100°C, pero las temperaturas del molde son similares a las utilizadas en el moldeo por compresión y por transferencia.

Para la extrusión, generalmente se emplean temperaturas de 120-160°C. La contracción de moldeo varía marcadamente con el relleno que se utiliza, pero cae siempre en cualquiera de las dos categorías generales: (1) rellenos de celulosa (p.ej. polvo de madera, rellenos de algodón) 0.4-0.8%; (2) rellenos minerales, 0.1-0.4%. Sólo algunos grados rellenos de fibras sintéticas tienen contracciones de moldeo mayores.

PROPIEDADES MECANICAS.

RESISTENCIA A LA COMPRESION. 17,000-35,000 lb/in²



RESISTENCIA A LA TENSION. 5,000-17,000 lb/in²

RESISTENCIA A LA FLEXION. 10,000-60,000 lb/in²

RESISTENCIA AL IMPACTO. 0.30-20.0 ft/lb/in.

PROPIEDADES ELECTRICAS.

RESISTENCIA DIELECTRICA. 200-400 v/mil

CONSTANTE DIELECTRICA. 7.1-7.2, a 60 c/s

RESISTENCIA AL ARCO. 10-190 seg.

PROPIEDADES TERMICAS.

Los moldeados fenólicos son normalmente no-inflamables y pobres conductores del calor, generalmente su uso parte de estas propiedades (p.ej., en mangos y asas para calderos y planchas). Si las condiciones de servicio no son muy severas y las tolerancias no muy estrechas, los grados para propósitos generales rellenos de madera son utilizados a la temperatura de 130°C. Los rellenos de minerales, bajo las mismas condiciones pueden utilizarse entre los 180 y 200°C.

COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA LINEAL. (/°C)

Propósitos generales (relleno de polvo de madera).	0.000030-0.000035
Baja pérdida eléctrica (relleno mineral).	0.000015-0.000025
Baja pérdida eléctrica (relleno de nylon).	0.000055-0.000065

CONDUCTIVIDAD TERMICA. 1.0-3.0 Btu/ft²/hr/°F, dependiendo del tipo de relleno y contenido.

FLAMABILIDAD.

Relleno de polvo de madera	ligera
Relleno de algodón	ligera
Relleno de asbesto	ninguna
Relleno de fibra de vidrio	ninguna

PROPIEDADES QUIMICAS.

RESISTENCIA A:

Acidos minerales (dil.)	regular-buena
Acidos minerales (conc.)	pobre-buena
Alcalis	pobre
Solventes - alcoholes	buena
- cetonas	regular
- hidrocarburos aromáticos	buena
- hidrocarburos clorados	buena
Detergentes	regular
Grasas y aceites	buena

EFECTOS DE LA INTEMPERIE.

Sus propiedades a la intemperie van de buenas a excelentes, dependiendo de la composición del material y del medio ambiente. Las propiedades mecánicas de todos los grados, se ven ligeramente afectadas por la luz ultravioleta. Los fenólicos de grados negros y cafés poseen buena estabilidad al calor y resistencia a la luz solar, los colores claros si son adversamente afectados.

APLICACIONES PRINCIPALES.

Rellenos de madera: Cajas para fusibles, componentes eléctricos domésticos, cierres para envases, mangos para utensilios de cocina, mangos para planchas, tableros para instrumentos en automoviles, muebles para sanitarios.

Rellenos de mica: Condensadores electrónicos, controles de volumen, resistores, bases para válvulas.

Rellenos de asbesto: Bloques terminales, pulsadores para lavadoras, bases para interruptores, contactores, bases para lámparas resistentes al calor.

Rellenos de algodón: Ventiladores, tableros para automoviles, agitadores para lavadoras.

3.3.6.- POLIESTERES.

Las resinas poliesteres son comunmente suministradas en forma de líquidos, los cuales pueden ser solidificados o fijados por medio del mezclado con ciertos productos químicos. Pueden fijarse, por lo tanto sin la necesidad de suministrarles calor o presión. El reforzado con fibra de vidrio es particularmente fácil y efectivo. Una manera simple de hacer esto, consiste en impregnar una capa de fibra de vidrio con la resina activada, se prensa contra el contorno de un molde utilizando un cepillo o rodillo. Una vez que la resina se ha fijado o endurecido, la capa de poliester reforzado con fibra de vidrio (GRP) puede ser removida. Esta técnica conocida con el nombre de moldeo por contacto es el método principal de moldeo de poliesteres reforzados con fibra de vidrio.

Las propiedades de los laminados de poliester reforzado con fibra de vidrio dependen directamente del tipo y proporción en que se encuentren la resina y la fibra de vidrio.

	PROPOSITOS GENERALES.	RESISTENTE AL CALOR.	RESISTENTE QUIMICO.	FUNDIDO.
DENSIDAD Sin curar (g/cm ³)	1.12	1.10	1.03	1.12

	PROPOSITOS GENERALES.	RESISTENTE AL CALOR.	RESISTENTE QUIMICO.	FUNDIDO.
ESTADO.	líquido transp.	líquido transp.	líquido transp.	líquido transp.
PROCESABI- LIDAD.	moldeo por contacto..... rociado..... técnicas en bolsas a presión y al vacío. moldeo por inyección..... moldeo a presión (en frío y en caliente) moldeo centrífugo..... laminado continuo.....			fundición, incluyendo el fundido rotacional para boto- nes, encap- sulado.
TEMPERATURA DE PROCESA- DO. (°C)	10-140	10-140	10-140	10-35
CONTRACCION DE MOLDEO. (%)	8	9	10	5
PROPIEDADES DE LAS RESINAS CURADAS (SIN REFORZAR).				
PROPIEDADES ELECTRICAS.				
FACTOR DE POTENCIA.	-----	-----	-----	0.01-0.05
CONSTANTE DIELECTRICA	-----	-----	-----	3.0-3.9
RESISTIVIDAD DE VOLUMEN. (ohm-cm)	10^{13}	10^{13}	10^{14}	10^{16}
RESISTENCIA AL ARCO.	no	no	no	no
PROPIEDADES TERMICAS.				
TEMP. DE DE FLEXION DE CALOR. (°C)	75	130	120	60
COEF. DE EX PANSION TER MICA LINEAL ($\times 10^6/^\circ\text{C}$)	90	75	90	100
CONDUCTIVI- DAD TERMICA (Nm C)	0.2	0.2	0.2	0.2

PROPIEDADES QUIMICAS.

	PROPOSITOS GENERALES.	RESISTENTE AL CALOR.	RESISTENTE QUIMICO.	FUNDIDO
ABSORCION DE AGUA EN EQ. a 20°C. (%)	3	3	3	3
a 100°C. (%)	se agrieta	se agrieta	se agrieta	se agrieta

PERMEABILIDAD DE AGUA a 25°C y 95% H.R. (g/dia)	2.7	4.6	3.0	3.0
---	-----	-----	-----	-----

PROPIEDADES DE LOS LAMINADOS DE POLIESTER.

DENSIDAD.SIN CURAR. (g/cm ³)	1.12	1.10	1.03	1.12
---	------	------	------	------

PROPIEDADES MECANICAS.

IMPACTO. (-40 a 23°C)	duro/no dúctil.	duro/no dúctil.	duro/no dúctil.	quebradizo.
--------------------------	--------------------	--------------------	--------------------	-------------

RESISTENCIA A ROMPERSE.	buena	buena	regular	-----
----------------------------	-------	-------	---------	-------

FRICCION.	0.27	0.27	0.27	0.27
-----------	------	------	------	------

TEMPERATURA DE SERVICIO MAX. (°C)	95	220	160	55
---	----	-----	-----	----

PROPIEDADES QUIMICAS.

RESISTENCIA A:

ACIDOS MINE- RALES (dil.)	buena	buena	buena	buena
ACIDOS MINE- RALES (conc)	regular	regular	regular	regular
ALCALIS	pobre	pobre	pobre	pobre
ALCOHOLES	regular	regular	regular	regular
CETONAS	pobre	pobre	pobre	pobre
HIDROCARBUROS AROMATICOS.	regular	regular	regular	regular

	PROPOSITOS GENERALES.	RESISTENTE AL CALOR.	RESISTENTE QUIMICO.	FUNDIDO.
HIDROCARBUROS CLORADOS.	pobre	pobre	pobre	pobre
DETERGENTES	buena	buena	buena	buena
GRASAS Y ACEI TES.	buena	buena	buena	buena
AGUA	buena	buena	buena	buena
PROPIEDADES A LA INTEMPERIE	buenas	buenas	buenas	buenas

APLICACIONES PRINCIPALES.

Reforzados con vidrio: Cascos y superestructuras para lanchas, barcos, láminas corrugadas, tanques de almacenamiento, carrocerías para automóviles, tuberías, moldeados pequeños para componentes de aviones, láminas para decoración, cubiertas para equipos eléctricos.

Sin reforzar: Botones, recubrimientos de superficies, imitación de mármol, pisos, juntas de tuberías, morteros.

3.3.7.- POLIESTERES DMC (COMPUESTOS MOLDEABLES EN PASTA).

ESTADO. Estos materiales consisten en mezclas de resinas poliésteres, rellenos, pigmentos, catalizadores y reforzamientos fibrosos. Presentan una consistencia pastosa. Frecuentemente se suministran en forma de cuerdas extruidas, para más fácil manejo. Existen muchas formulaciones disponibles en el mercado, por lo que resulta un poco difícil dar un promedio de sus propiedades.

PROCESABILIDAD.

Los compuestos moldeables pastosos de poliéster son usualmente procesados mediante el moldeo por compresión. Aún cuando también se utilizan para procesarlos, el moldeo por transferencia y el moldeo por inyección. Las condiciones de moldeo dependen ampliamente del tipo de compuesto que se utilice y de la forma y el diseño del molde. La temperatura del molde generalmente se encuentra entre 120-160°C. Y se utiliza una presión de 250-500 lb/in².

Los tiempos aproximados de curado son los siguientes:

ESPESOR DEL MOLDEADO	MOLDE A 120°C	MOLDE A 150°C
0.125 in	0.50-1.0 min	0.25-0.75 min
0.500 in	1.25-3.5 min	1.00-2.50 min
1.000 in	3.00-10 min	2.00-6.50 min

PROPIEDADES DE LOS POLIESTERES DMC.

	REFORZADO CON FIBRA DE VI- DRIO. PROPOSI TOS GENERALES	REFORZADO CON FIBRA DE VI- DRIO. BAJA - CONTRACCION.	REFORZADO CON RELLENO DE HE- NEQUEN. PROPO- SITOS GRALES.
DENSIDAD. (oz/in ³)	1.16	1.02	1.04
CONTRACCION DE MOL- DEO. (%)	0.2-0.5	0.05-0.25	0.05
COEF. DE EXP. TERMI- CA. (/°C)	---	3 X 10 ⁻⁵	1.1 X 10 ⁻⁵
ABSORCION DE AGUA EN 1 DIA A 25°C. (mg)	10-30	10-30	20-40
RESISTENCIA A LA TEN SION. (lb/in ²)	6,000-10,000	6,000-10,000	6,000-9,000
RESISTENCIA A LA FLE XION. (lb/in ²)	12,000-18,000	12,000-20,000	12,000-16,000
RESISTENCIA AL IMPAC TO. (lb/in ²)	2-8	2-5	3-6.5
RESISTENCIA A LA COM PRESION. (ft.lb/in ²)	20,000-30,000	20,000-30,000	---
FACTOR DE POTENCIA A 1 Mc/s.	0.007-0.02	0.01-0.02	0.02-0.03
PERMITIVIDAD ELECTRI CA A 1 Mc/s.	5.0-6.0	4.5-6.0	5.0-5.5
RESISTENCIA DE VOLU- MEN. (ohm-cm)	10 ¹⁴ -10 ¹⁵	10 ¹⁴ -10 ¹⁵	10 ¹² -10 ¹⁴
RESISTIVIDAD DE SU- PERFICIE, DESPUES DE 24 hr EN AGUA (ohm)	10 -10	10 -10	10 -10
RESISTENCIA ELECTRICA A 90°C. (V/0.001 in)	200-350	200-250	250-350
RESISTENCIA AL ARCO ELECTRICO. (seg)	80-160	70-170	100-130

PROPIEDADES TERMICAS.

CONDUCTIVIDAD TERMICA. Aprox. $1.5 \text{ Btu/L/ft}^3/^{\circ}\text{F/in}$

COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA LINEAL. $1.1-4 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$

Algunos grados pueden permanecer en uso continuo a temperaturas tan altas como 160°C , sin serias pérdidas en sus propiedades eléctricas y mecánicas. Otros grados, a esta misma temperatura, muestran pérdidas hasta de un 80% en sus propiedades mecánicas.

FLAMABILIDAD. Se queman, sin gotear. Los grados auto-extinguibles poseen muy buenas propiedades anti-inflamables.

PROPIEDADES QUIMICAS.

RESISTENCIA A:

Agua	buena
Agua de mar	buena
Acidos minerales	regular
Alcalis	regular
Solventes - alcoholes	buena
- cetonas	pobre
- hidrocarburos alifáticos	buena
- hidrocarburos aromáticos	regular
- hidrocarburos clorados	pobre
Grasas y aceites	buena

EFECTOS DE LA INTEMPERIE.

Las propiedades a la intemperie de los poliesteres DMC depende ampliamente del tipo que se emplee. Generalmente la retención de sus propiedades mecánicas es muy buena. Su apariencia se deteriora un poco, sin embargo, el grado de deterioración depende directamente del tipo de relleno empleado y del pigmento.

3.3.8.- SILICONES. COMPUESTOS MOLDEABLES.

DENSIDAD. $1.86-1.88 \text{ g/cm}^3$

ESTADO. Disponibles en forma de granulos en color negro o gris oscuro.

PROCESABILIDAD.

Se pueden procesar por las técnicas de moldeo por transferencia, por medio de las cuales se les utiliza para la encapsulación de componentes eléctricos. El tiempo de moldeo se encuentra entre 1-5 minutos, a una temperatura de $150-180^{\circ}\text{C}$. Su presión mínima de moldeo es de 28 Kg/cm^2 .

PROPIEDADES DE LOS SILICONES. COMPUESTOS MOLDEABLES.

PROPIEDADES MECANICAS.

RESISTENCIA A LA FLEXION. (Kg/cm ²)	527
RESISTENCIA A LA COMPRESION. (Kg/cm ²)	1.371
MODULO DE FLEXION. (Kg/cm ² X 10 ³)	112
RESISTENCIA A LA TENSION. (Kg/cm ²)	380
RESISTENCIA AL IMPACTO. (Kg/cm ²)	1.63

PROPIEDADES ELECTRICAS.

RESISTENCIA AL ARCO. (seg.)	250
RESISTENCIA ELECTRICA. (KV/mm)	10.63
PROBADA EN AIRE A 23°C.	
PROBADA EN ACEITE A 23°C.	15.0
CONSTANTE DIELECTRICA A 1 MHZ.	3.40
FACTOR DE DISIPACION A 1 MHZ.	0.0013
RESISTIVIDAD DE VOLUMEN. (ohm-cm X 10 ¹¹)	1

PROPIEDADES TERMICAS.

CONDUCTIVIDAD TERMICA. (cal/s/cm ² /°C/cm ² .10 ³)	0.92
COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA LINEAL. A 60-150°C. (cm/cm°C X 10.5)	4.0
TEMPERATURA DE DISTORSION DE CALOR. (C)	>450

PROPIEDADES QUIMICAS.

RESISTENCIA A:

ACIDOS MINERALES (Dil.)	excelente
ACIDOS MINERALES (Conc.)	buena
ALCALIS	regular-buena
SOLVENTES, ORGANICOS	regular-buena

4.- DESCRIPCION DE LOS PROCESOS EMPLEADOS EN LA INDUSTRIA DE LOS - MATERIALES PLASTICOS.

4.1.- CLASIFICACION DE LOS PROCESOS.

Para entender y agrupar los distintos procesos que se utilizan en la industria de los materiales plásticos, es necesario tomar en consideración los siguientes cinco elementos:

1.- La temperatura requerida para ablandar el material plástico y (en el caso de los termofijos), obligarlo a experimentar un cambio químico.

2.- La fuerza necesaria para obligar al plástico a tomar la forma deseada. Como debe de aplicarse dicha fuerza.

3.- El tipo de dispositivo empleado para llevar el plástico a tomar la forma deseada; dados, moldes, obturadores, matrices, laminadores, etc.

4.- El estado físico del plástico antes, durante y después del proceso.

5.- El tipo de materiales plásticos para los cuales es apropiado el proceso: Termoplásticos o termofijos.

Aplicando las consideraciones anteriores, se tienen tres grupos generales de procesos:

1.- Moldeo.

2.- Fundición.

3.- Termoformado.

Existen además, otros dos grupos de procesos, los que aún -- cuando son una aplicación de los tres anteriores, para los fines -- que se persiguen en este trabajo, se presentan por separado debido a la diferencia que presentan en sus aplicaciones mas comunes de moldeo, fundición y termoformado. Estos son:

4.- Reforzado.

5.- Espumado.

Así, dentro de estos cinco grupos generales de procesos, pueden colocarse todos los procesos particulares que se emplean en la industria de los materiales plásticos.

A continuación se hace la descripción individual de los procesos particulares comprendidos en este estudio:

4.2.- PROCESOS DE MOLDEO.

El moldeo consiste básicamente en la licuefacción de un compuesto plástico moldeable, el cuál se presenta en forma de polvos o granulos, con temperaturas de 300° a 400° F. Y forzarlo a tomar una forma deseada.

La forma se les puede dar por medio de una de las tres maneras siguientes:

1.- Por medio de moldes acoplados.

2.- Haciendolos pasar a través de un dado abierto.

3.- Por medio de rodillos, con presiones de 2000 a 15000 psi.

Enseguida se les permite endurecerse, ya sea por curado (termofijos) o por enfriado (termoplásticos).

Los métodos individuales de moldeo mas comunes son los siguientes:

4.2.1.- MOLDEO POR COMPRESION.

El moldeo por compresión es, dentro de los procesos de moldeo el más simple. Es también el principal método por medio del cuál son moldeados los plásticos termofijos.

DESCRIPCION DEL PROCESO.

Los procesos de moldeo por compresión pueden dividirse básicamente en cinco fases que son las siguientes:

1.- El material plástico, ya sea en forma de polvos, granulados o discos preformados es precalentado con el objeto de secarlos y llevarlo a una temperatura cercana a la de curado.

2.- Se coloca la carga del plástico directamente en la cavidad del molde, la cuál generalmente se mantiene a una temperatura entre 300° y 400° F. Dependiendo del material que se procese.

3.- Se cierra parcialmente el molde, suministrandole presión y calor, con lo cuál el plástico se licúa y empieza a llenar todos los huecos del molde.

4.- Se cierra completamente el molde, obligando al plástico a completar su flujo y curado.

5.- Una vez terminado el curado del material, se abre el molde y se extrae la pieza moldeada.

DESCRIPCION DEL EQUIPO.

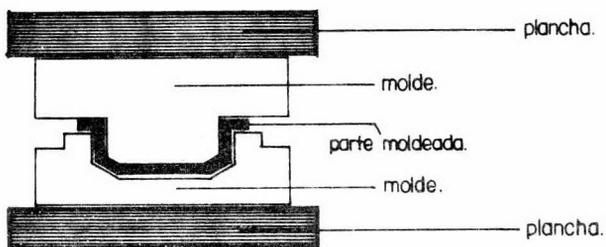


FIG.1 MOLDEO POR COMPRESION
EN MOLDE FLASH.

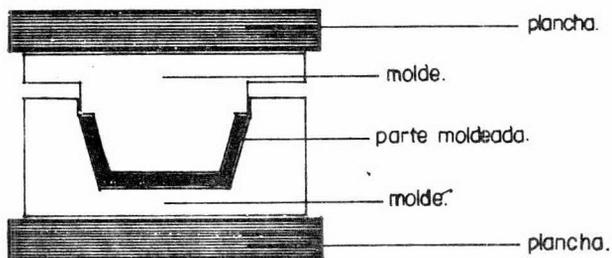


FIG.2 MOLDEO POR COMPRESION
EN MOLDE COMPLETAMENTE POSITIVO.

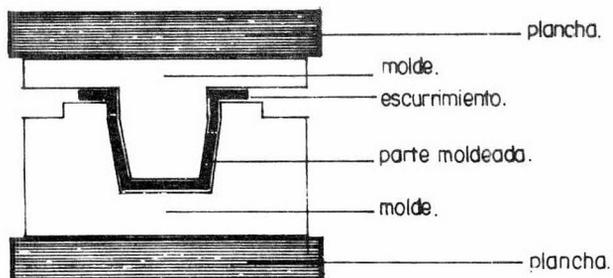


FIG.3 MOLDEO POR COMPRESION
EN MOLDE SEMI-POSITIVO.

El equipo que se involucra en este tipo de procesos puede -- ser muy sencillo. Si en la práctica llega en ocasiones a ser algo complejo, esto es debido generalmente a la utilización de recursos automáticos para acelerar la producción.

El equipo básico para los procesos de moldeo por compresión -- consiste principalmente en:

- 1.- Un molde de dos secciones acopladas.
- 2.- Los recursos necesarios para calentar el molde y el material.
- 3.- Algún sistema de esfuerzo que permita presionar las par--tes del molde.

Los moldes que se utilizan en estos procesos, comunmente están hechos de acero inoxidable, los cuales son capaces de resistir muy bien las altas presiones a las que debe estar sujeto y los efectos de la acción abrasiva de los plásticos cuando están calientes, en forma líquida.

Cuando las condiciones de moldeo no son muy severas o bien -- cuando se utilizan productos de muy corto corrido, se pueden utilizar moldes de materiales mas blandos, tales como el bronce, acero-dulce o inclusive plásticos.

Se emplean muy variados tipos de diseños de moldes, pero en -- forma general se pueden agrupar de la siguiente manera:

- 1.- Moldes Flash.
- 2.- Moldes Semi-positivos.
- 3.- Moldes Completamente positivos.

Los moldes Flash son los que resultan menos complejos para e--laborarse y resultan muy satisfactorios cuando se desean obtener -- productos con formas delgadas. Reciben este nombre debido a que -- la sobre-carga del material hace que esta se "flashee" o escurra -- al ser cerrado el molde. En este tipo de moldes se ejerce menos -- presión que en cualquier otro, por lo que resulta un producto plástico menos denso.

En los moldes completamente positivos, la cavidad bajo la ta--pa del molde es ahuecada y el embolo del molde baja dentro del hueco durante el moldeo. Esto permite que sea muy poco o nada lo que se escurra, además de que se ejerce una presión máxima sobre la --

parte que está siendo moldeada. Con este tipo de moldes se obtienen partes muy densas, pero se requiere que la carga del material sea exacta, a fin de que el molde pueda cerrar bien y se produzcan partes consistentes.

Los moldes Semi-positivos son una combinación de los dos anteriores. En el principio de la compresión se permite que parte del plástico se escurra, pero como en su recorrido el embolo alcanza el fondo, este actúa como un molde positivo. Con este tipo de moldes no se requiere de mucha precisión en la carga y no obstante, la parte moldeada es densa y uniforme.

El calor necesario para el molde puede ser suministrado por varios medios, pero comunmente las partes del molde son ahuecadas para permitir el paso de una corriente de vapor a través de ellos, o bien se les incertan elementos de calentamiento eléctrico. En el moldeo de termofijos, donde el molde se mantiene caliente durante todo el día de trabajo, se usa casi siempre un calentamiento de tipo eléctrico. En el moldeo de termoplásticos, en donde el molde debe de ser enfriado al finalizar cada ciclo, se usa vapor de agua para calentarlo y agua fria para enfriarlo.

Respecto a los recursos necesarios para presionar las partes del molde, estos pueden ser suministrados por cualquier medio de compresión. Comunmente se utiliza algún tipo de prensa, esta generalmente tiene una de sus planchas fijas y la otra se mueve por medio de un cilindro hidráulico o neumático.

CARACTERISTICAS Y APLICACIONES.

El moldeo por compresión generalmente se utiliza para plásticos termofijos, frecuentemente se moldean de esta manera los alquídicos, fenólicos, urea y melamina.

Como los termofijos se endurecen por medio de un cambio químico que es ayudado por la adición de calor, el molde permanece caliente durante todo el ciclo y tan pronto como es extraída la pieza ya moldeada, está listo para otra nueva carga.

Los termoplásticos deben de ser enfriados para endurecerse, lo cuál hace necesario enfriar completamente el molde al terminar cada ciclo y antes de que la parte sea extraída. Consecuentemente esto hace que el moldeo por compresión de termoplásticos sea mucho

mas lento que el de termofijos. Sin embargo, los discos fonográficos de vinilo y estireno (termoplásticos) son moldeados por compresión, debido a la exactitud que es necesaria para sus propositos - de reproducción del sonido.

El moldeo por compresión resulta ideal para productos con áreas grandes o con dibujos profundos. Por este método se fabrican muchos mecanismos para interruptores eléctricos, láminas plásticas recipientes a presión utilizados en cocina, gabinetes para radios- y televisores, cajones para muebles y algunos otros productos de uso común tales como botones, manijas y partes eléctricas.

SECUENCIA DEL MOLDEO POR COMPRESION DE TERMOFIJOS.

El siguiente, es sólo un procedimiento generalizado. El equipo usado, el diseño del molde y el material plástico a ser moldeado afectan los detalles del proceso.

1.- FIJAR EL MOLDE EN LA PRENSA. La mitad que actúa como émbolo se coloca en la parte superior y la otra mitad que posee la cavidad se coloca en la plancha inferior de la prensa.

2.- CALENTAR EL MOLDE. El molde debe calentarse hasta la temperatura recomendada para el moldeo del plástico que se está procesando.

3.- MEDIR LA CARGA DEL PLASTICO. Determinar el volumen de la parte moldeada, multiplicada esta por el factor de masa, y agregar cerca de un 10 % en exceso para el flasheo.

4.- PRECALENTAR LA CARGA DEL PLASTICO. Colocar el plástico en una charola dentro de un horno hasta la temperatura recomendada para el material empleado. En algunos casos, esto no es necesario.

5.- APLICAR UN AGENTE DESALOJADOR A TODAS LAS PARTES DEL MOLDE. Los moldes de acero muy pulimentados, no requieren de estos agentes.

6.- ABRIR EL MOLDE. Se abre la prensa lo suficiente para permitir que el plástico sea cargado dentro de la cavidad del molde.

7.- CARGAR EL MOLDE. Colocar el plástico dentro de la cavidad.

8.- CERRAR EL MOLDE. Observar la velocidad de cerrado requie-

rida para el adecuado flujo del material.

9.- RESPIRAR EL MOLDE. Después que el molde ha sido completamente cerrado por cerca de 10 segundos, se abre ligeramente para permitir el escape de los gases atrapados. Cerrar completamente de nuevo el molde. Algunos materiales no requieren de esta operación.

10.- PERMITIR EL CURADO. Dejar el molde completamente cerrado el tiempo suficiente para permitir que la parte sea curada. Observar que el tiempo de curado varía de acuerdo con el material que se emplee.

11.- ABRIR EL MOLDE Y EXTRAER LA PARTE.

12.- LIMPIAR EL MOLDE. Es extremadamente importante que el molde sea cuidadosamente limpiado después de cada ciclo. El no hacerlo ocasiona daños al molde.

4.2.2.- MOLDEO POR TRANSFERENCIA.

Cuando es necesario producir partes con secciones delicadas o con inserciones (como terminales metálicas), que deben ser moldeadas en su sitio, el moldeo por compresión no es indicado puesto que podría deformar las secciones, moverlas o romper las inserciones. Para eliminar esos inconvenientes se desarrolló una adaptación del moldeo por compresión llamada moldeo por transferencia.

DESCRIPCION DEL PROCESO.

En el moldeo por transferencia se distinguen cinco fases que son:

1.- Se coloca en una cámara de transferencia la cantidad del compuesto plástico suficiente para una operación de moldeo. Esta cámara generalmente se localiza en la parte superior del molde y se conecta a este mediante un tubo de unión. Mediante la aplicación de calor, el plástico se licúa dentro de la cámara de transferencia.

2.- Una vez licuado el material plástico, se le obliga a pasar de la cámara de transferencia al molde a través del tubo de unión.

3.- El calor del molde cerrado causa el curado del plástico.

4.- Una vez que se ha completado el curado del plástico, se a

bre el molde y se extrae la pieza.

5.- La pequeña cantidad de plástico curado que permanece en la cámara de transferencia y en el tubo de unión se remueve antes de iniciar el siguiente ciclo.

DESCRIPCION DEL EQUIPO.

El equipo empleado en el moldeo por transferencia es muy similar al que se emplea en el moldeo por compresión. Así, muchas de las prensas que se utilizan en el moldeo por compresión sirven para la operación de moldeo por transferencia con sólo agregarles una cámara de transferencia.

Escencialmente el equipo para el moldeo por transferencia consiste de:

- 1.- Un molde de secciones acopladas, caliente y que posee un hoyo o puerta de entrada para el plástico transferido.
- 2.- Una cámara de transferencia caliente en donde se reblandece el material plástico.
- 3.- Una fuente de poder para sostener cerrado el molde durante el moldeo y proveer de la fuerza necesaria para empujar el plástico de la cámara de transferencia al molde.

Los moldes que se emplean en el moldeo por transferencia son completamente distintos a los que se emplean en el moldeo por compresión, ya que estos permanecen cerrados completamente durante todo el moldeo.

Tienen además un tubo de unión por donde se permite el paso forzado del plástico licuado, de la cámara de transferencia al molde. Los términos; flash, semi-positivo y completamente-positivo, no tienen ningún significado en el moldeo por transferencia debido a que el plástico no se mueve hacia los huecos del molde por una acción de presión hecha por las partes del molde, puesto que este permanece siempre cerrado.

El molde es simplemente un bloque hueco, seccionado y en cada cavidad tiene la mitad de la forma y medida exacta del artículo que va a ser moldeado.

La cámara de transferencia es una cavidad generalmente de forma cilíndrica que contiene un elemento de calentamiento y un pistón o émbolo para empujar el plástico fundido de la cámara de - -

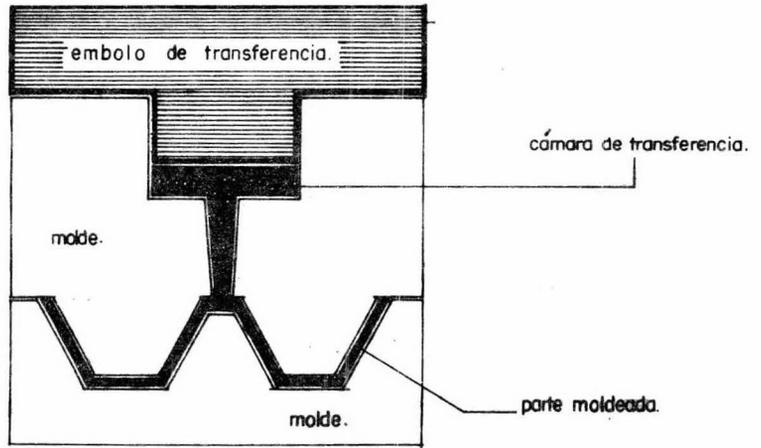


FIG. 4 MOLDEO POR TRANSFERENCIA.

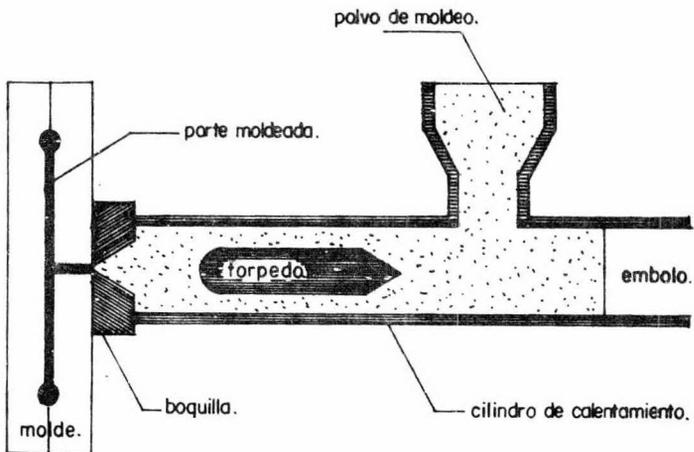


FIG. 5 MOLDEO POR INYECCION.

transferencia al molde.

CARACTERISTICAS Y APLICACIONES.

El moldeo por transferencia se emplea generalmente con plásticos termofijos, principalmente con los materiales de mas lento curado. Todos los plásticos empleados en el moldeo por compresión pueden ser empleados en el moldeo por transferencia, el escoger uno u otro proceso depende mas bien del diseño de la parte a ser moldeada que del material empleado.

A pesar de que el moldeo por transferencia requiere de equipo mas complejo, ofrece algunas ventajas importantes:

1.- Como el plástico entra al molde en forma líquida, es menos probable que deforme los incertos al molde, que si estuviera en forma semi-líquida como ocurre en el principio del corrido en el moldeo por compresión.

2.- En forma líquida resulta mucho más fácil empujar el material dentro de las secciones delgadas con detalles intrincados, como por ejemplo las tapas para distribuidor de automoviles.

3.- Como el molde permanece completamente cerrado durante todo el moldeo, no es necesario remover posteriormente ninguna línea de flasheo a la pieza. Sin embargo, estas muestran una ligera línea de separación en el lugar donde se unen las partes del molde.

El material que se queda en la cámara de transferencia, en la compuerta y en el tubo de unión es material de desperdicio que debe removerse. Este desperdicio es prácticamente equiparable al que se escurre en el moldeo por compresión.

4.2.3.- MOLDEO POR INYECCION.

El moldeo por inyección es el método por medio del cuál se procesan principalmente los materiales termoplásticos. Este es un proceso para la producción en masa y a alta velocidad.

El moldeo por inyección consiste básicamente en cinco fases que son:

1.- El termoplástico, ya sea en forma de polvo o granulos es colocado dentro de una tolva o embudo.

2.- El material termoplástico es forzado a pasar de la tolva a un cilindro caliente en donde es esparcido contra las paredes mediante un esparcidor o torpedo. Entonces es licuado a una temperatura entre 300° y 650°F, dependiendo del material que se emplee.

3.- El plástico fundido es forzado bajo altas presiones - - (5000 a 40,000 psi) a pasar a través de una boquilla hasta un molde cerrado y frío.

4.- El plástico se enfría y solidifica dentro del molde.

5.- Una vez enfriado el material, el molde es abierto y la -- pieza extraída.

MATERIALES UTILIZADOS.

Aún cuando en realidad cualquier termoplástico puede ser moldeado por inyección, sin embargo, los materiales que comunmente se procesan de esta manera son: los acrílicos, celulósicos, nylon, - vinílicos, polipropileno, fluorocarbónicos, acetales, poliestireno y polietileno.

Las instrucciones generales del moldeo por inyección se aplican a todos los materiales termoplásticos, con excepción del nylon. El problema que se presenta con este material es debido a sus propiedades de fusión, este plástico posee un punto de fusión muy fino que lo hace ser demasiado fluido cuando se funde. La mayoría - de los otros materiales se reblandecen mas gradualmente y poseen - viscosidades más altas en sus formas fundidas. En el moldeo de -- nylon, los moldes deben ser muy ajustados para prevenir un escurri - miento excesivo del plástico. Es necesario un control cerrado de - la temperatura de calentamiento del cilindro y el material debe ser cuidadosamente secado antes de fundirlo.

DESCRIPCION DEL EQUIPO.

Existen muy diferentes marcas de máquinas para inyección en - el mercado y a pesar de que poseen características individuales, - todas ellas poseen un equipo que consta básicamente de:

1.- Un embudo para recibir y almacenar el polvo o granulos -- del material plástico.

2.- Un cilindro caliente para reblandecer el plástico.

3.- Algún recurso para aplicar la fuerza necesaria para inyec

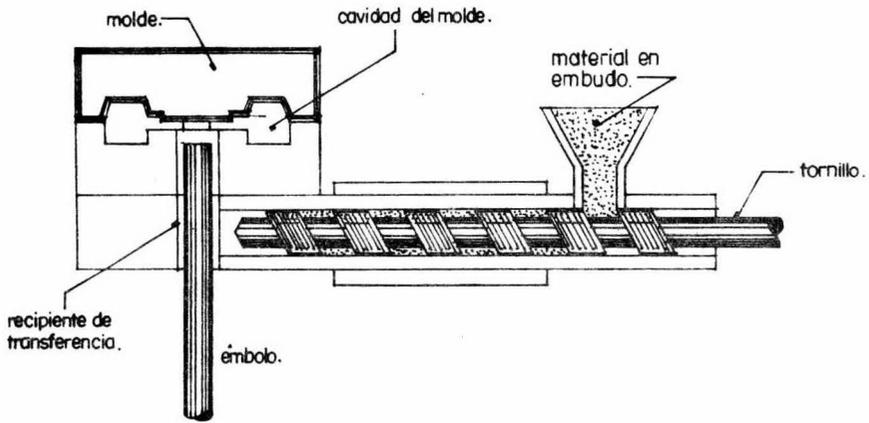


FIG. 6 DIAGRAMA DEL PROCESO DE INYECCION POR TRANSFERENCIA.

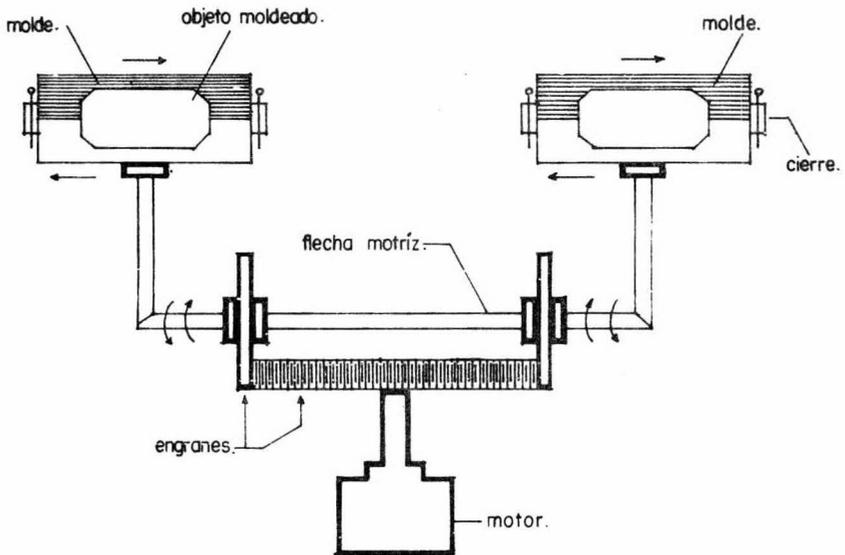


FIG. 7 DIAGRAMA DEL PROCESO DE MOLDEO ROTACIONAL.

tar el plástico líquido.

4.- Un molde de dos partes que se puede abrir y cerrar.

La mayoría de las prensas para el moldeo por inyección son horizontales, con el embudo montado sobre el cilindro caliente. El material plástico cae por el embudo dentro del cilindro, a la vez que un embolo lo empuja a través del cilindro caliente hasta la boquilla.

Un medio de calentamiento eléctrico o vapor de agua rodea al cilindro para proporcionarle el calor necesario para licuar el plástico.

El diseño del torpedo es muy importante, ya que su forma determina que tanto debe esparcirse el plástico contra las paredes del cilindro para que licúe, sin llegar a quemarse. Su forma varía de acuerdo con el material que se emplee.

Los moldes para el moldeo por inyección son muy parecidos a los empleados en el moldeo por transferencia, excepto en que estos están provistos de algún recurso para enfriamiento (usualmente agua), en lugar de los recursos para calentamiento que se emplean en el moldeo por transferencia.

Como en estos procesos el plástico se endurece por enfriamiento, el molde debe estar a una temperatura entre 100° y 120°F. Este tipo de moldes son los comunmente denominados de cavidad múltiple. El plástico líquido entra a las cavidades del molde; de la boquilla del cilindro caliente a través del tubo de unión, impulsores y compuertas.

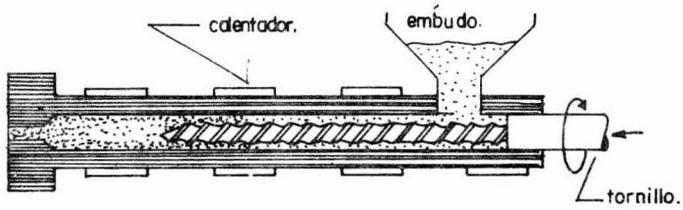
La medida de las prensas empleadas en el moldeo por inyección usualmente se especifican en términos de el número de onzas de acetato de celulosa que pueden ser inyectados en una sola emisión.

Las medidas de las prensas se encuentran entre 0.5 y 300 onzas.

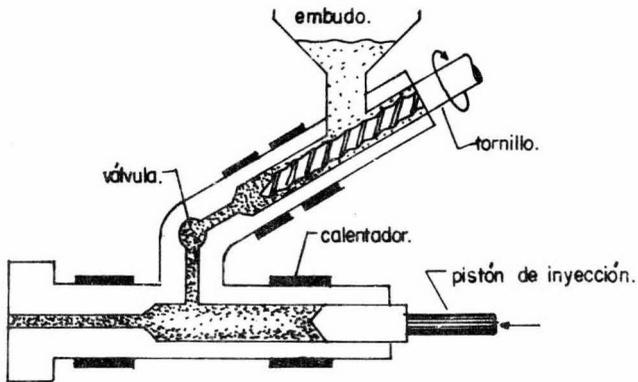
CARACTERISTICAS Y APLICACIONES.

Como se dijo anteriormente, el moldeo por inyección normalmente es utilizado con materiales termoplásticos. Los termofijos también pueden ser moldeados por inyección, pero el flujo del plástico a través del cilindro caliente debe ser controlado con mucho cuidado o, el material se puede endurecer y curar dentro del cilindro inutilizándolo. Como los termoplásticos permanecen blandos --

TORNILLO RECIPROCANTE.



TORNILLO DE PRE-PLASTADO.



PISTON

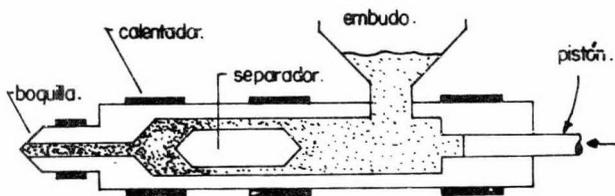


FIG. 8 DIAGRAMA DE LOS METODOS DE MOLDEO POR INYECCION CON: TORNILLO RECIPROCANTE, TORNILLO DE PRE-PLASTADO Y DE EMBOLO O PISTON.

tanto tiempo como se les mantenga a la temperatura adecuada, no se presenta este tipo de problemas con ellos.

Los artículos moldeados por inyección exhiben frecuentemente una línea en el lugar donde las partes del molde se juntan, generalmente esto es en el punto de mayor dimensión.

El moldeo por inyección resulta económico cuando se manufactura una gran cantidad de objetos. El costo inicial del equipo es alto y los moldes son caros, pero una vez iniciado el proceso este es muy rápido los ciclos comunes son de 10 segundos a 2 minutos. En objetos pequeños, tales como los modelos para armar de autos y aviones, pueden ser moldeados muchos cientos de objetos individuales de una sola vez.

El consumo típico de productos elaborados por este tipo de procesos incluye a; juguetes, locetas para paredes de cocinas y baños, contenedores en refrigeradores, recipientes de todos tipos, modelos, ventiladores, cajas para baterías, partes para aparatos eléctricos, cuerpos de afeitadoras eléctricas y medallones.

SECUENCIA DEL MOLDEO POR INYECCION DE TERMOPLASTICOS.

Las prensas para el moldeo por inyección varían en la forma en que se sujeta al molde y la manera en que es inyectado el plástico. El procedimiento que se menciona a continuación es bastante simple, con control de calentamiento eléctrico y cilindro de inyección neumático. El molde es simplemente compuesto de dos bloques rectangulares sujetos a la prensa. Este procedimiento, aunque sencillo muestra bien la forma en que se desarrolla el moldeo por inyección de termoplásticos.

- 1.- COLOCAR ARRIBA LA PRENSA. Rociar con un agente desalojador las cavidades del molde. Montar los moldes en la posición adecuada.
- 2.- CARGAR LA TOLVA CON EL PLASTICO.
- 3.- TRANSFERIR EL PLASTICO AL CILINDRO DE CALENTAMIENTO. Un recurso de medición permite al operador llenar el cilindro de calentamiento con el plástico. Este no debe derramarse del cilindro.
- 4.- CALENTAR EL PLASTICO. Fijar el control de calor para proveer de la temperatura adecuada. Esta temperatura varía-

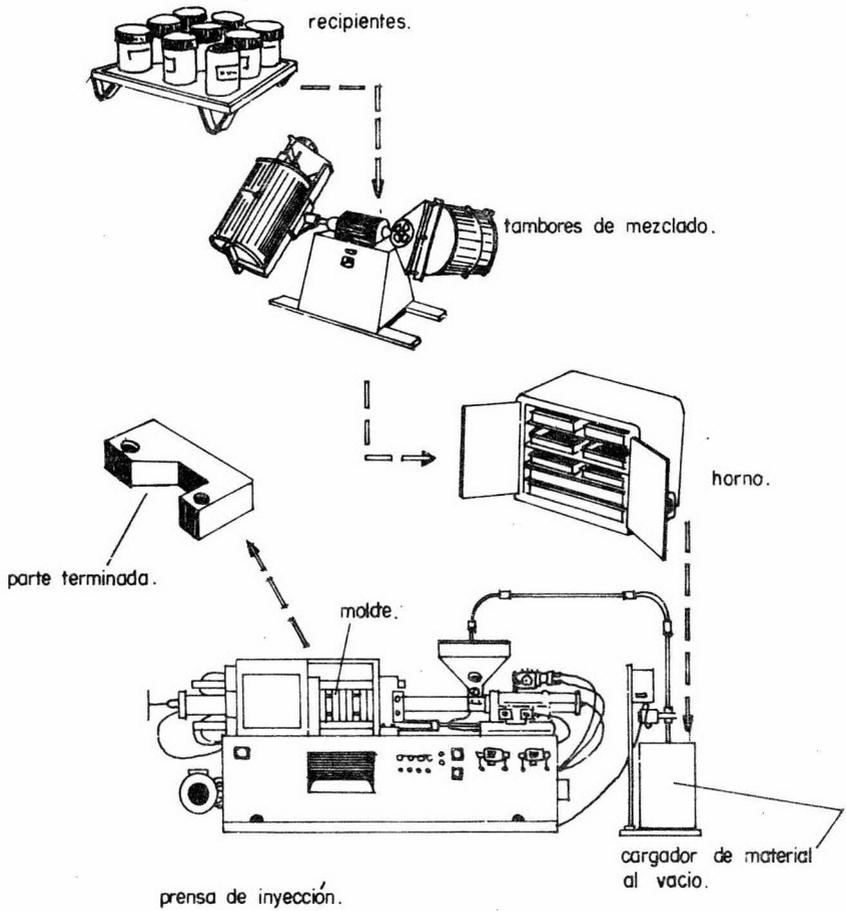


FIG. 9 PROCESO QUE SE SIGUE PARA OBTENER UNA PARTE MOLDEADA A PARTIR DE UN COMPUESTO PLASTICO.

de acuerdo en el material plástico que se emplee. La mayoría de los materiales se inyectan muy bien entre 325° - y 425° F.

- 5.- INYECTAR EL PLASTICO. Accionar el control del embolo de inyección. Cuando el plástico se escurre un poco alrededor de la boquilla, el molde ya está probablemente lleno.
- 6.- PERMITIR QUE SE ENFRIE LA PIEZA. Si la máquina no está provista de un enfriamiento del molde por medio de circulación de agua fria, entonces, cuando el ciclo se repite varias veces, el molde se calienta y el plástico no solidifica. En este caso el molde se mete en agua fria, se - candolo en forma cuidadosa posteriormente.
- 7.- ABRIR EL MOLDE Y EXTRAER LA PIEZA MOLDEADA.

4.2.4.- MOLDEO POR EXTRUSION.

La extrusión es un proceso de moldeo para la producción de --- termoplásticos en formas contínuas y alargadas, con formas seccionales consistentes; tales como varillas, tubos, láminas, películas. En algunos aspectos es similar al moldeo por inyección y probablemente procesa en un tiempo dado un volumen de material mayor que - cualquier otro método de moldeo.

DESCRIPCION DEL PROCESO.

Existen cuatro fases en el proceso de extrusión que son:

- 1.- El material termoplástico en forma de polvo o granulos es colocado dentro de una tolva.
- 2.- El plástico cae dentro de un cilindro caliente, el cuál - posee un tornillo caliente en su interior. El plástico - es licuado por el calor del cilindro y la fricción creada entre el tornillo, el material plástico y las paredes del cilindro. Los cilindros calientes, generalmente se man-- tienen a una temperatura entre 300° y 500° F.
- 3.- El plástico licuado es forzado a pasar a través de un dado al final del cilindro caliente con presiones de 5,000- a 6,000 psi. La abertura del dado determina la forma --- transversal de la pieza.
- 4.- El plástico extruido es enfriado y endurecido al ir de jan

do el dado, sobre una banda transportadora. Se cortan a longitudes convenientes o se enrollan.

DESCRIPCION DEL EQUIPO.

Un extrusor de plásticos consta básicamente de:

- 1.- Una tolva.
- 2.- Un cilindro caliente, provisto de un tornillo en su interior.
- 3.- Un dado con la apertura propia de la forma que se desee.
- 4.- Algún recurso para enfriar el plástico.
- 5.- Algún recurso para separarlo.

El cilindro caliente debe de ser muy fuerte, capaz de soportar presiones tan altas como 10,000 psi. El calentamiento se hace casi siempre eléctricamente, aunque también se utilizan vapor y aceite.

El tornillo de alimentación es una parte importante del equipo. Se emplean diferentes tipos y medidas de cuerdas para extruir distintos tipos de materiales. Generalmente están hechos de alguna aleación de acero para poder resistir los esfuerzos de las grandes tensiones.

El dado debe ser de acero endurecido para resistir el uso del plástico al ser continuamente forzado a pasar por el orificio. La apertura del dado no debe ser de la forma y medida exacta del extruido, debido a que existen algunos cambios dimensionales del material al enfriarse. Al dejar el dado el plástico, usualmente se le pasa por un baño de agua para enfriarlo. Se utiliza alguna clase de banda para remover el plástico ya extruido.

CARACTERISTICAS Y APLICACIONES.

La extrusión se emplea comunmente con materiales termoplásticos. Los materiales generalmente procesados en esta forma son los acrílicos, celulósicos, fluorocarbónicos, nylon, estirénicos, polietileno y vinílicos.

Las únicas formas que pueden ser extruidas son aquellas con secciones transversales consistentes, tales como las varillas, tubos, láminas y películas. Las formas extruidas, especialmente las láminas, pueden ser fácilmente identificadas por las líneas de esfuerzo que presentan sobre su superficie. La extrusión es un me-

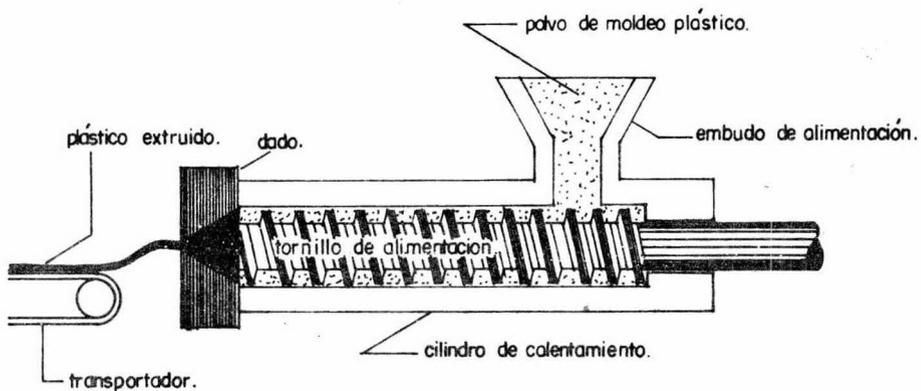


FIG.10 EXTRUSION.

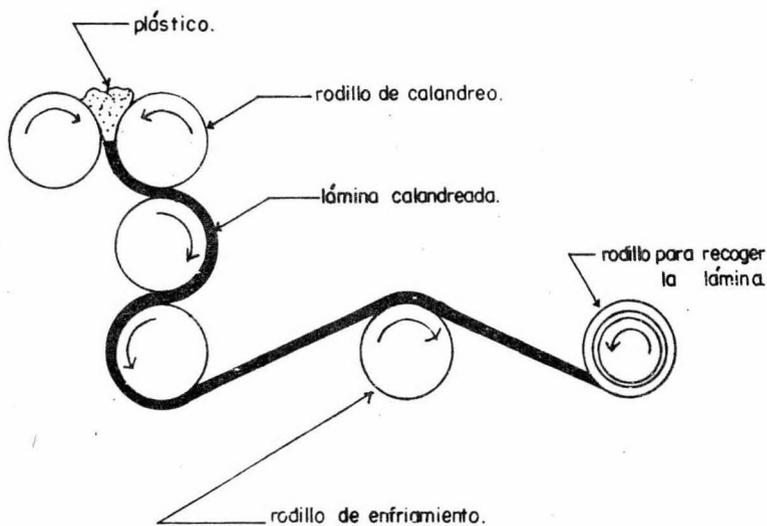


FIG.11 CALANDREO.

dio de producción muy rápido, debido a que es continuo.

Frecuentemente se emplean adaptaciones especiales de la extrusión. Los alambres pueden ser recubiertos haciendolos pasar a través de un dado de extrusión que va produciendo un tubo alrededor de ellos a medida que van pasando.

Algunas películas se hacen por la extrusión de un tubo y posteriormente soplarle aire para expanderlo y adelgazarlo en la medida deseada. El tubo delgado es entonces rasgado y aplanado para usarlo como película. Muchas de las populares bolsas de polietileno se elaboran en esta forma, cortando delgados tubos extruidos y sellando después los extremos.

Las láminas extruidas pueden ser colocadas en línea con equipo de termoformado y alimentadas directamente a la máquina de formado antes de que se enfrien.

4.2.5.- MOLDEO POR SOPLADO.

El moldeo por soplado está mal nombrado en realidad, debido a que no cumple con las características generales de un proceso de moldeo, en los cuales se le da forma al material blando en medio de dos moldes. El moldeo por soplado se trata en realidad de una aplicación especial del formado por soplado, ya que sólo existe un molde en uno de los lados del material. Sin embargo, debido a que en la industria se le conoce como moldeo por soplado, se le tratará en esta parte del estudio.

DESCRIPCION DEL PROCESO.

Un tubo de plástico extruido, al que en la industria se le llama parison, es colocado dentro de las partes de un molde abierto. Cuando el plástico permanece aún blando después de salir del extrusor, se cierra el molde atrapando el parison y sellandolo por un extremo. Por el otro extremo se hace pasar aire a presión, obligando al tubo a ensancharse y adquirir el contorno del molde cerrado. El molde se mantiene frío y como el material es un termoplástico, se vuelve rígido al hacer contacto con la superficie del molde. Una vez enfriado el material plástico, se abre el molde y se extrae la pieza.

DESCRIPCION DEL EQUIPO.

El equipo para el moldeo por soplado consiste básicamente de

dos unidades que son:

- 1.- Un extrusor para producir el parison.
- 2.- Una máquina de moldeo por soplado.

En la mayoría de las aplicaciones, el extrusor y el moldeador por soplado son una sola máquina. El extrusor empleado en esta operación posee el equipo estandar, con un dado en la forma y medida adecuada para producir el tubo del parison.

La porción de moldeo por soplado del equipo debe estar provista de:

- 1.- Un dispositivo para abrir y cerrar el molde.
- 2.- Un recurso de enfriamiento para el molde (generalmente se hace circular agua fría).
- 3.- Los recursos necesarios para introducir aire a presión dentro del parison cerrado.

Estas máquinas de producción poseen un número diverso de estaciones de moldeo, por lo que el parison puede ser continuamente extruido. La mayoría de este equipo es por lo menos semi-automático. El operador frecuentemente sólo se encarga de remover o cortar las partes ya formadas.

CARACTERISTICAS Y APLICACIONES.

Cualquier termoplástico puede ser moldeado por soplado, sin embargo, la mayoría de los productos elaborados de esta manera son hechos a partir de polietileno. La mayoría de los recipientes a presión tan frecuentemente utilizados como contenedores para todo tipo de fluidos, han hecho del polietileno moldeado por soplado, una parte importante de la industria.

El moldeo por soplado es un proceso de alta velocidad. La mayoría de máquinas tienen varias estaciones de moldeo, por lo que cuando un artículo se está enfriando, otros están manufacturándose. El extrusor funciona continuamente.

Los costos de operación son bajos debido a que se utilizan bajas presiones y temperaturas. El plástico está blando cuando es formado y no presenta efecto abrasivo sobre el molde.

El moldeo por soplado también tiene sus limitaciones. Los cambios bruscos en el espesor de sus paredes son imprácticos y resulta muy difícil controlar el espesor de la pared de estos artículos.

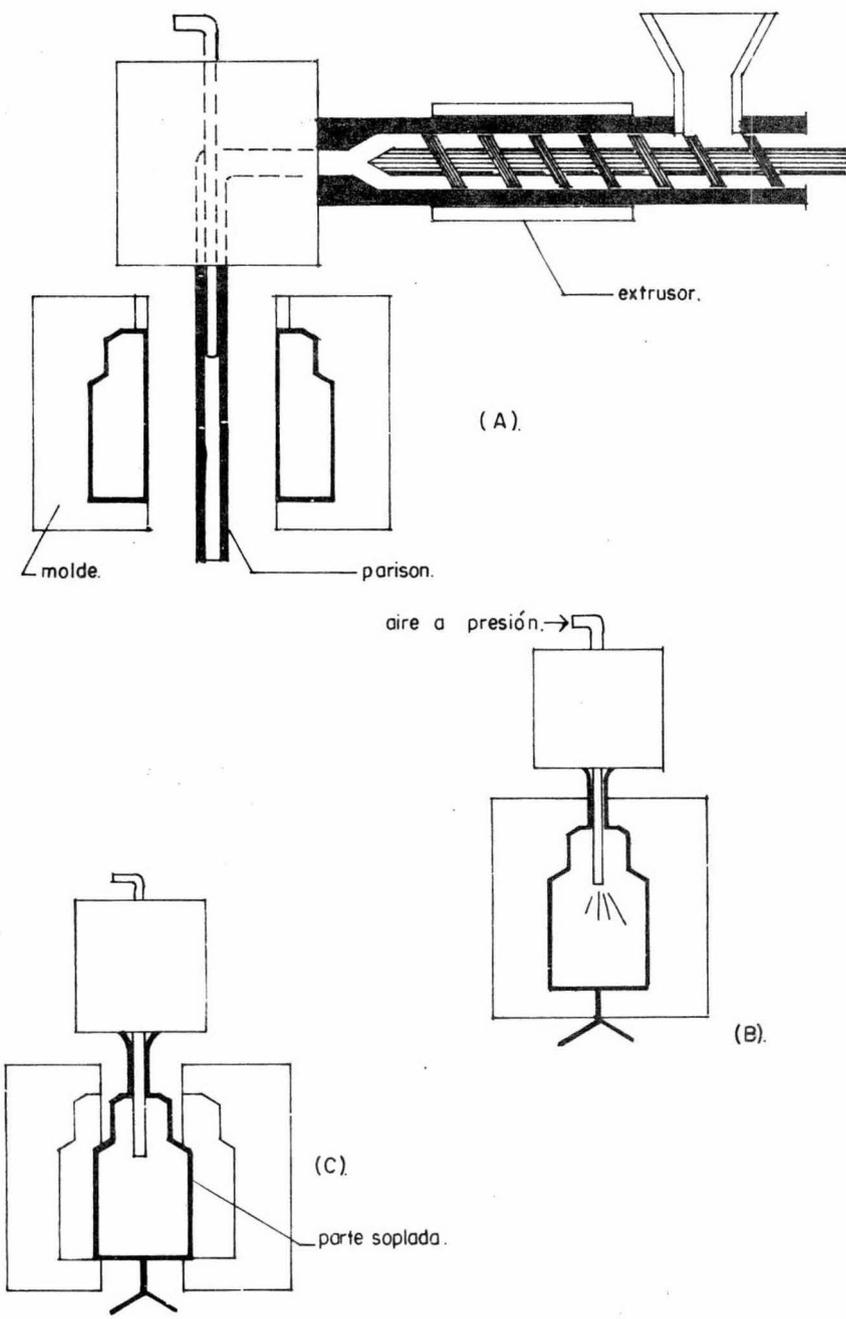


FIG. 12 MOLDEO POR SOPLADO.

Las superficies de los objetos obtenidos en esta forma no son tan lisas como las obtenidas por otro tipo de procesos de moldeado. Sin embargo, la mayoría de estos productos no son utilizados por el alto pulido de sus superficies.

4.2.6.- MOLDEO POR CALANDREO.

El proceso de calandreo fué adaptado de la industria del hule y es usado en la manufactura de papel, linoleum y metales, también como en plásticos. Es este el método principal para producir películas y láminas vinílicas.

DESCRIPCION DEL PROCESO.

La resina termoplástica, estabilizador, lubricante, colorante y plastificante en el caso de las películas flexibles, se mezclan y licúan. Esta mezcla blanda es enrollada o calandreada entre dos series de rollos horizontales. La distancia entre los dos rodillos controlan el espesor de la película o la lámina. El material ya medido su espesor es pasado entre series de rodillos frios en los cuales se solidifica el plástico, el cuál posteriormente se enrolla en carretes.

DESCRIPCION DEL EQUIPO.

El equipo para el calandreo consiste básicamente en algunos medios para combinar y mezclar el compuesto plástico, una serie de rodillos rotatorios para calandreo, una serie de rodillos frios y algún recurso para separar las películas o láminas.

El equipo para combinar y mezclar puede ser un mezclador intensivo o un molino, o como sucede frecuentemente, una combinación de ambos.

Los rodillos para el calandreo, usualmente en pares, se asemejan mucho a los empleados en las lavadoras para ropa de uso domestico. La distancia entre ellos puede ser controlada para fijar el espesor de las películas. Estos son frecuentemente calentados haciendoles circular aceite caliente.

CARACTERISTICAS Y APLICACIONES.

El calandreo es similar en muchos aspectos a la extrusión. Es empleado con termoplásticos tales como los vinílicos, poliolefinicos, celulósicos y estirenos. Las láminas y películas de cloruro de polivinilo flexible son la mejor participación del calandreo,

El calandreo es un proceso de alta velocidad. Películas de 0.002 pulgadas de espesor y 6 pies de ancho son calandreadas a una razón de 300 pies por minuto. Son posibles tolerancias de menos de 0.001 pulgadas.

Las láminas o películas calandreadas exhiben líneas de esfuerzo sobre su superficie, aún cuando existen métodos para hacerlas menos visibles.

El procesado de plásticos por este método encuentra aplicación en muchos productos finales tales como cortinas para baño, impermeables, cubiertas para pisos, películas claras para empaquetar y para laminado sobre cartas de barajas, juguetes inflables, revestimientos para albercas y cubreasientos claros para automóviles.

4.2.7.- MOLDEO POR LAMINADO.

En el sentido general, el laminado consiste en unir dos o más capas de un material. En relación con los plásticos, el laminado es el proceso que consiste en unir capas de materiales impregnados o recubiertos de resinas, utilizando para esto calor y presión.

Los laminados se clasifican como: Laminados a alta presión y laminados a baja presión, dependiendo esto de la cantidad de presión que es necesaria o bajo la cuál son unidas las capas de materiales plásticos.

Los laminados de gran volumen, llamados a baja presión, consisten de plásticos reforzados, tales como los poliésteres y epóxicos reforzados con fibra de vidrio.

En esta sección solo se hace referencia de los laminados a alta presión. El otro grupo se tratará posteriormente al hablar de los plásticos reforzados.

DESCRIPCION DEL PROCESO.

Las capas del material que va a ser laminado, frecuentemente papel, tela o asbestos, son impregnados con una resina termofija. El exceso de resina se remueve y el resto es secado, pero no curado. Se van juntando las capas del material hasta obtener el espesor apropiado. Se aplica entonces calor y presión, haciendo que la resina fluya y se endurezca el laminado en una sola masa sólida.

Las láminas planas son prensadas entre planchas muy bien puli

mentadas bajo presiones de 1000 a 1500 psi y temperaturas de 300° a 350° F. Los tubos son laminados alrededor de ejes y otras formas son prensadas entre partes de moldes. El laminado puede ser curado en la prensa o molde, o bien, ser removido y curado en una estufa.

DESCRIPCION DEL EQUIPO.

Mucho de lo que se hace por medio de este proceso son láminas planas. El equipo para esto consiste en una prensa de planchas, la cuál es capaz de presionar las láminas juntas con la fuerza suficiente. Además de algún medio para la aplicación del calor necesario, lo cuál generalmente se hace a través de las planchas de la prensa.

Aún cuando puede emplearse cualquier recurso que ejerza la suficiente fuerza para el laminado, la laminación en cualquier volumen es llevada a cabo por medio de prensas hidráulicas capaces de ejercer fuerzas de muchos cientos de toneladas. Comúnmente se utilizan planchas múltiples, en las que es posible obtener mas de una lámina al mismo tiempo.

Como las resinas que se emplean son termofijas, se requiere calor para ablandarse y curarse. El calentamiento se efectúa por el paso de vapor, agua caliente o electricidad a través de las planchas de la prensa. Una vez curada la lámina, puede enfriarse haciendo pasar agua fría.

CARACTERISTICAS Y APLICACIONES.

El laminado a alta presión se lleva a cabo generalmente con algunas resinas termofijas tales como las fenólicas, melamina, silicónes, epóxicas y poliésteres.

El material base para estos laminados es frecuentemente papel pero también son usados fibras de algodón, fieltros de asbesto y fibra de vidrio.

Los laminados fenólicos son de bajo costo y tienen buenas propiedades mecánicas y eléctricas. Las melaminas son más costosas, pero ofrecen mejor resistencia al fuego y poseen excelentes propiedades eléctricas. Los silicónes se utilizan principalmente por la retención de sus propiedades mecánicas y eléctricas, inclusive a muy altas temperaturas. Los epóxicos poseen alta resistencia química y extrema resistencia a la humedad. Los poliésteres son de -

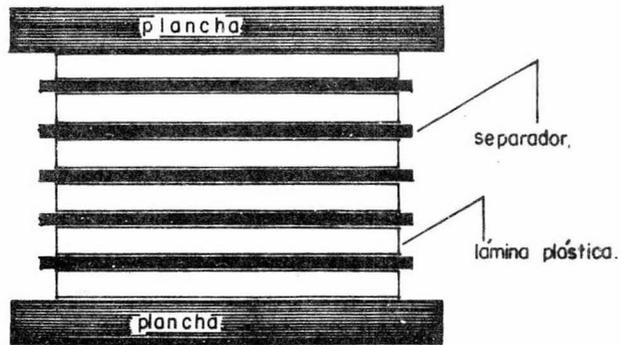


FIG. 13 LAMINADO A ALTA PRESION.

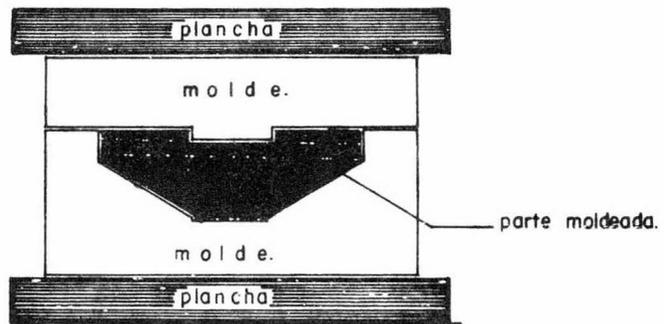


FIG. 14 MOLDEO EN FRIO.

bajo costo y tienen el promedio de las propiedades.

Aún cuando el promedio general de los consumidores están familiarizados con los laminados decorativos, tales como los que se emplean para contratapas y los paneles de paredes, una aplicación igualmente de importante es la que se les dá a los laminados industriales, desarrollados principalmente debido a sus propiedades químicas, mecánicas y eléctricas.

4.2.8.- MOLDEO EN FRIO.

El moldeo en frio es un proceso adaptado de la industria de la cerámica. Como su nombre lo implica, se trata de un moldeo hecho solo a presión, sin temperatura adicional.

DESCRIPCION DEL PROCESO.

El compuesto a moldear es mezclado hasta hacer una masa pastosa y colocado en un molde similar a los que se utilizan en el moldeo por compresión. Se cierra el molde y el material es prensado aplicandole presiones de 2000 a 4000 psi. No se le aplica calor y el compuesto se adhiere solo debido a la presión que se le ejerce. La parte es entonces removida del molde y colocada en un horno, — donde se le aplican temperaturas de 450°F Hasta que se funda la resina y se lleve a cabo el moldeado.

EQUIPO EMPLEADO

El equipo empleado en el moldeo en frio es muy similar al que se emplea en el moldeo por compresión, con la excepción de que no es necesario proveerlo de un sistema para calentar el molde. Pueden con este equipo llevarse a cabo cerrados de prensa muy rápidos debido a que no es necesario que el compuesto se licúe y fluya.

Son muy comunes aquí los moldes de cavidades múltiples para partes pequeñas.

CARACTERISTICAS Y APLICACIONES.

En el moldeo en frio se utilizan dos tipos de compuestos: los fenólicos y los bituminosos.

El grupo de los fenólicos es una mezcla de resinas fenólicas-líquidas y fibras de asbestos.

El grupo de los bituminosos no es en realidad un grupo sintético, sino que se trata de una mezcla de resinas naturales con fi-

bras de asbestos y otros materiales de relleno.

Debido a que la resina no es curada en el molde, este proceso es muy rápido. El único tiempo requerido es el necesario para llenar el molde, cerrar la prensa, abrir de nuevo la prensa y extraer la pieza. Pueden producirse por este método, como unas 3,500 piezas/hr.

Todas las piezas pueden curarse al mismo tiempo, dependiendo esto solamente de la medida del horno.

Los artículos moldeados en frío poseen buenas propiedades eléctricas. Muchos de los artículos producidos así, se emplean en aplicaciones eléctricas. Sin embargo, la resistencia de estas partes es relativamente baja, el acabado de su superficie tiende a opacarse y es difícil su control dimensional.

El moldeo en frío es específico para aquellas partes que no deben ser muy caras, ni están sujetas a esfuerzos muy severos. Como son por ejemplo: Las bases para interruptores, enchufes, manijas y perillas.

PROBLEMAS COMUNES QUE SE PRESENTAN EN EL MOLDEO DE MATERIALES TERMOPLASTICOS Y SUGERENCIAS PARA RESOLVERLOS.

1.- DISPAROS CORTOS.

- a).- Incrementar la alimentación del material.
- b).- Incrementar la presión de inyección.
- c).- Elevar la temperatura del molde.
- d).- Elevar la presión del cilindro.
- e).- Incrementar el venteo.
- f).- Incrementar el tamaño de compuertas y/o correderas.
- g).- Utilizar una máquina mayor.
- h).- Revisar si no está bloqueada la cámara de alimentación.
- i).- Revisar si no hay restricciones en la boquilla.

2.- SOLDADURA DEBIL O LINEAS PUNTEADAS.

- a).- Incrementar la temperatura del molde.
- b).- Incrementar la temperatura del cilindro.

- c).- Remover la humedad del material.
- d).- Cambiar el lugar de la compuerta.
- e).- Incrementar la temperatura de fusión por el incremento de la velocidad del tornillo.
- f).- Incrementar la presión posterior.
- g).- Incrementar el tamaño de la corredera.
- h).- Aumentar el venteo o relocalizarlo.

3.- MARCAS DE HENDIDURAS.

- a).- Mantener una presión de inyección mas larga en la — parte moldeada.
- b).- Incrementar la presión de inyección.
- c).- Incrementar la temperatura del molde.
- d).- Incrementar la medida de la compuerta y/o corredera.
- e).- Decrecer la temperatura del material.
- f).- Probablemente necesite un ajuste la presión poste — rior.
- g).- El tiempo de enfriado en el molde puede necesitar reducirse (utilice una mezcla enfriante o un baño de — agua)
- h).- Incremente la alimentación del material.
- i).- La capacidad de la máquina puede estar excedida.
- j).- Relocalizar la compuerta en el area mas pesada.

4.- IMPERFECCIONES EN LA SUPERFICIE.

- a).- El material puede necesitar secarse.
- b).- Las correderas y compuertas pueden necesitar agrandarse.
- c).- Incrementar la temperatura del material.
- d).- Limpiar el cilindro. El material puede estar contaminado.
- e).- Variar la velocidad de inyección.
- f).- El calor en el cilindro puede no ser uniforme. Comprobar las bandas de calentamiento.

5.- QUEMADAS Y GASES ATRAPADOS.

- a).- El material puede estar demasiado caliente.

- b).- El material puede necesitar secarse.
- c).- La velocidad de inyección puede ser demasiado lenta-
o rápida, ajustar a una velocidad adecuada.
- d).- Venteo insuficiente u obstrucción de los respirade--
ros.
- e).- Decrecer la velocidad del tornillo.
- f).- Incrementar la presión posterior.

6.- BURBUJAS.

- a).- El material puede necesitar secarse.
- b).- Ajustar la presión posterior.
- c).- Las correderas y compuertas pueden necesitar agran--
darse.
- d).- Decrecer la temperatura del cilindro.
- e).- Reducir la velocidad de inyección.
- f).- Reducir la temperatura del molde.
- g).- Reducir el tiempo de enfriado en el molde.
- h).- Incrementar la temperatura de inyección.
- i).- Limpiar los respiraderos o agregar ventilación adi--
cional.

7.- AGRIETAMIENTOS.

- a).- Incrementar la temperatura del molde.
- b).- Incrementar la velocidad de inyección.
- c).- Incrementar la temperatura del cilindro.
- d).- Reducir la presión de inyección.
- e).- La parte moldeada puede necesitar recocido.

8.- PARTES QUE SE ROMPEN AL EXTRAERSE.

- a).- Comprobar si hay socavaciones en la cavidad del mol-
de, incrementar la delineación del molde.
- b).- Reducir la presión de inyección.
- c).- El material puede tener demasiada humedad. Hacer mas
largo el secado.
- d).- Los deshidratadores pueden necesitar relocalizarse o
incrementar el número de ellos,
- e).- Reducir la temperatura del material.

- f).- Reducir la temperatura del molde.
- g).- La medida de la compuerta puede ser demasiado grande
- h).- Agregar eyectores en el area de la corredera.

9.- ESCURRIMIENTO EN EL MOLDE.

- a).- Reducir la temperatura del material.
- b).- Reducir la temperatura del molde.
- c).- Incrementar la medida de los respiraderos o limpiar los respiraderos existentes.
- d).- Incrementar la presión sujetante.
- e).- Reducir la presión de inyección.
- f).- La altura de las cavidades en los moldes de cavidades múltiples pueden ser irregulares. Ajustarlas uniformemente.

10.- DELAMINACION.

- a).- Incrementar la temperatura del molde.
- b).- Incrementar la temperatura del material
- c).- El material necesita secarse.
- d).- Agrandar correderas y compuertas.
- e).- El material puede estar contaminado.

11.- RAYAS NEGRAS, MARGAS DE DERRAME.

- a).- El material puede necesitar secarse.
- b).- Reducir la temperatura del material.
- c).- Material quemado en el cilindro. Limpiar el cilindro.
- d).- La boquilla no está colocada adecuadamente.
- e).- Reducir la velocidad del tornillo.
- f).- Incrementar la temperatura del molde.
- g).- Las correderas y compuertas pueden necesitar agrandarse.
- h).- Ajustar la velocidad de inyección.
- i).- Incrementar la presión de inyección.
- j).- Puede necesitar incrementarse la presión posterior.

12.- VARIACION EN LAS DIMENCIONES.

- a).- Variación en las temperaturas del cilindro.
- b).- Las presiones de inyección y posterior pueden estar variando.
- c).- Las correderas y compuertas en los moldes de cavidades múltiples pueden estar desbalanceadas.
- d).- La alimentación de la tolva no está siendo uniforme.
- e).- Variación de disparos en los ciclos.
- f).- Las temperaturas del molde son inconsistentes.

13.- PARTES COMBEADAS.

- a).- La temperatura del molde puede necesitar ajustarse.
- b).- La temperatura del material puede ser demasiado caliente o demasiado fría.
- c).- Inspeccionar el molde buscando posibles socavaciones en las cavidades.
- d).- Revisar el sistema eyector. Las partes pueden estar combeándose debido a una eyección desigual.
- e).- Incrementar el tiempo de enfriado en el molde.
- f).- Puede ser necesario utilizar una mezcla enfriante.

PROBLEMAS COMUNES QUE SE PRESENTAN EN EL MOLDEO DE MATERIALES TERMOFIJOS Y SUGERENCIAS PARA RESOLVERLOS.

1.- AMPULAS.

- a).- Ciclos demasiado cortos; elevar el tiempo de curado.
- b).- Secar el material.
- c).- El precalentamiento puede necesitar ajustarse.
- d).- Bajar la temperatura del molde.
- e).- Puede haber gas atrapado; ventear el molde.
- f).- Reducir la velocidad de inyección o de émbolo.

2.- PARTES COMBEADAS.

- a).- Ajustar la temperatura del molde.
- b).- Incrementar el tiempo de curado.
- c).- Secciones de pared desiguales.
- d).- Cambiar a un flujo de material más denso.

- e).- Relocalizar la compuerta.
- 3.- SUPERFICIES ARRUGADAS.
- a).- Cambiar a un flujo de material mas denso.
 - b).- Reducir la presión de transferencia o inyección.
 - c).- El material puede necesitar secarse.
 - d).- Reducir la temperatura del molde.
 - e).- Ajustar el precalentador.
- 4.- SUPERFICIES EMPAÑADAS.
- a).- Cambiar a un flujo de material mas denso.
 - b).- El material puede necesitar secarse.
 - c).- La superficie del molde puede estar manchada por gases atrapados; pulir el molde y proveerlo de ventilación adecuada.
 - d).- Niquelar o cromar el molde.
 - e).- Reducir la presión de inyección, compresión o del ém bolo.
- 5.- EL MATERIAL SE PEGA A LA SUPERFICIE DEL MOLDE.
- a).- Hoyos en la superficie del molde o socavaciones en el molde; pulir las superficies del molde.
 - b).- Lubricar el molde.
 - c).- Incrementar la temperatura del molde.
 - d).- Incrementar el tiempo de curado.
 - e).- Ajustar los eyectores para asegurar una eyección uni forme.
 - f).- Reducir la presión de inyección o de émbolo.
 - g).- Cambiar a un flujo de material mas denso.
- 6.- PARTES MOLDEADAS ROTAS.
- a).- Buscar socavaciones en el molde.
 - b).- Ajustar los eyectores.
 - c).- Relocalizar los eyectores.
 - d).- Las partes pueden necesitar un radio interno mayor o paredes mas densas.
 - e).- Si el rompimiento es alrededor de las incersiones, - el espesor de la pared debe ser agrandado.

7.- ESCURRIMIENTO EXCESIVO.

- a).- Ajustar las superficies de las cavidades del molde - para que la parte superior y la inferior sellen perfectamente una con otra.
- b).- Exceso de material. Reducir la cantidad de material en la carga.
- c).- Incrementar la presión sujetante.
- d).- Reducir la presión de inyección o transferencia.
- e).- Decrecer la temperatura del molde.

8.- POROSIDAD EN LAS PARTES MOLDEADAS.

- a).- Carga insuficiente. Incrementarla.
- b).- Incrementar la presión de inyección o transferencia.
- c).- Incrementar el venteo.
- d).- Incrementar el tiempo de curado.
- e).- Tratar de usar un flujo de material menos denso.
- f).- Decrecer la temperatura del molde.

9.- LAS PARTES MOLDEADAS MUESTRAN SECCIONES QUEMADAS.

- a).- Limpiar los respiraderos.
- b).- Decrecer la temperatura del molde.
- c).- Relocalizar o agrandar los respiraderos.
- d).- Variar la velocidad y presión de inyección o de émbolo para determinar las mejores condiciones.
- e).- Agrandar correderas y compuertas.
- f).- Ajustar el precalentador para que decrezca la temperatura de precalentamiento.

10.- PARTES MOLDEADAS SOBREDIMENSIONADAS.

- a).- Reducir el tiempo de curado.
- b).- Incrementar la temperatura del molde.
- c).- Reducir la temperatura de precalentamiento.
- d).- Material demasiado seco.
- e).- Utilizar el flujo de material menos denso.
- f).- Reducir la medida de la compuerta.
- g).- Reducir la presión de compresión, transferencia o inyección.

h).- Relocalizar compuertas.

11.- PARTES MOLDEADAS SUBDIMENSIONADAS.

- a).- Incrementar el tiempo de curado.
- b).- Reducir la temperatura del molde.
- c).- Incrementar la temperatura de precalentamiento.
- d).- Utilizar un flujo de material mas denso.
- e).- Incrementar la medida de la compuerta.
- f).- Incrementar la presión de compresión, transferencia o inyección.
- g).- La humedad en el material puede ser demasiado alta.
- h).- Relocalizar las compuertas.

4.3.- PROCESOS DE FUNDICION.

4.3.1.- FUNDICION SIMPLE.

En la fundición, el líquido es simplemente vertido dentro del molde.

Láminas, varillas, tubos y formas especiales; las cuales son posteriormente procesadas en productos finales son frecuentemente hechas de esta manera.

DESCRIPCION DEL PROCESO.

En fundición, el plástico es preparado en forma líquida. En algunos casos, la resina es ya líquida en su forma natural y en los otros, un sólido granular que es licuado por medio de calor. Frecuentemente son agregados catalizadores (los cuales son los que hacen fraguar al líquido). El plástico líquido se coloca dentro de un molde cerrado y son removidas todas las burbujas de aire que se forman.

El plástico es curado a temperatura ambiente en un horno a ca lo y b a j o l o u o. Una vez curado el plástico se remueve del molde.

EQUIPO EMPLEADO.

El equipo que involucra este tipo de procesos es relativamente simple, sin embargo, los recursos automáticos pueden hacer los sistemas de control mas complejos.

Se necesita de un molde hueco, con una apertura a través de -

la cuál se coloca el plástico mediante algún recurso.

En la producción de varillas, tubos, o formas especiales, es muy común el empleo de moldes metálicos de dos piezas que posean un hoyo a través del cuál se introduzca el material plástico.

Se separa el molde para extraer la pieza ya fundida y termina da.

El molde utilizado para producir láminas planas fundidas, consiste de dos piezas de planchas altamente pulidas de vidrio, separadas por una junta, la cuál controla el espesor de la lámina. Las láminas de acrílico fundido; plexiglas o lucita son los materiales mas familiares, procesados de esta manera.

CARACTERISTICAS Y APLICACIONES.

Tanto los termoplásticos como los termofijos pueden ser fundidos. Comunmente los materiales que se utilizan para fundición incluyen a los acrílicos, estirenos, fenólicos, poliesteres y epóxicos.

Los artículos fundidos poseen algunas propiedades que los hacen superiores a los artículos moldeados. Por ejemplo, las láminas de acrílico fundido tienen propiedades opticas superiores, mayor estabilidad dimensional, dureza de su superficie y resistencia al impacto y a la tensión. No tienen la textura de las láminas extruidas. Generalmente resultan más caras, debido a que se requiere de mas tiempo en este tipo de proceso.

Una aplicación muy común de la fundición en el campo eléctrico es el llamado envasado o encapsulado. Este es la impregnación profunda de componentes tales como transformadores, capacitores, y resistores.

Por mucho tiempo se utilizaron para este fin en la industria, eléctrica, materiales tales como ceras y brea, pero estos carecen de ciertas cualidades para resistir el quebrarse y deteriorarse por la acción de la humedad y los productos químicos.

En la actualidad, la mayoría de las partes eléctricas delicadas son protegidas, encerrandolas en plásticos fenólicos, poliesteres, silicones, uretanos o epóxicos. Esto elimina prácticamente las fallas debidas al ataque o a la presencia de materiales extraños.

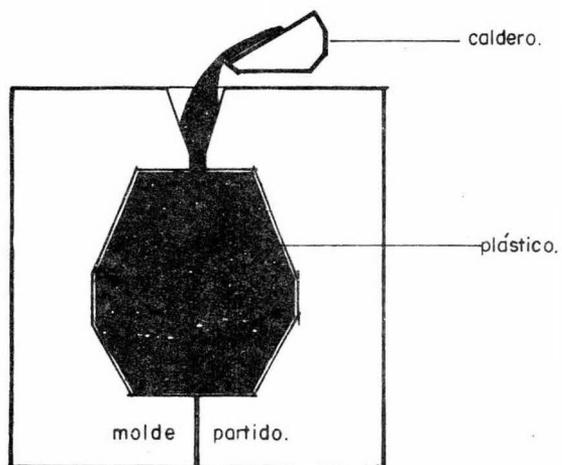


FIG. 15 FUNDICION DE PIEZAS SOLIDAS CON MOLDES CERRADOS.

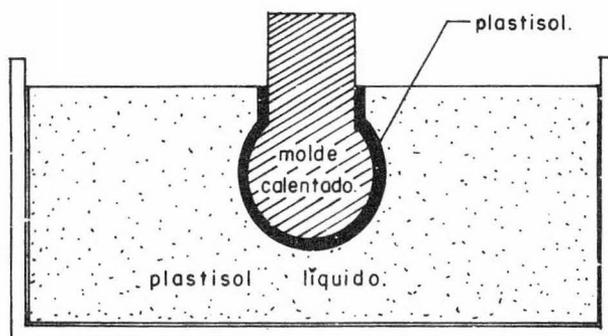


FIG. 16 FUNDICION POR INMERSION DE PLASTISOL.

Una aplicación familiar es el recubrimiento frecuente con resinas acrílicas claras de especímenes científicos y biológicos, - que en estas condiciones pueden ser manipulados y estudiados sin - el peligro de deteriorarlos.

Los medallones decorativos que se colocan en el centro de los volantes de automoviles, son metales recubiertos con plásticos.

Una aplicación muy importante de los procesos de fundición es la construcción de herramientas, matrices para metales accesorios de sostén, moldes para fundición, moldes para moldeo por compresión e inyección y formado al vacío, los cuales son compuestos fundidos epóxicos rellenos con cerámica en polvo o polvo de aluminio o acero.

4.3.2.- FUNDICION DE PLASTISOLES.

Una aplicación muy especial de los procesos de fundición, comúnmente utilizada en la fabricación de artículos huecos es la fundición de plastisoles. Existen algunas variaciones: Fundido por inmersión, fundido por arrastre y fundido rotacional. Todos ellos basados en el hecho de que un plastisol en forma líquida se solidifica al ponerse en contacto con una superficie caliente.

4.3.2.1.- FUNDICION POR INMERSION.

DESCRIPCION DEL PROCESO.

Un tapón caliente con la forma y medida del interior del artículo a ser fundido es introducido dentro de un contenedor con plastisol líquido. El molde se saca a un tiempo dado.

El plástico inmediatamente rodea y se adhiere al molde, solidificandose.

La rapidéz con que se saque el molde dará la medida del espesor de la capa plástica. El plastisol solidificado y el molde son curados en un horno a 350°-400°F. Después de curado, el plástico es removido del molde.

DESCRIPCION DEL EQUIPO.

La fundición por inmersión puede ser llevada a cabo con un equipo muy sencillo; básicamente este consiste en una estación de -

precalentamiento para calentar el molde, una estación de inmersión, un horno de curado, una estación de enfriado y algún recurso para remover la parte fundida del molde.

La fundición por inmersión puede hacerse a mano, pero para tener un control preciso del espesor, son muy útiles algunos recursos de regulación.

Los moldes deben de estar hechos de materiales que conserven bien el calor. Muchos diferentes metales y materiales cerámicos - son comunmente empleados para este proposito.

SECUENCIA DE LA FUNDICION POR INMERSION CON PLASTISOLES.

La fundición por inmersión es similar al revestimiento por inmersión excepto en que el artículo final es removido del embolo - después de haber sido curado.

1.- HACER EL EMBOLO. El embolo es generalmente un dispositivo con la forma del interior del artículo que se va a hacer. En los casos en que el artículo va a ser volteado después de removerlo - del embolo, este tiene la forma del exterior del artículo.

2.- PREPARAR LA SUPERFICIE DEL EMBOLO. Si la superficie del embolo esta pulimentada, no se requiere de agentes desalojador, - pero sí se requiere de este si la superficie es rugosa, para que - la pieza se remueva facilmente.

3.- CALENTAR EL EMBOLO. La temperatura necesaria depende del plastisol que se emplee, pero comunmente está entre 300° y 350°F.

4.- SUMERGIR EL EMBOLO DENTRO DEL PLASTISOL. El calor del embolo causa que inmediatamente el plastisol se solidifique y adhiera alrededor de su superficie. El tiempo necesario es usualmente de 30 segundos a unos cuantos minutos.

5.- CURADO DE LA RESINA. Donde el fundido es delgado puede - ser curado completamente, en otros casos, puede ser necesario curar lo en un horno durante 5 a 15 minutos.

6.- QUITAR EL FUNDIDO DEL EMBOLO. Puede ser soplado aire a - presión entre el embolo y el fundido para desprender el artículo ó simplemente puede hacerse en forma manual.

SECUENCIA DEL REVESTIMIENTO POR INMERSION CON PLASTISOLES.

Esta operación consiste en la inmersión de un artículo calentado, usualmente metálico, dentro de un plastisol hasta que el espesor deseado del plástico se deposite sobre su superficie.

1.- PREPARAR LA SUPERFICIE. Los plastisoles no se adhieren bien a superficies muy pulimentadas. El metal deberá ser limpiado y recubierto con un sellador. La mayoría de los proveedores del material especifican que tipo de sellador emplear, pero frecuentemente se utiliza laca.

2.- CALENTAR EL OBJETO QUE VA A SER REVESTIDO. La temperatura necesaria dependerá del plastisol que se utilice, comunmente ésta se encuentra entre 300° y 350° F. Puede ser necesario incrementar la temperatura con los objetos de sección transversal pequeña, los cuales tienden a perder rápidamente su calor.

3.- SUMERGIR EL OBJETO EN EL PLASTISOL EL TIEMPO SUFICIENTE PARA QUE SE FORME EL RECUBRIMIENTO DESEADO. El calor del objeto es transferido al plástico, obligándolo a que se solidifique y adhiera. El tiempo que el objeto se deje dentro del plastisol, dará la medida del espesor que tendrá la cubierta.

4.- CURADO DE LA RESINA. En algunas situaciones la resina puede ser completamente curada durante este procedimiento. Con objetos pequeños, la resina puede gelarse y no curarse completamente. Las indicaciones para el curado se suministran junto con el material. Los tiempos de curado usualmente no son mayores de 30 min.

4.3.2.2.- FUNDICION POR ARRASTRE.

DESCRIPCION DEL PROCESO.

Se coloca un plastisol líquido dentro de un molde hueco caliente, el cual posee la forma exterior del objeto que se va a producir. Al contacto inmediato del plastisol con las paredes del molde, este se solidifica.

La cantidad de plástico que permanezca dentro del molde dará la medida del espesor de la capa de plástico que solidifique. El exceso de plástico permanece en forma líquida y puede ser vertida del molde.

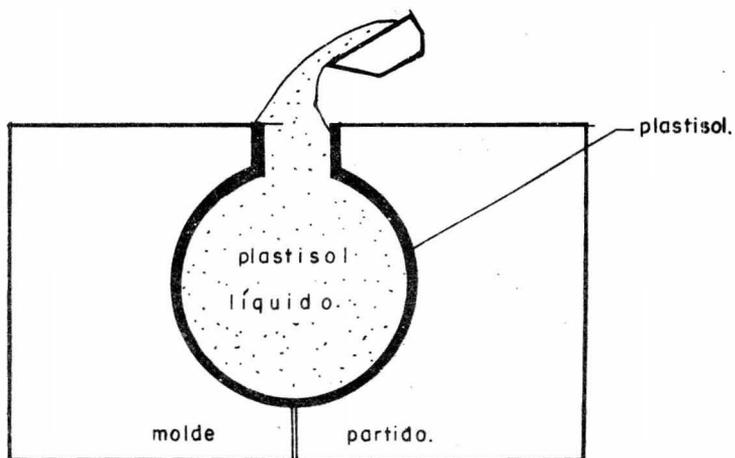


FIG.17 FUNDICION POR RELLENO DE PLASTISOLES.

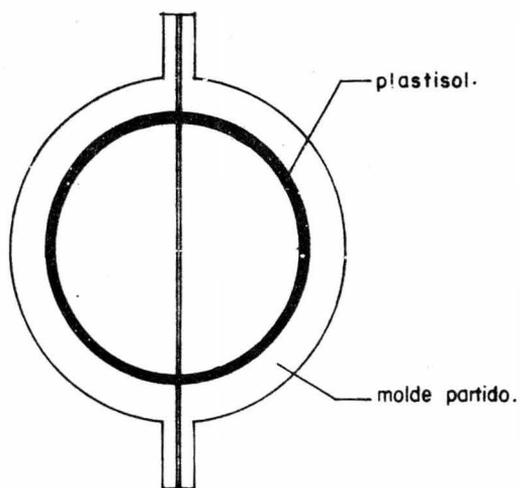


FIG.18 FUNDICION ROTACIONAL DE PLASTISOLES.

El plástico solidificado y el molde son curados en un horno a 350-400° F. Se abre el molde y se remueve la parte.

DESCRIPCION DEL EQUIPO.

La fundición por arrastre puede ser hecha simplemente con un molde hueco de yeso caliente. Comercialmente se usan moldes metálicos que se calientan con aire caliente o en hornos de infrarojo.

El llenado es frecuentemente hecho al vacío o en un dispositivo vibratorio para eliminar las burbujas de aire.

SECUENCIA DE LA FUNDICION POR ARRASTRE CON PLASTISOLES.

La fundición por arrastre consiste en colocar un exceso de plastisol líquido dentro de un molde calentado, permitiendo que el espesor deseado se solidifique contra las paredes del molde y extraer la resina que no solidificó.

1.- HACER EL MOLDE. Generalmente se emplean moldes abiertos de una sola pieza. Con socavaciones resulta mas fácil de remover la parte terminada que si se emplearan moldes de dos piezas.

2.- PREPARAR EL MOLDE. No se requiere de agentes desalojadores, pero el molde debe de estar limpio y bien pulimentado.

3.- CALENTAR EL MOLDE. La temperatura requerida varía de acuerdo con el material que se emplee, comunmente está entre 300° y 350° F.

4.- LLENAR EL MOLDE CON EL PLASTISOL. Simplemente se coloca el líquido dentro de la cavidad hasta que se llene.

5.- PERMITIR QUE EL ESPESOR DESEADO SE SOLIDIFIQUE CONTRA EL MOLDE.

El tiempo necesario para que se lleve a cabo esto, varía con algunos factores tales como la temperatura del molde, el area interior y el espesor del molde. Si no se forma el espesor deseado, el molde deberá ser recalentado.

6.- EXTRAER EL EXCESO DE PLASTISOL. Invertir el molde, de manera que el exceso escurra dentro de un contenedor, el cuál se podrá usar posteriormente.

7.- CURAR EL PLASTISOL GELADO. En algunos casos no es necesario

rio un curado posterior, pero en otros, el molde y el plastisol ge lado deben ser colocados en un horno de 5 a 15 minutos.

8.- REMOVER LA PARTE DE EL MOLDE. Este puede ser removido ma nualmente o soplando aire a presión entre el molde y la parte.

4.3.2.3.- FUNDICION ROTACIONAL.

DESCRIPCION DEL PROCESO.

Una cantidad predeterminada de plastisol líquido es colocada dentro de un molde de dos piezas, cerrado y caliente. El molde es entonces hecho girar, usualmente en dos planos, lo cuál distribuye el plástico contra las paredes del molde en una capa delgada. Al entrar en contacto con el molde, este se solidifica.

El molde y el plástico son curados en un horno y finalmente - se abre el molde para extraer la pieza.

DESCRIPCION DEL EQUIPO.

El equipo para el fundido rotacional consiste simplemente de una plataforma en la cuál se fija un molde para hacerlo rotar en - dos dimensiones al mismo tiempo.

El equipo puede ser puesto dentro de un horno, por lo cuál el gelado y el curado pueden llevarse a cabo al mismo tiempo.

CARACTERISTICAS Y APLICACIONES.

Los distintos procesos para convertir los plastisoles en productos terminados, no requieren de presión, por lo que el equipo - no es prácticamente caro. Se usan moldes de paredes delgadas.

Los moldes deben de ser capaces de transmitir facilmente el - calor debido a que el plástico se fusiona por el calor suministrado.

El fundido por inmersión puede ser usado para producir objetos con formas muy intrincadas. Artículos comunes hechos por este procedimiento son: Cubiertas para calzados, cubiertas para bujias y guantes flexibles.

La fundición por arrastre es usada para la elaboración de artículos abiertos y con hoyos. Por este proceso se fabrican jugue-

tes y botas.

La fundición rotacional es usada para la producción de objetos con espacios huecos, completamente cerrados y sin costuras. - Por este proceso es posible obtener artículos con paredes muy lisas y redondas, debido a que la rotación hace que el plástico fluya sobre toda la superficie del molde. Pero debido a que el molde debe de ser dividido, generalmente los objetos procesados de esta manera, presentan una línea de separación en su superficie.

Muchas partes para muñecas son hechas mediante el fundido rotacional, lo mismo que algunos objetos novedosos como las frutas plásticas. También artículos funcionales, tales como los recipientes a presión y los flotadores para sanitarios.

4.4.- PROCESOS DE TERMOFORMADO.

El termoformado es uno de los procesos mas recientemente desarrollados en la industria de los plásticos. Ha llegado a ser un importante proceso de producción a partir de 1950.

Existen muchas variaciones en el método o el equipo, pero todos están basados en el hecho de que; una lámina de un termoplástico es calentada hasta que se vuelve como de hule, entonces puede ser modificada para tomar cualquier forma deseada, la cuál retiene al enfriarse.

Existen tres métodos básicos de termoformado, de acuerdo con los ^{re-} cursos que se utilizan para modificar la lámina caliente, estos son:

- 1.- Formado mecánico.
- 2.- Formado al vacío.
- 3.- Formado por soplado.

La mayoría de las partes, de cualquier complejidad, pueden ser elaboradas por alguna combinación o adaptación de estos tres métodos.

4.4.1.- FORMADO MECANICO.

El formado mecánico, algunas veces llamado también "formado por colgado", como su nombre lo implica, se utilizan recursos mecá

nicos para modificar la lámina a la forma deseada.

DESCRIPCION DEL PROCESO.

Una lámina termoplástica es fijada en un bastidor o yugo.

La lámina fijada es calentada hasta que se vuelve blanda, pero no líquida. La mayoría de las láminas se ablandan lo suficiente como para ser formadas a temperaturas de 275-400°F.

La lámina ablandada es entonces forzada sobre un molde. La parte formada es sostenida en esta posición hasta que se enfría y se vuelve rígida con la forma del molde. Entonces es removida del molde y recortada.

SECUENCIA DEL TERMOFORMADO MECANICO CON EMBOLO Y MOLDE ACOPLADOS.

En los casos en que se requiere de un control dimensional muy cerrado, este es un método ventajoso de formado.

- 1.- CORTAR EL PLASTICO. Es necesaria una tolerancia de aproximadamente media pulgada alrededor de la línea de corte. debido a que el plástico no permanece sujeto durante el calentamiento en este proceso, en las piezas muy grandes puede ser necesaria una tolerancia mayor.
- 2.- MONTAR EL EMBOLO EN LA PARTE SUPERIOR DE LA PRENSA Y FIJARLO.
- 3.- COLOCAR EL MOLDE EN LA PLANCHA DE LA PRENSA EN POSICION ACOPLADA CON EL EMBOLO. Asegurarse de que el acoplamiento sea perfecto.
- 4.- COLOCAR EL MATERIAL PLASTICO EN EL MOLDE.
- 5.- CALENTAR EL PLASTICO. Calentar el plástico a la temperatura adecuada de formado, ésta depende de cada material.
- 6.- FORMAR EL PLASTICO ELEVANDO LA PLANCHA PARA FORZAR EL ACOPLAMIENTO DEL MOLDE Y EL EMBOLO.
- 7.- PERMITIR QUE EL PLASTICO SE ENFRIE.
- 8.- REMOVER LA PARTE FORMADA. Bajando la plancha de la prensa, se separan el embolo y el molde permitiendo que la pieza ya formada pueda ser removida.

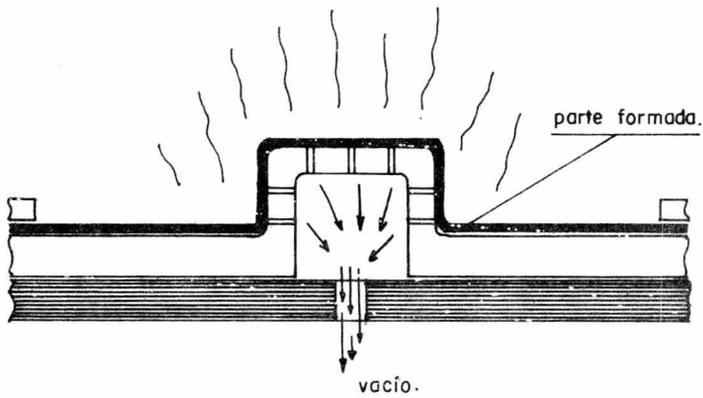
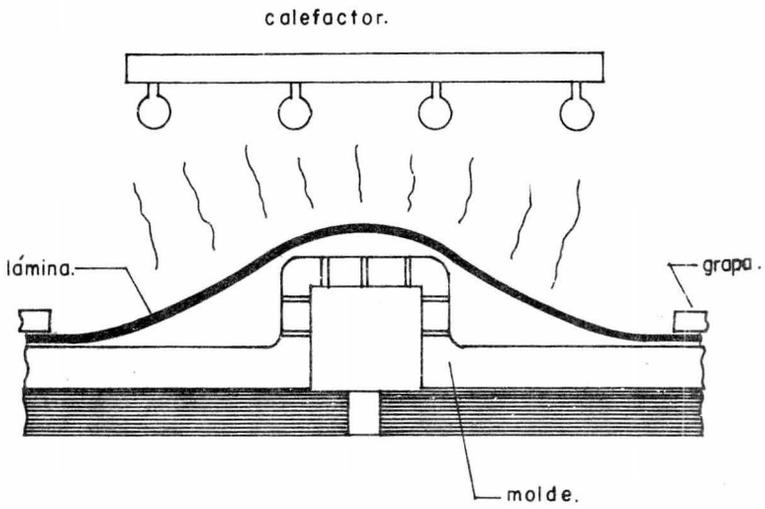


FIG.19 OPERACION DE FORMADO POR COLGADO.

4.4.2.- FORMADO AL VACIO.

El formado al vacío es el método de transformado mas comunmente empleado.

DESCRIPCION DEL PROCESO.

Una hoja termoplástica es sujeta por medio de un vastidor o yugo, o simplemente sostenida por los bordes del molde. En esta posición, la lámina es calentada hasta que se ablande pero no se licúe. En seguida, esta es sellada contra los bordes del molde.

Se crea el vacío, removiendo el aire de la cavidad del molde. Así, la presión atmosférica hace que la lámina caliente adopte los contornos del molde. Se sostiene el vacío hasta que la lámina se enfria y se vuelve rígida. La parte ya formada, es entonces removida del molde y recortada.

SECUENCIA DEL FORMADO AL VACIO CON MOLDE.

- 1.- CORTAR EL PLASTICO. Es suficiente con una tolerancia de media pulgada alrededor de la línea de corte.
- 2.- MONTAR EL PLASTICO ENTRE DOS YUGOS.
- 3.- COLOCAR EL MOLDE SOBRE EL EXTRACTOR DE VACIO. Por medio de algún recurso, sellar el molde al vacío, generalmente un empaque de hule o masking tape.
- 4.- MONTAR EL PLASTICO SOBRE EL MOLDE.
- 5.- CALENTAR EL PLASTICO.
- 6.- FORZAR EL MOLDE CONTRA EL PLASTICO CALIENTE PARA FORMAR UN SELLO ENTRE AMBOS.
- 7.- FORMAR EL PLASTICO POR LA EXTRACCION DEL AIRE DEL MOLDE.
- 8.- PERMITIR QUE SE ENFRIE LA PARTE.
- 9.- REMOVER LA PARTE DEL MOLDE.

4.4.3.- FORMADO POR SOPLADO.

El formado por soplado es la operación contraria al formado por vacío, ya que aquí por medio de la fuerza de aire a presión se obliga a la lámina a tomar el contorno del molde.

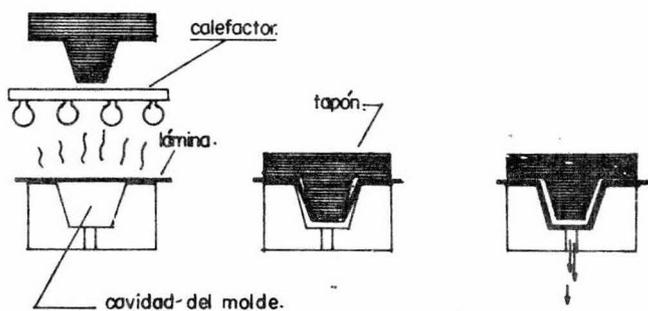


FIG. 20 OPERACION DE FORMADO AL VACIO CON LA AYUDA DE UN TAPON.

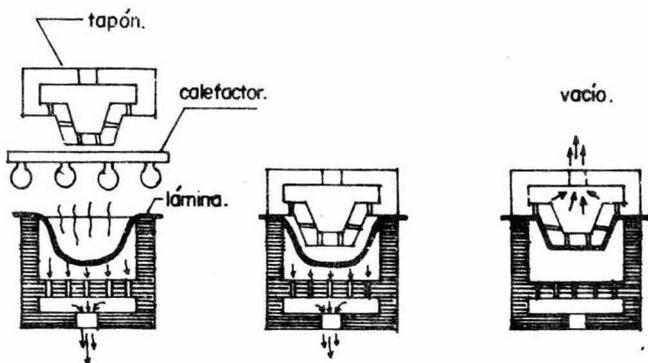


FIG. 21 OPERACION DE FORMADO AL VACIO POR RETROCESO.

DESCRIPCION DEL PROCESO.

La lámina termoplástica se sujeta mediante un yugo o bastidor. La lámina entonces, se calienta hasta ablandarse, pero sin llegar a licuarse.

La lámina caliente se sella en sus orillas contra los bordes del molde. En seguida se aplica aire a presión forzando a la lámina contra los contornos del molde.

El molde posee muchos orificios por medio de los cuales se permite al aire atrapado escapar de éste. Se mantiene la presión hasta que la parte se enfría y se vuelve rígida. Entonces se quita la presión y se remueve la parte y se recortan sus bordes.

DESCRIPCION DEL EQUIPO.

Algunos de los equipos se hacen para la aplicación de un producto dado, pero la mayoría del equipo disponible puede ser usado para variaciones de dos de los tipos de formado (mecánico y al vacío, por ejemplo) y algunos son adaptables a los 3 tipos básicos.

Todo equipo está provisto de los siguientes elementos:

- 1.- Algún tipo de recurso para calentamiento.
- 2.- Algún recurso para sujetar el plástico cuando es calentado.
- 3.- Una plancha para soportar el molde y prensarlo.
- 4.- Una fuente de vacío o aire a presión.
- 5.- Algún recurso para bajar el material sujeto o para bajar el molde.

La mayoría de las máquinas utilizan algún tipo de tablero eléctrico que irradia el calor. En algunos de los casos se emplean dos de estos radiadores, uno en la parte superior y otro en la inferior de la lámina plástica.

La temperatura que se obtiene por estos radiadores está entre 650° y 1500° F.

Como la temperatura de formado para la mayoría de los plásticos está entre 275° y 400° F, la lámina es colocada bajo el radiador por muy poco tiempo, tan poco como un segundo para películas delgadas y de uno a dos minutos para láminas gruesas.

Las láminas extruidas son comunmente utilizadas para el formado. Este tipo de láminas presenta una tendencia a contraerse en una dirección cuando se les calienta, por tal razón, estas deben mantenerse sujetas durante el ciclo de calentamiento.

La mayoría de las máquinas utilizan un armazón de doble-engrapado, el cuál sujeta al plástico fuera de la línea de corte.

La mayoría de las máquinas utiliza una plancha de metal para sostener el molde, y frecuentemente contiene una salida para el vacío o la presión de aire.

El vacío y la presión de aire son suministrados por compresores estandar o bombas de vacío. Estas bombas de vacío que se emplean comunmente son preferentemente del tipo de alta-capacidad, que del tipo de alto-vacío. Y se utilizan vacíos de 28 pulgadas de mercurio (14 psi. aprox.).

Se utiliza una cámara de compensación de la cuál se escapa el aire para la bomba de vacío, con una capacidad de 2 a 300 galones.

Las presiones de aire que se utilizan son tan altas como de 250 psi. en materiales pesados que deben ser forzados para adquirir formas intrincadas.

En algunos equipos, la plancha sobre la cuál vá montado el molde es levantada para forzar a este contra la lámina caliente. En otros, es el armazón que sostiene al plástico el que se baja sobre el molde. Esto puede llevarse a cabo; mecánica, neumática o hidráulicamente.

CARACTERISTICAS Y APLICACIONES.

El formado se limita exclusivamente a los termoplásticos. Los termofijos, una vez que han sido procesados en láminas completamente curadas, no pueden ser reblandecidas nuevamente para el formado.

Teóricamente, cualquier lámina termoplástica puede ser formada, sin embargo los materiales que comunmente son procesados en forma industrial de esta manera son los celulósicos, vinílicos, estirenos, poliolefínicos y acrílicos.

Las láminas hechas por fundición, calandreo y laminado pueden ser formadas, pero la mayor parte del formado es hecho a base de -

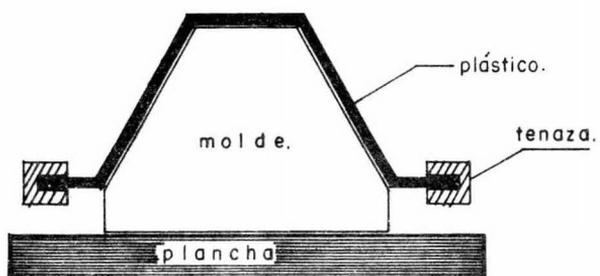


FIG. 22 TERMOFORMADO MECANICO.

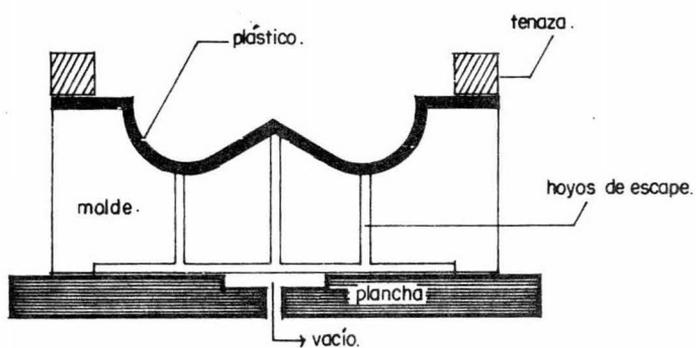


FIG. 23 TERMOFORMADO AL VACIO.

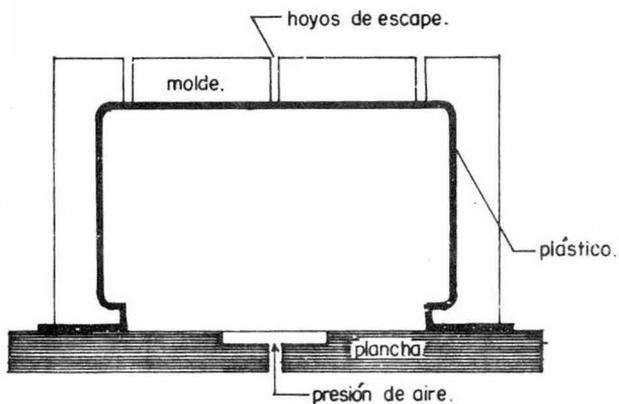


FIG. 24 TERMOFORMADO POR SOPLADO.

láminas extruidas, las cuales resultan mas baratas y se alargan mas facilmente.

Como otros procesos industriales, las características del termoformado los hace adecuados para ciertas aplicaciones. Es frecuentemente contrastado con el moldeo por inyección como medio para productos manufacturados. Cada proceso tiene sus propias ventajas económicas y de diseño.

Economicamente hablando, el formado utiliza equipo mas barato y sus moldes se pueden elaborar rapidamente. La producción puede iniciarse poco después que se ha completado el diseño y se pueden llevar a cabo facilmente cambios en este diseño.

Por otro lado, el moldeo por inyección requiere de equipo muy caro, y no se pueden llevar a cabo facilmente, cambios en su diseño.

En favor del moldeo por inyección podemos decir que utiliza polvos y granulos para moldeo muy barato si se les compara con las relativamente caras láminas para el formado.

Simplemente, podemos decir que si ambos procesos fueran adecuados para la elaboración de un determinado producto, el moldeo por inyección es el indicado para la producción en masa, mientras que el termoformado sería el conveniente para la producción en pequeña escala. Esto, sin embargo, no implica que el termoformado no sea adecuado para la producción en gran escala. Existen ciertas características de diseño que pueden ser llevadas a cabo mas facilmente mediante el formado que por el moldeo. Las partes con areas muy grandes como los revestimientos interiores de las puertas de los refrigeradores son mucho mejor producidas por formado. Los artículos formados con secciones de pared delgadas tienen mucho mayor resistencia al impacto que los productos similares moldeados por inyección.

Una parte moldeada no puede ser predecorada, mientras que las capas formadas en las que se incluyen señales de exposición, frecuentemente son impresas en las láminas en forma plana antes de ser formadas. Las partes formadas están mas libres de deformaciones internas.

Los artículos termoformados los encontramos por todos lados,

GUIA PARA LOS LAMINADOS PLASTICOS.

NOMBRE DEL PLASTICO.	METODO DE FORMADO.	COSTO DE LA LAMINA.	CLARIDAD.	COLOR.	ACABADO.	CARACTERISTICAS ESPECIALES DE FORMADO.
ACETATO DE CELULOSA.	Fund. Extr.	Medio.	Transp.- -opaco.	Ilimi- tado.	Brill.- -mate.	Muy fácil de formar.
BUTIRACETATO DE CELULOSA.	Extr.	Medio- -alto.	Transp.- -opaco.	Ilimi- tado.	Brill.- -mate.	Buenas cualidades de estampado profundo.
ACRILICO	Fund. Extr.	Alto. Medio.	Transp.- -opaco.	Ilimi- tado.	Brill.	Mayor fuerza para formado. Buenos para -soplado libre.
VINILICOS:						
RIGIDO.	Cal. Extr. Lamin.	Medio- -alto.	Transp.- -opaco.	Ilimi- tado.	Mate.	Extensión muy consistente. Buenos para -preimpresión.
FLEXIBLE.	Calan. Fund.	Medio- bajo.	Transl.- -opaco.	Ilimi- tado.	Satina- do.	
ESTIRENOS:						
COPOLINERO.	Extr.	Bajo.	Opaco.	Ilimi- tado.	Mate- -brill.	Máxima tolerancia para el -control del calor. Fáciles de formar.
ALTO IMPACTO.	Extr.	Bajo.	Transl.- -opaco.	Ilimi- tado.	Mate- -brill.	
COMBINACIONES.	Cal. Lamin.	Medio.	Opaco.	Ilimi- tado.	Mate- -granoso.	Mas rígido para formar que otros estirenos.
POLIETILENO:						
BAJA DENSIDAD.	Extr.	Bajo.	Transl.- -opaco.	Colores lechosos	Mate- -brill.	Requieren de un control de calor muy cerrado.
ALTA DENSIDAD.	Extr.	Medio.	Transl.- -opaco	Colores lechosos	Brill.	

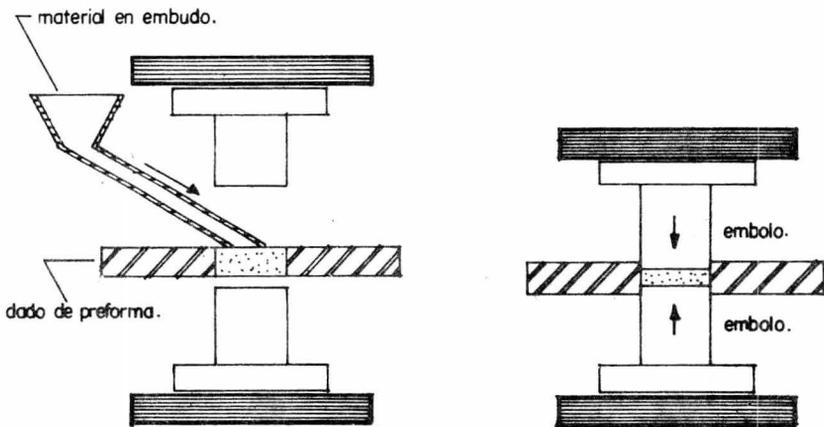


FIG. 25 DIAGRAMA DE LA ALIMENTACION POR GRAVEDAD PARA EL PREFORMADO.

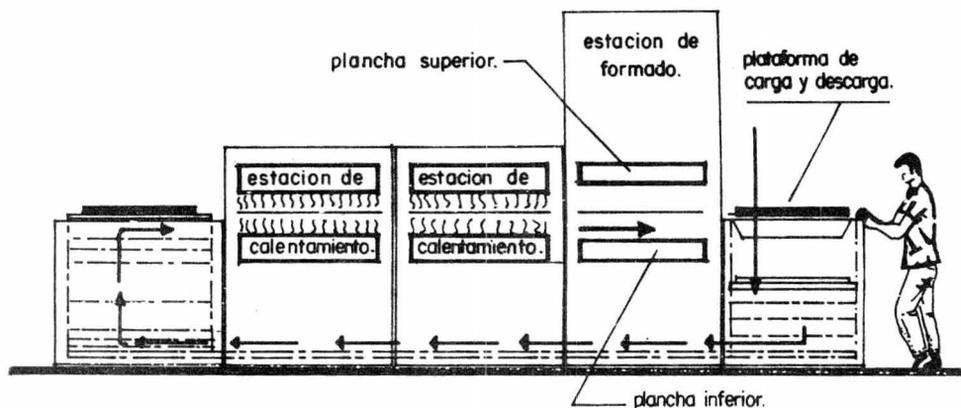


FIG. 26 AQUI SE MUESTRA COMO UN SOLO OPERADOR POR EL METODO DE FORMADO OBTIENE UNA ALTA PRODUCCION DE PARTES INDUSTRIALES, EN UN ESPACIO REDUCIDO.

ya sea como productos industriales o para el consumo. Los encontramos como partes para aparatos de televisión, cubiertas para máquinas lavadoras, en refrigeradores y congeladores, etc.

Los automoviles contienen partes formadas tales como los tableros para instrumentos, los descansos para brazos, techos y paneles para puertas.

La industria del alumbrado hace uso extensivo del termoformado. Los grandes tipos de difusores de luz hechos de plástico son superiores a los vidrios y mas fáciles de hacer.

El formado es idealmente adecuado para la publicidad. La facilidad con que se pueden preimprimir señales y exposiciones en los formados, además de su bajo costo, ha hecho del formado un importante proceso para la fabricación de anuncios.

Los empaques de termoformados transparentes son competitivos en precio con los contenedores de papel, siendo además más atractivos y protegen la mercancía contra las manchas y deterioros. Frecuentemente, estos sirven como contenedores para objetos después de la compra.

La industria de la aviación fue una de las primeras en emplear el formado. Las excelentes propiedades físicas y ópticas de los formados acrílicos han especificado su uso como parabrizas y muchas partes interiores, tales como tableros, descansos para brazos y bandejas de servicio.

4.5.- PROCESOS DE REFORZADO.

Técnicamente, un plástico reforzado es cualquier resina plástica, la cuál es fortalecida por las propiedades de un material de reforzado. Los laminados plásticos de alta presión que se trataron en la sección de moldeo, son propios de esta descripción.

No obstante, en la industria, el término "plástico reforzado" ha venido a significar el resultado del uso de resinas plásticas para unir o enlazar varias fibras, tejidos, esteras o hilos, comunmente hechos de fibra de vidrio.

Los manufactureros emplean muchos métodos de reforzado. Algunos presentan características del moldeo y otros de fundición.

Para evitar confusiones es por eso que se presentan como un -

solo grupo de procesos, mejor que incluirlos en las secciones de -
moldeo y de fundición.

Sus aplicaciones son llamadas:

- 1.- Moldeo por contacto.
- 2.- Rociado.
- 3.- Moldeo en partes acopladas.
- 4.- Moldeo de premezclado.
- 5.- Fundición en bolsas al vacío.
- 6.- Fundición en bolsas a presión.

En esta sección se discuten cada uno de los tipos individuales de reforzado, refiriéndose al proceso, ilustrando el equipo - básico que se involucra y describiendo algunas de las características y aplicaciones del proceso.

4.5.1.- MOLDEO POR CONTACTO.

DESCRIPCION DEL PROCESO.

Un molde individual se cubre con un agente desalojador para - prevenir que la resina se pegue. Sobre la superficie del molde se rocía o se esparce con brocha o rodillo la resina plástica en forma líquida, generalmente poliesteres o epóxicos, hasta recubrirla.

Capas de tela o esteras, generalmente fibra de vidrio, son impregnadas con resina y colocados sobre el molde. La superficie se presiona para extraer las burbujas de aire, con un rodillo.

La resina se endurece y se cura a la temperatura ambiente o - en un horno. Finalmente, el fundido ya terminado es removido del molde.

DESCRIPCION DEL EQUIPO.

El equipo requerido para el moldeo por contacto es el más simple de todos los procesos. De esta manera han llegado a ser procesos de "hagalo Ud. mismo". Todo lo que se necesita es un molde - que bien puede estar hecho de madera, yeso, metal o plástico; varios cepillos o brochas, rodillos o escobillas de goma, para la aplicación de la resina, y contenedores para hacer el mezclado de - la resina, activador y acelerador.

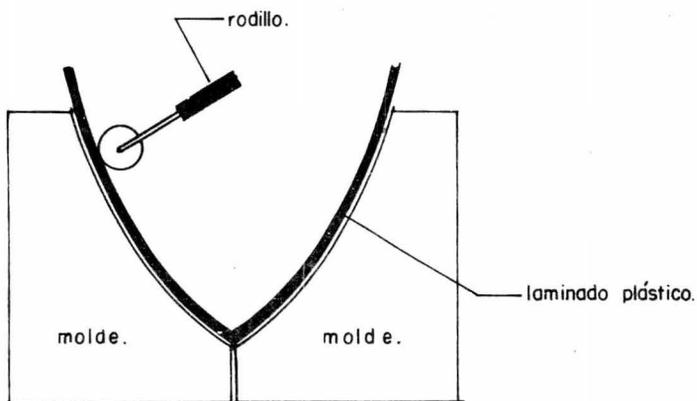


FIG. 27 REFORZADO.- MOLDEO POR CONTACTO.

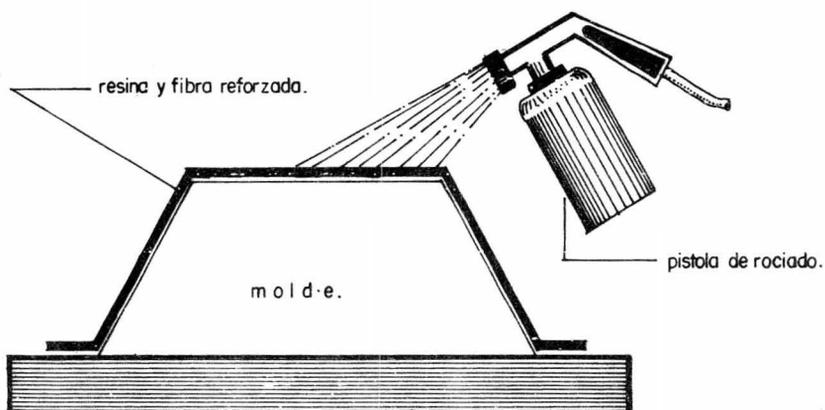


FIG. 28 REFORZADO.- ROCIADO.

SECUENCIA DEL MOLDEO POR CONTACTO DE LAMINADOS PLASTICOS.

El más simple y económico procedimiento para obtener laminados plásticos, es el denominado moldeo por contacto. Este consiste en la aplicación de un material reforzado a la forma de un molde y la aplicación de una resina, ocasionando que adhiera dicha forma. El procedimiento que se menciona a continuación se aplica al uso de fibra de vidrio, tela o estera como agente de reforzamiento y a resinas epóxicas y poliéster como material plástico.

1.- PREPARAR EL MOLDE. Se utiliza para esto un molde sencillo que bien puede ser hecho de madera, yeso, plástico o metal. Su superficie debe estar completamente sellada con barníz o laca.

2.- APLICAR UN AGENTE DESALOJADOR AL MOLDE. Este agente varía de acuerdo con la resina que se utilice.

3.- APLICAR UNA CUBIERTA A LA SUPERFICIE. Para proveer de una superficie lisa, libre de texturas al laminado final, primero debe aplicarse al molde una cubierta de resina de 1/32 a un/16 de pulgada. Con los epóxicos se utiliza una cubierta especial de resina sobre la superficie; con los poliésteres se emplea la resina laminada. Si se desea obtener color, este debe ser aplicado a la cubierta de la superficie antes de la aplicación.

a.- Medir las cantidades adecuadas de resina y catalizador.

b.- Mezclar la resina y el catalizador.

c.- Aplicar la cubierta a la superficie de todo el molde. Esta puede ser aplicada con cepillo, rodillo o rociado.

4.- REDONDEAR LOS FILOS Y LAS PROYECCIONES. Preparar una mezcla como masa de resina, catalizador y fibra de vidrio picada para redondear cualquier filo o proyecciones delgadas. Esto agrega resistencia y reduce la posibilidad de que se formen bolsas ricas en resina durante el laminado.

5.- PERMITIR QUE LA CUBIERTA DE LA SUPERFICIE SE HAGA PEGAJO-SA. La cubierta de la superficie debe estar lo suficientemente seca para que no se rompa durante las subsecuentes aplicaciones. Algunos manufactureros recomiendan que la cubierta de la superficie se deje secar completamente y entonces hacerlo aspero con fino papel abrasivo para proveer de un buen enlace con las capas sucesivas.

6.- PREPARAR EL MATERIAL DE REFUERZO. Cortar las capas necesarias de vidrio, tela o estera en la medida y forma deseada.

7.- MEZCLAR LA RESINA Y EL CATALIZADOR. Con los epóxicos se agrega un endurecedor, con los poliesteres frecuentemente se agrega un endurecedor y un activador.

8.- APLICAR LAS CAPAS DE RESINA Y REFORZADOR. Aplicar cuidadosamente la resina sobre el vidrio, tela o estera, remover todas las burbujas que se formen con un cepillo o rodillo. Aplicar mas resina si es necesario, pero recordar siempre que la cantidad adecuada de resina es la suficiente para impregnar completamente la tela. Es el vidrio el que provee de resistencia, un exceso de resina debilita la parte. Agregar las sucesivas capas de reforzamiento y resina, sin esperar que cada capa se endurezca antes de la siguiente aplicación.

9.- PERMITIR QUE SE ENDUREZCA. Las resinas poliester y epóxicas se endurecen completamente en una a doce horas. Las condiciones secas y calientes aceleran el proceso. Cuando la superficie de la parte no está muy pegajosa al tacto, entonces está lo suficientemente dura como para removerla del molde.

10.- REMOVER LA PIEZA DEL MOLDE. Aún cuando haya sido aplicado cuidadosamente el agente desalojador al molde, existe una buena cantidad de tensión superficial que se resiste a remover la pieza. Entonces, ya sea removiendo con un cincel o soplando aire a presión entre el molde y la pieza, ésta se extrae del molde.

4.5.2.- ROCIADO

DESCRIPCION DEL PROCESO.

Se recubre el molde individual con un agente desalojador para evitar que la resina se pegue. Con una pistola a presión de 2 o 3 orificios se rocian cantidades medidas de la resina, catalizador, activador y las porciones de fibra de vidrio, sobre la superficie hasta tener el espesor requerido.

Se permite que el material se endurezca y cure a la temperatura ambiente o en un horno. Finalmente, la parte ya curada, se remueve del molde,

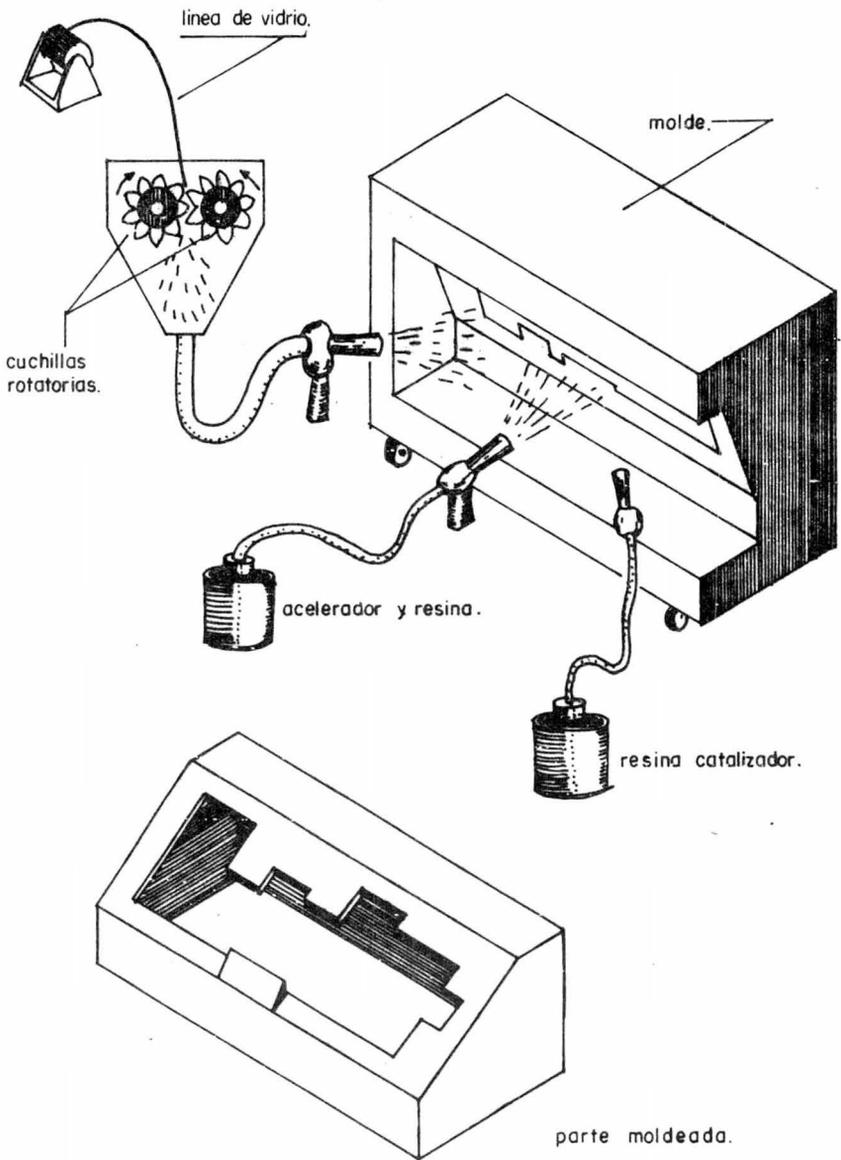


FIG. 29 OPERACION DE ROCIADO EN MOLDES ABIERTOS.

DESCRIPCION DEL EQUIPO.

Los moldes para el rociado son similares a los que se emplean en el moldeo por contacto.

Existen muchos tipos de pistolas para el rociado en el mercado. Son ligeramente diferentes a las empleadas para el rociado de pinturas. Un tipo de ellos, por ejemplo, rocía la resina y el activador por un orificio, resina y activador por otro, y la fibra de vidrio por un tercer orificio.

La resina se fija muy lentamente en la presencia del activador o del catalizador, pero muy rápidamente cuando los tres son mezclados en el momento de depositarlos.

Otro tipo de pistola, deposita un continuo hilo de vidrio, en lugar de las porciones de fibra, y pueden ser adaptadas para depositar algún tipo de relleno tal como aserrín o mica.

SECUENCIA DEL ROCIADO DE LAMINADOS PLASTICOS.

El rociado y el moldeo por contacto son similares en algunas cosas, pero difieren en dos aspectos. En las técnicas de rociado, las resinas se aplican con una pistola de rociado en lugar de con un cepillo o rodillo como en el moldeo por contacto y en segundo término, el reforzado se aplica en forma de fibra de vidrio picada y no en forma de telas o esteras.

1.- PREPARAR EL MOLDE. Se utiliza el mismo tipo de herramientas que en el moldeo por contacto.

2.- APLICAR DESALOJADOR A TODAS LAS SUPERFICIES DEL MOLDE.

3.- ROCIAR LA SUPERFICIE. Mezclar cualquier color que se desee con la resina para la cubierta de la superficie. Rociar una capa delgada sobre todas las superficies del molde. Para esto se utiliza una pistola de rociado estandar, con una presión y boquilla adecuadas para el tipo de resina que se está empleando.

4.- ROCIAR LAS CUBIERTAS NECESARIAS DE RESINA Y FIBRA PICADA. Se utiliza para esto un sistema de dos boquillas para obtener el espesor deseado. Colocar la pistola de rociado en tal posición que siempre formen angulos rectos el rociado con la superficie que se está rociando. No es necesario esperar que se endurezca cada -

cubierta para aplicar la otra.

5.- QUITAR LAS VARIACIONES EN LA SUPERFICIE. Utilizando un rodillo de hule se extraen las pequeñas burbujas de aire que se han formado y se le dá una suave textura a la superficie.

6.- PERMITIR QUE SE ENDUREZCA Y REMOVERLO DEL MOLDE. Cuando la superficie ya no se siente pegajosa, este puede ser removido del molde.

4.5.3.- MOLDEO EN PARTES ACOPLADAS.

DESCRIPCION DEL PROCESO.

Los moldes acoplados son recubiertos por un agente desalojador. El material de reforzado en forma de fibra o estera es preformado a la forma aproximada del producto final. El material preformado es entonces colocado en una de las mitades del molde y agregada la resina. Las dos mitades del molde son presionadas y juntadas, se calientan, dando lugar a que la resina fluya, impregnando la preforma, endureciendose y curandose. Después del curado el molde es abierto y la parte removida.

DESCRIPCION DEL EQUIPO.

El equipo para el moldeo en partes acopladas es muy similar al empleado en el moldeo por compresión. Frecuentemente se utilizan moldes metálicos. Ellos son presionados mediante prensas hidráulicas o mecánicas de 25 a 300 toneladas de capacidad.

El calor necesario para el endurecimiento y curado, se aplica a través del molde por medio de electricidad o vapor.

4.5.4.- MOLDEO DE PREMEZCLADOS.

DESCRIPCION DEL PROCESO.

Un conjunto de moldes de partes acopladas se recubre por un agente desalojador para prevenir que se pegue la resina. En algunos casos se coloca un lubricante en el compuesto a moldearse, lo cuál elimina los problemas de desalojo.

Se mezclan fibras de vidrio con la resina para formar una ma-

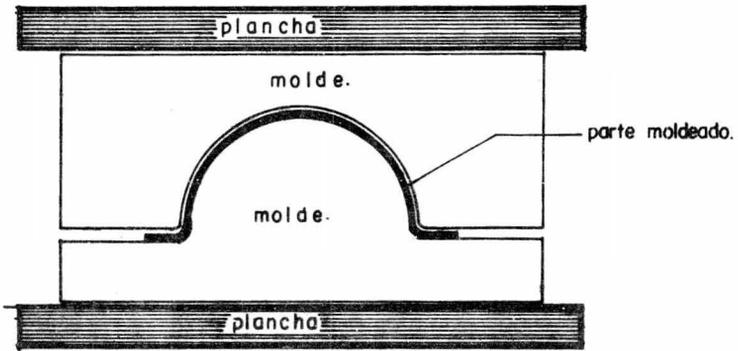


FIG. 30 REFORZADO.- MOLDEO EN MOLDES ACOPLADOS.

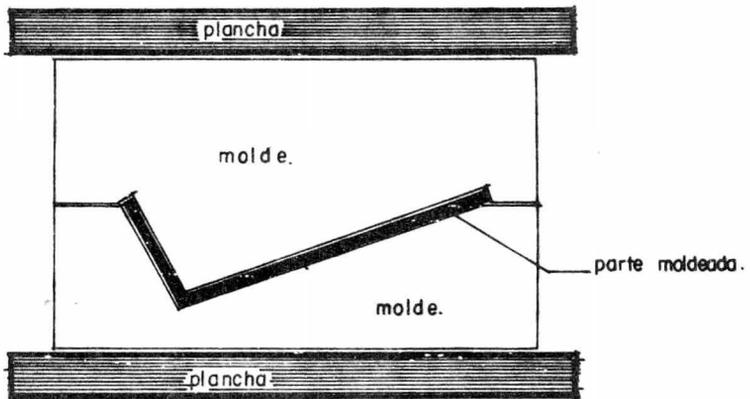


FIG. 31 REFORZADO.- MOLDEO DE PREMEZCLAS.

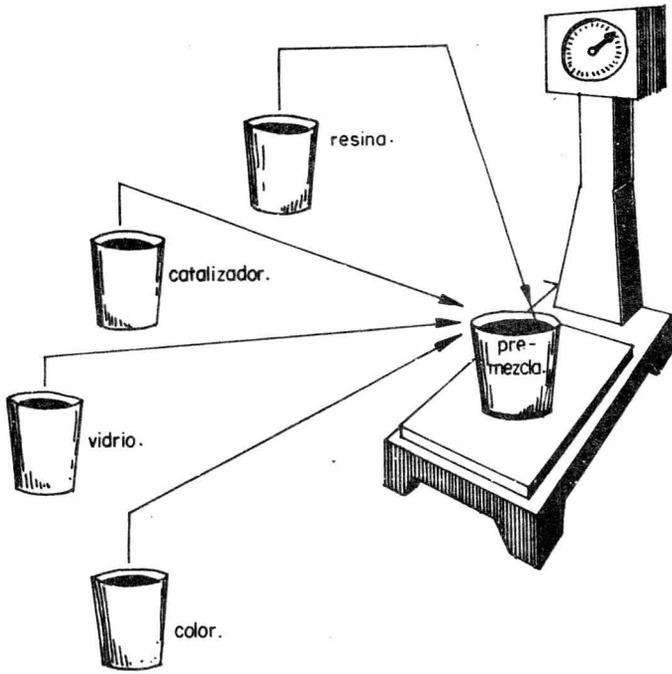
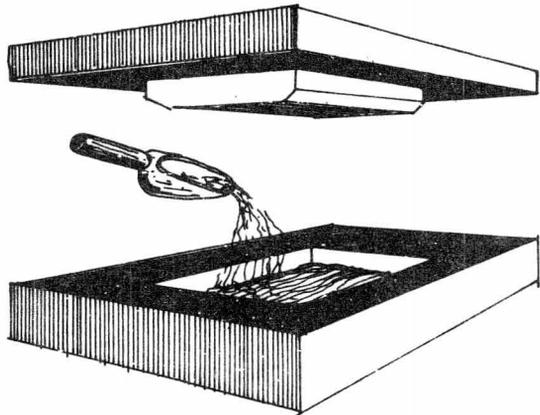


FIG. 32 OPERACION DEL MOLDEO DE PREMEZCLAS EN MOLDES ACOPLADOS.



sa de apariencia al masticque, que es a lo que se llama una premezcla.

Una cantidad predeterminada de premezcla es colocada en la cavidad del molde.

El molde es cerrado bajo calor y presión, ocasionando que la resina y la fibra fluyan, se endurezcan y curen. Después del curado, la parte es removida.

DESCRIPCION DEL EQUIPO.

El equipo de prensado y moldeo para el moldeo de premezclado es igual que el que se utiliza en el moldeo en partes acopladas. El equipo de mezclado es obligado a medir las cantidades correctas de fibra, resina y de premezcla. Se dispone de muchas premezclas.

4.5.5.- MOLDEO EN BOLSAS A PRESION.

DESCRIPCION DEL PROCESO.

Se colocan en un molde la resina y el reforzamiento o sobre una bolsa de hule parcialmente inflada, en una forma similar a la que se emplea en el rociado o en el moldeo por contacto.

La bolsa es colocada en la cavidad del molde con la resina y el reforzamiento entre la bolsa y el molde.

La bolsa es entonces inflada con una presión de aire de 20 a 50 psi. Esto obliga a la bolsa, la resina y el reforzamiento a adoptar el contorno del molde.

Se mantiene la presión hasta que la resina se endurece. La bolsa es entonces desinflada y la parte removida.

DESCRIPCION DEL EQUIPO.

La mayoría del equipo para el moldeo en bolsas a presión es elaborado en forma especial para un producto determinado. El molde empleado es frecuentemente hecho de metal o de plásticos reforzados.

Se emplean algunos recursos para sujetar la bolsa de hule a presión contra el molde y un compresor para inflar la bolsa.

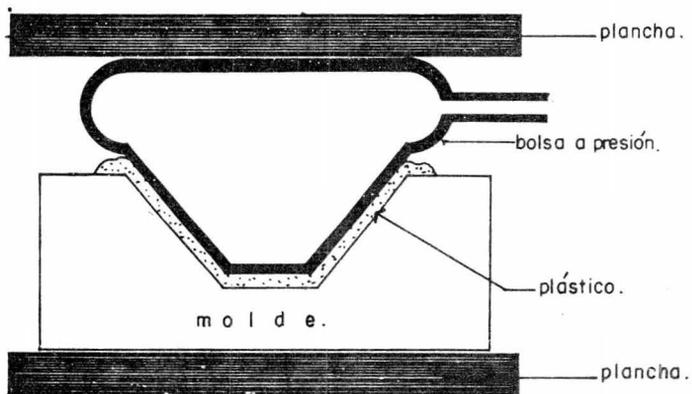


FIG. 33 REFORZADO.- MOLDEO EN BOLSA A PRESION.

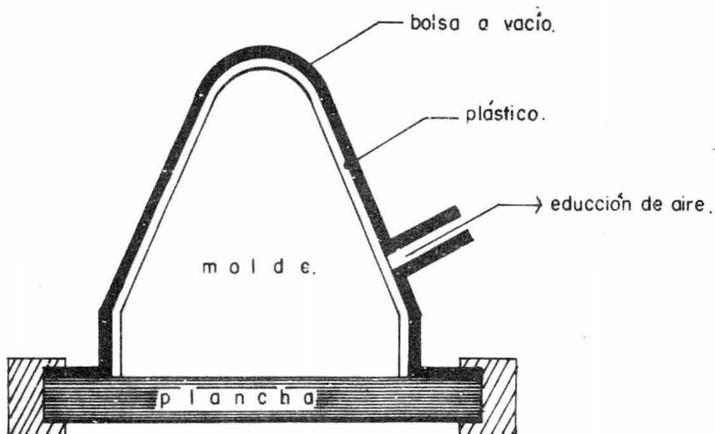


FIG. 34 REFORZADO.- MOLDEO EN BOLSA AL VACIO.

4.5.6.- MOLDEO EN BOLSAS AL VACIO.

DESCRIPCION DEL PROCESO.

La resina y el reforzamiento se colocan sobre el molde en forma similar a como se hace en el rociado o en el moldeo por contacto. El molde con la resina y el reforzamiento sobre él, es colocado en una bolsa o envoltura flexible hermética (a prueba de aire).

Se extrae el aire de la bolsa y la presión atmosférica fuerza la bolsa contra el molde, obligando al plástico reforzado a adquirir el contorno del molde. En algunos casos, es colocada la bolsa en un autoclave (o tanque a presión), lo cuál incrementa la presión sobre la superficie. El vacío se mantiene hasta que la resina se endurece. La bolsa es entonces abierta y removida, finalmente se extrae la parte del molde.

DESCRIPCION DEL EQUIPO.

Los moldes para el moldeo en bolsas al vacío pueden estar hechos de metal, plástico o madera. Las bolsas de vacío, comunmente están hechas de hule resistente y se emplea algún tipo de bomba de vacío para extraer el aire. Aquí, como en el moldeo en bolsas a presión, el equipo se hace especialmente para cada producto en particular.

4.6.- PROCESOS DE ESPUMADO.

Se llama espumado al grupo de procesos por medio de los cuales los plásticos celulares son convertidos en productos. Son adaptaciones de los procesos estandar de moldeo, fundición y formado. Debido a algunos detalles que los diferencian y a la importancia de este grupo de procesos es que se tratan por separado.

¿ Que es lo que causa que los plásticos se expandan o espumen? Son dos los métodos principales que se emplean: Físicos y químicos.

1.- En el espumado físico, el agente formador de celdas es un gas. Al hacerse el moldeo del material plástico, se incluye un gas comprimido o un líquido volátil. Cuando el material es calentado, el gas se expande y ocasiona que las particulas individuales del plástico se hinchen o espumen. El poliestireno expandible es uno

de los materiales plásticos comunmente expandidos de esta manera.

2.- En el espumado químico, el agente expansor es producido por la reacción de dos productos químicos. Los plásticos formados de esta manera son hechos por lo menos de dos componentes. Uno es la resina plástica y el otro es una mezcla de un catalizador y un producto químico el cuál reacciona con la resina o con algún aditivo para liberar un gas. Cuando los dos componentes son separados no se lleva a cabo ninguna reacción. Cuando son combinados, la mezcla resultante crea la espuma. La espuma de poliuretano es hecha de esta manera.

Los dos principales procesos de espumado son: El moldeo del poliestireno expandible y la fundición de poliuretano. Muchas variaciones se usan para otras espumas plásticas, pero estas dos representan una gran parte de las espumas que se producen y además muestran la forma típica de los procesos empleados.

4.6.1.- MOLDEO DE POLIESTIRENO EXPANDIBLE.

DESCRIPCION DEL PROCESO.

Se preexpanden las camas de estireno hasta alcanzar la densidad deseada (usualmente de 1 a 20 lb/ft). Las camas preexpandidas son entonces colocadas dentro de la cavidad de un molde cerrado. El molde es calentado a cerca de 275°F para expandir y fundir las camas. Después de la expansión se enfrían el molde y la parte para prevenir una expansión posterior y la distorsión resultante de esto. El molde es entonces abierto y la parte extraída.

DESCRIPCION DEL EQUIPO.

El equipo de producción para el moldeo de poliestireno expandible consiste de moldes de aluminio montados sobre una prensa, por lo que pueden ser fácilmente abiertos, cerrados y fuertemente prensados. Los lechos preexpandidos son soplados dentro de las cavidades del molde por medio de aire a presión. El calor es comunmente aplicado mediante vapor que es forzado a pasar dentro del molde mediante pequeños orificios.

PROPIEDADES DE LOS PRINCIPALES AGENTES DE ESPUMADO FISICO.

AGENTE DE ESPUMADO FISICO.	PESO MOLECULAR.	DENSIDAD A 25 C. (g/cm ³)	PUNTO DE EBULLICION. (°C)
PENTANO.	72.15	0.616	30-80
NEOPENTANO.	72.15	0.613	9.5
HEXANO.	86.16	0.658	65-70
ISOHEXANO.	86.16	0.655	55-62
HEPTANO.	100.20	0.680	96-100
ISOHEPTANO.	100.20	0.670	88-92
BENCENO.	78.11	0.874	80-82
TOLUENO.	92.13	0.862	110-112
CLORURO DE METILO.	50.40	0.952	-23.76
CLORURO DE METILENO.	84.94	1.325	40.0
TRICLOROETILENO.	131.40	1.466	87.2
DICLOROETANO.	98.97	1.245	83.5
DICLOROTETRAFLUOROETANO.	170.90	1.440	3.6
TRICLOROFLUOROMETANO.	137.38	1.476	23.8
TRICLOROTRIFLUOROETANO.	187.39	1.565	47.6
DICLORODIFLUOROMETANO.	120.90	1.311	-29.8

PROPIEDADES DE LOS PRINCIPALES AGENTES DE ESPUMADO ORGANICO.

DESCRIPCION QUIMICA.	TEMPERATURA DE DESCOMPOSICION EN EL AIRE. (°C)	RANGO DE DESCOMPOSICION EN LOS PLASTICOS. (°C)	RENDIMIENTO DE GAS. ml.(STP)/g	NOMBRE DE FABRICA.
N,N'-DIMETIL-N,N'-DINITROSOTREPTALAMIDA.	105	90-105	126	Nitrosan
AZOBISISOBUTIRO-NITRILLO.	115	90-115	130	Vazo, Poli-Zole AZ DN, GENITRON AZDN.
4,4' OXIBIS (BENCENSULFONIL HIDRACIDA).	150	130-140	125	Nitropore OB SH, Celogen OT, Genitron OE.
N,N' DINITROSOPENTAMETILENTERAMINA.	195	130-190	265	Unicel ND, 100; Opex 42 93 y 100.
AZOBISFORMAMIDA (AZODICARBONAMIDA).	195-200	160-200	220	Kempore, Celogen AZ, Azocel, Genitron AC.
P-TOLUEN SULFONIL SEMICARBAZIDA.	235-237	225-235	146	Celogel RA.
5 FENIL TETRAZOL	240-250	240-250	190	Expander OX-5 PT.
TRIHIDRACINO TRIAZINA.	275	265-290	225	Genitron THT.

El enfriado se lleva a cabo haciendo circular agua fría alrededor del molde. Las partes moldeadas son extraídas haciendo circular aire a presión o agua a través de los orificios del vapor en el molde después que este ha sido abierto.

SECUENCIA DEL MOLDEO DE POLIESTIRENO EXPANDIBLE.

- 1.- PRE-EXPANDER LAS CAMAS. Las camas del material deben ser pre-expandidas hasta alcanzar la densidad deseada. Después de esta operación, es aconsejable esperar unas veinticuatro horas antes de usarlas.
- 2.- PREPARAR EL MOLDE. Asegurarse de que todos los hoyos para el vapor permanecen abiertos. Rociar el interior del molde con silicónes, lo cuál actúa como agente desalojador, cada ocho o diez ciclos.
- 3.- CARGAR EL MOLDE. Llenar la cavidad del molde con las camas preexpandidas. En algunos tipos de moldes, las camas son simplemente colocadas dentro de la cavidad. En moldes más complejos con secciones de pared delgadas y grandes, es conveniente soplar las camas utilizando aire a presión. Esto puede ser llevado a cabo utilizando una pistola de rociado con una presión de 35-50 lb/in². Asegurarse de que el molde ha sido completamente llenado.
- 4.- EXPANDER LAS CAMAS. Colocar el molde cargado dentro de un autoclave y ejercer la presión de vapor en la cantidad deseada. Usualmente se requiere un máximo de 35 psi y en algunos objetos puede ser necesario sólo unas 10 o 12 psi. Por lo general no se necesita ejercer dicha presión por más de uno a cinco minutos.
- 5.- ENFRIAR EL MOLDE. Remover el molde del autoclave y enfriarlo sumergiéndolo en agua fría.
- 6.- EXTRAER LA PARTE MOLDEADA DEL MOLDE. Abrir el molde y remover la parte. Si el plástico se ha expandido dentro de los hoyos de vapor, puede ser necesario soplar aire a presión para remover la parte.

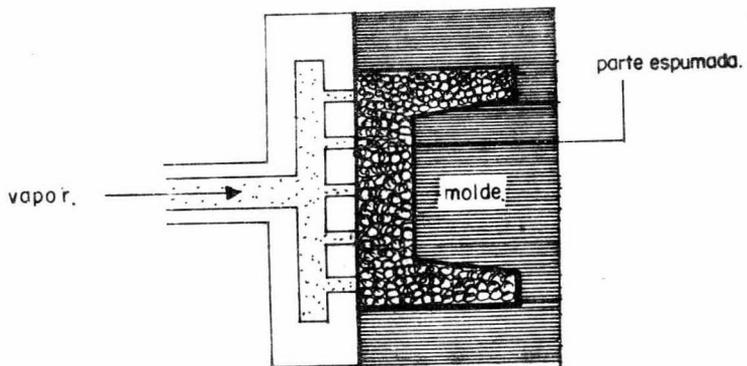


FIG. 35 MOLDEO DE POLIESTIRENO EXPANDIBLE.

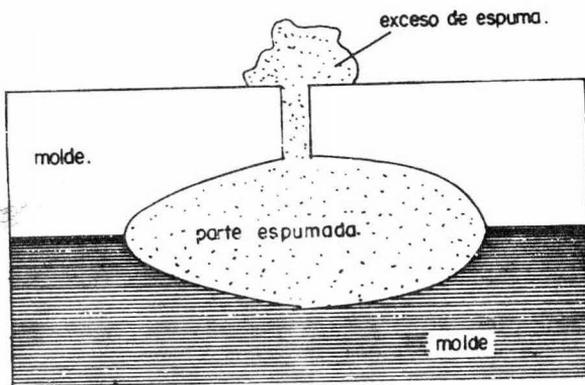


FIG. 36 FUNDICION DE ESPUMA RIGIDA DE URETANO.

4.6.2.- FUNDICION DE ESPUMA DE URETANO.

DESCRIPCION DEL PROCESO.

Este proceso consiste en mezclar la resina y el agente espumante en proporciones adecuadas, cargandolos dentro de un molde cerrado, permitiendo que estos se espumen y llenen los huecos del molde. Algunas veces se auxilia la acción de cuarado mediante calor, posteriormente se abre el molde para extraer la parte terminada.

En algunas aplicaciones, los plásticos son espumados en el lugar que se van a utilizar. Una de tales aplicaciones es la formación de compartimientos de flotación en botes y lanchas; el plástico es colocado dentro de un compartimiento en el bote, permitiendo que se espume y llene el hueco. Se adhiere así a las paredes de la cavidad proporcionandole soporte y ligereza.

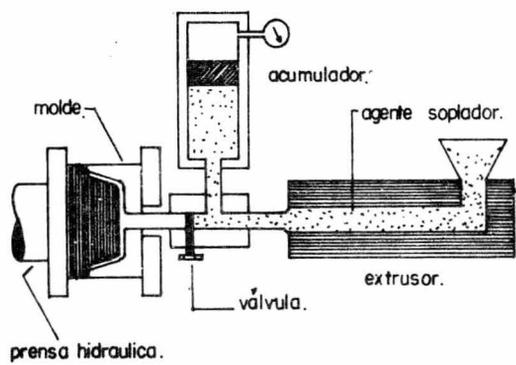
DESCRIPCION DEL EQUIPO.

El equipo necesario consiste en alguna clase de molde que pueda ser cerrado fuertemente y algunos recursos para medir, mezclar y colocar el compuesto espumante. Los moldes son frecuentemente montados en una prensa para facilitar el abrir y cerrar, además de proveer de soporte para el plástico expandido.

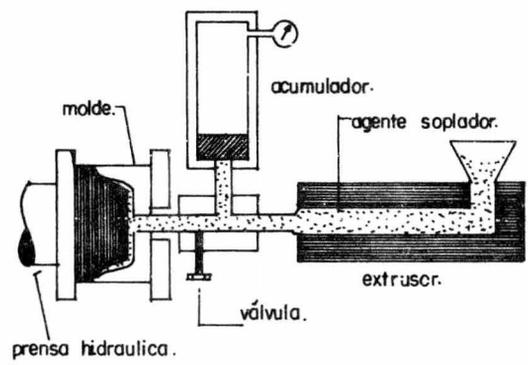
A veces la espuma puede ser mezclada en porciones individuales y colocada dentro del molde, para el trabajo de producción los materiales son mezclados continuamente al estar siendo cargados dentro del molde. Para las aplicaciones de espumado-em-lugar, la espuma es mezclada continuamente y forzada por medio de una pistola de presión. Esto resulta muy económico y conveniente, sólo las cantidades requeridas del plástico es espumada conforme se vaya necesitando.

CARACTERISTICAS Y APLICACIONES.

Muchos plásticos son espumados, tanto termoplásticos como termofijos. Dos de las espumas mas comunes son de estirenos y uretanos, pero los vinílicos, epóxicos, polietileno, silicones, celulósicos y fenólicos son también expandidos.



A.- LLENADO DEL ACUMULADOR.



B.- LLENADO DEL MOLDE.

FIG. 37 PROCESO DE MOLDEO DE ESPUMA ESTRUCTURAL.

Cualquier forma puede ser producida, ya sea por moldeo o fundición de espumas. El material es muy fluido durante el procesado y puede llenar cualquier hueco en el molde. La forma del artículo es principalmente controlada por su uso futuro mas que por limitaciones del proceso.

El moldeo de espuma es adecuado para la producción en masa de grandes volúmenes con máquinas automáticas. Los moldes no necesitan ser excesivamente fuertes o duros, debido a que las fuerzas - que actúan sobre ellos durante el procesado usualmente no son mayores de 50 psi y los materiales no presentan efectos abrasivos. - Los moldes de aluminio son los que se utilizan mas frecuentemente.

Los productos espumados moldeables mas familiares para el consumidor son los empaques para artículos frágiles, juguetes flotadores, boyas, protecciones para techos y paredes y artículos decorativos.

La espuma fundida es adecuada para llenar huecos donde la costra alrededor del hueco sirve como molde.

Las cámaras de flotación en botes son frecuentemente llenadas con espuma de uretano, colocando la espuma dentro del espacio y - permitiendo que se expanda. Esto proporciona rigidez a las paredes y provee de flotación frecuentemente si la cámara es horadada.

Las excelentes propiedades aislantes de las espumas, aunadas a la facilidad de trabajarlas ha hecho que las espumas plásticas - sean muy usadas en el cuerpo de carros refrigerantes, lo mismo que en los refrigeradores del hogar. La facilidad con la cuál una capa delgada continúa de aislante puede ser colocada en la pared del refrigerador los hace ideales para la producción en masa.

SECUENCIA DE LA FUNDICION DE ESPUMA DE POLIURETANO RIGIDO.

La fundición de espuma de poliuretano es una de las más simples operaciones de moldeo. Consiste en mezclar dos productos químicos, colocarlos dentro de un molde cerrado, permitiendo que la - mezcla se expanda y llene el molde y dejarlo curarse.

1.- PREPARAR EL MOLDE. Limpiar cuidadosamente las superficies del molde. Aplicar cera a todas las superficies del molde para a-

segurar un fácil desalojamiento.

- 2.- MEDIR LAS CANTIDADES REQUERIDAS DE LOS COMPONENTES. Generalmente los proveedores del material proporcionan los datos de las cantidades adecuadas para producir una correcta densidad. Colocar las cantidades medidas en contenedores separados hasta que estén listas para mezclarse.
- 3.- SI ASI SE DESEA, AGREGAR COLOR A LA RESINA. El color deberá ser completamente mezclado con la resina, antes de que sea agregado el catalizador.
- 4.- COMBINAR LOS COMPONENTES. El catalizador es generalmente mas delgado que la resina, por lo que es más fácil verterlo.
- 5.- MEZCLAR. Para esto, generalmente se utiliza un mezclador mecánico.
- 6.- COLOCAR LA MEZCLA DENTRO DEL MOLDE. En muchos casos la mezcla puede ser colocada directamente en una de las mitades del molde. En otros puede ser colocada a través de un tubo de unión dentro del molde ya cerrado.
- 7.- CERRAR Y SUJETAR EL MOLDE. Debido a que la expansión de la es puma crea una buena cantidad de presión, es necesario sujetar firmemente las partes del molde para evitar escurrimientos.
- 8.- PERMITIR EL ESPUMADO. Si están presentes las cantidades adecuadas de espuma, algún exceso puede aparecer a través del tubo de contacto y los orificios de venteo. La reacción que se lleva a cabo es exotérmica y el molde se calentará cuando tenga lugar el espumado.
- 9.- PERMITIR EL CURADO. Los proveedores generalmente dan las instrucciones para determinar el tiempo de curado del material. Usualmente una hora resulta suficiente.
- 10.- EXTRAER LA PARTE DEL MOLDE. Abrir las partes del molde y remo ver la parte. En algunos casos puede ser necesario utilizar algún tipo especial de eyector.

4.7.- SUMARIO DE LOS PROCESOS.

A continuación se establece un cuadro comparativo de los distintos procesos que se señalan en este capítulo, en función de los requerimientos de temperatura y presión, el tipo de recurso que se

emplea para dar forma al material plástico, el estado físico de es te durante las distintas etapas del proceso y el tipo de materiales que se utilizan principalmente en cada proceso.

4.7.1.- MOLDEO POR COMPRESION.

- a).- TEMPERATURA REQUERIDA. 280-380°F (molde)
- b).- FUERZA REQUERIDA. 2000-15000 psi.
- c).- RECURSO PARA DAR FORMA. Moldes acoplados.
- d).- ESTADO FISICO DEL MATERIAL.
AL INICIAR EL PROCESO. Sólido, polvo o comprimido.
DURANTE EL PROCESO. Líquido o sólido blando
AL FINALIZAR EL PROCESO. Sólido.
- e).- MATERIALES UTILIZADOS. Termofijos; fenólicos, alquídicos, melamina, urea. Termoplásticos; vinílicos, estirenos.

4.7.2.- MOLDEO POR TRANSFERENCIA.

- a).- TEMPERATURA REQUERIDA. 280-380°F (cámara de transferencia y molde).
- b).- FUERZA REQUERIDA. 6,000-12,000 psi.
- c).- RECURSO PARA DAR FORMA. Molde cerrado, tubo de unión y cámara de transferencia.
- d).- ESTADO FISICO DEL MATERIAL.
AL INICIAR EL PROCESO. Sólido, polvo o comprimido.
DURANTE EL PROCESO. Líquido.
AL FINALIZAR EL PROCESO. Sólido.
- e).- MATERIALES UTILIZADOS. Termofijos; Fenólicos, alquídicos, melamina y urea.

4.7.3.- MOLDEC POR INYECCION.

- a).- TEMPERATURA REQUERIDA. 300-650°F (cilindro), 100-140°F (molde).
- b).- FUERZA REQUERIDA. 5,000-40,000 psi.
- c).- RECURSO PARA DAR FORMA. Molde cerrado, conexión a la boquilla de inyección.
ESTADO FISICO DEL MATERIAL.
AL INICIAR EL PROCESO. Sólido

DURANTE EL PROCESO. Líquido.

AL FINALIZAR EL PROCESO. Sólido.

- e).- MATERIALES UTILIZADOS. Termoplásticos; Acrílicos, Fluorocarbónicos, nylon, polietileno, poliestireno y vinílicos.

4.7.4.- EXTRUSION

a).- TEMPERATURA REQUERIDA. 300-500°F (cilindro)

b).- FUERZA REQUERIDA. 500-6,000 psi.

c).- RECURSO PARA DAR FORMA. La apertura de un dado dá la forma de la sección transversal del extrusado.

d).- ESTADO FISICO DEL MATERIAL.

AL INICIAR EL PROCESO. Sólido.

DURANTE EL PROCESO. Líquido.

AL FINALIZAR EL PROCESO. Sólido.

- e).- MATERIALES UTILIZADOS. Termoplásticos; Acrílicos, celulósicos, fluorocarbónicos, nylon, estirenos, polietileno y vinílicos.

4.7.5.- MOLDEO POR SOPLADO.

a).- TEMPERATURA REQUERIDA. Frio-200°F (molde), 300-500°F - (parison)

b).- FUERZA REQUERIDA. 40-100 psi.

c).- RECURSO PARA DAR FORMA. Molde partido con hoyo.

d).- ESTADO FISICO DEL MATERIAL.

AL INICIAR EL PROCESO. Sólido reblandecido

DURANTE EL PROCESO. Sólido reblandecido

AL FINALIZAR EL PROCESO. Sólido.

- e).- MATERIALES UTILIZADOS. Termoplásticos; Polietileno — principalmente.

4.7.6.- CALANDREO.

a).- TEMPERATURA REQUERIDA. 300-400°F (rodillos)

b).- FUERZA REQUERIDA. Depende de la viscosidad del material de la longitud del rodillo y del diámetro.

c).- RECURSO PARA DAR FORMA. Pares de rodillos

- d).- ESTADO FISICO DEL MATERIAL.
AL INICIAR EL PROCESO. Líquido
DURANTE EL PROCESO. Líquido
AL FINALIZAR EL PROCESO. Sólido.
- e).- MATERIALES UTILIZADOS. Termoplásticos; Vínílicos, poli-
olefínicos, celulósicos y estirenos.

4.7.7.- LAMINADO.

- a).- TEMPERATURA REQUERIDA. 300-400°F
- b).- FUERZA REQUERIDA. 100-1,500 psi.
- c).- RECURSO PARA DAR FORMA. Comunmente se utilizan planchas
planas o patrones.
- d).- ESTADO FISICO DEL MATERIAL.
AL INICIAR EL PROCESO. Sólido o líquido.
DURANTE EL PROCESO. Líquido.
AL FINALIZAR EL PROCESO. Sólido.
- e).- MATERIALES UTILIZADOS. Termofijos; Fenólicos, melamina,
epóxicos, poliesteres.

4.7.8.- MOLDEO EN FRIO.

- a).- TEMPERATURA REQUERIDA. Temperatura ambiente para el -
prensado. 450°F, para el curado.
- b).- FUERZA REQUERIDA. 2,000-4,000 psi.
- c).- RECURSO PARA DAR FORMA. Moldes acoplados.
- d).- ESTADO FISICO DEL MATERIAL.
AL INICIAR EL PROCESO. Sólido
DURANTE EL PROCESO. Sólido
AL FINALIZAR EL PROCESO. Sólido.
- e).- MATERIALES UTILIZADOS. Termofijos; Fenólicos y bitumi-
nosos.

4.7.9.- FUNDICION.

- a).- TEMPERATURA REQUERIDA. Temperatura ambiente, frecuente-
mente se curan entre 200-300°F.
- b).- FUERZA REQUERIDA. Ninguna
- c).- RECURSO PARA DAR FORMA. Moldes abiertos o cerrados, con
un tubo de conexión.

- d).- ESTADO FISICO DEL MATERIAL.
AL INICIAR EL PROCESO. Líquido.
DURANTE EL PROCESO. Líquido.
AL FINALIZAR EL PROCESO. Sólido.
- e).- MATERIALES UTILIZADOS. Termoplásticos; Acrílicos, estirenos. Termofijos; Fenólicos, poliesteres y epóxicos.

4.7.10.- FUNDICION DE PLASTISOLES.

- a).- TEMPERATURA REQUERIDA. 250-350°F
- b).- FUERZA REQUERIDA. En algunos casos fuerza rotacional, - en otros no es necesaria ninguna fuerza
- c).- RECURSO PARA DAR FORMA. Patrón sólido o moldes partidos con hoyo.
- d).- ESTADO FISICO DEL MATERIAL.
AL INICIAR EL PROCESO. Líquido.
DURANTE EL PROCESO. Líquido.
AL FINALIZAR EL PROCESO. Sólido (frecuentemente flexible)
- e).- MATERIALES EMPLEADOS. Termoplásticos; suspensiones de resinas vinílicas en líquidos.

4.7.11.- TERMOFORMADO

- a).- TEMPERATURA REQUERIDA. 275-400°F
- b).- FUERZA REQUERIDA. de 5 o 10 psi. a muchos cientos de psi.
- c).- RECURSO PARA DAR FORMA. Patrón sólido o molde abierto.
- d).- ESTADO FISICO DEL MATERIAL.
AL INICIAR EL PROCESO. Sólido .
DURANTE EL PROCESO. Sólido reblandecido.
AL FINALIZAR EL PROCESO. Sólido.
- e).- MATERIALES UTILIZADOS. Termoplásticos; Celulósicos, vinílicos, estirenos, poliolefinicos, acrílicos.

4.7.12.- REFORZADO.

- a).- TEMPERATURA REQUERIDA. Temperatura ambiente, algunos se curan entre 200-300°F.

- b).- FUERZA REQUERIDA. En algunos casos ninguna, en otros muchos cientos de psi.
- c).- RECURSO PARA DAR FORMA. Patrones sólidos, moldes abiertos, moldes acoplados.
- d).- ESTADO FISICO DEL MATERIAL.
 - AL INICIAR EL PROCESO. Líquido
 - DURANTE EL PROCESO. Líquido.
 - AL FINALIZAR EL PROCESO. Sólido.
- e).- MATERIALES UTILIZADOS. Termofijos; Poliesteres, epóxicos, fenólicos, melamina, silicones, alquídicos, celulósicos.

4.7.13.- MOLDEO DE ESPUMAS.

- a).- TEMPERATURA REQUERIDA. 250-275°F
- b).- FUERZA REQUERIDA. Aprox. 50 psi. para mantener cerrado el molde.
- c).- RECURSO PARA DAR FORMA. Molde cerrado
- d).- ESTADO FISICO DEL MATERIAL.
 - AL INICIAR EL PROCESO. Camas rellenas de gas.
 - DURANTE EL PROCESO. Camas reblandecidas
 - AL FINALIZAR EL PROCESO. Sólido (celdas cerradas)
- e).- MATERIALES UTILIZADOS. Termoplásticos; principalmente - el poliestireno, vinílicos, polietileno, celulósicos.

4.7.14.- FUNDICION DE ESPUMAS.

- a).- TEMPERATURA REQUERIDA. Temperatura ambiente.
- b).- FUERZA REQUERIDA. Aprox. 50 psi. para mantener cerrado el molde.
- c).- RECURSO PARA DAR FORMA. Molde cerrado.
- d).- ESTADO FISICO DEL MATERIAL.
 - AL INICIAR EL PROCESO. Dos líquidos.
 - DURANTE EL PROCESO. Líquido.
 - AL FINALIZAR EL PROCESO. Sólido.
- e).- MATERIALES UTILIZADOS. Termofijos; Principalmente poliu, retano, epóxicos, silicones.

5.- ASPECTOS ECONOMICOS APLICADOS AL PROCESADO DE LOS MATERIALES PLASTICOS.

5.1.- GENERALIDADES.

Las aplicaciones actuales de los materiales plásticos representan construcciones que hace diez o veinticinco años podrían haber sido de madera, vidrio, bronce, zinc, aluminio o acero. ¿Por qué los plásticos están penetrando en áreas que una vez fueron completamente dominadas por otros materiales ?.

El análisis de un gran número de aplicaciones comunes de los materiales plásticos nos indica que siempre una construcción plástica se empleó, porque fué plenamente justificada por bases económicas o de calidad.

Un estudio posterior de esas partes nos ha revelado que los plásticos pueden ser competitivos con otras construcciones en base a su reemplazo directo de materiales, conversión de costos y simplificación de partes.

En algunas construcciones, tales como la de los materiales métálicos moldeados a matriz, no es factible producir una parte con secciones de pared muy delgadas. Tal vez, los requerimientos de diseño para una determinada parte indicarían la necesidad de un espesor de pared de 15 milipulgadas. Sin embargo, por las limitaciones del procesado de esta pieza, deberá fundirse con un mínimo de 40 a 60 milipulgadas de espesor. Este sería un claro ejemplo en el cuál la utilización de materiales plásticos encontraría un uso en base al remplazamiento en volumen.

Aún cuando el precio para cualquier artículo en base a su peso puede parecer alto, la conversión de este costo en base a unidad de volumen muestra a algunos materiales, y especialmente a los plásticos en una posición muy favorable.

Por lo tanto, en el caso de que una parte pueda ser fundida en metal o en materiales plásticos, existe una buena razón económica para la construcción de plásticos en una base equivalente de volumen.

La segunda area de motivos económicos para la construcción de plásticos cae en el costo de la conversión. En general, las Técni

cas del procesado de plásticos convierten la materia prima básica directamente en la parte acabada, con sólo una mínima necesidad de post-procesado u operaciones de acabado final.

Esta conversión puede ser significativa acerca de las proporciones relativamente altas de producción con un mínimo costo de mano de obra. En algunos casos, donde se requieren altos volúmenes de producción, un sólo operador puede atender de dos a diez máquinas.

Es reconocido que en la producción de ciertas partes, el diseño del artículo y el volumen de la producción pueden dictar la maquinación de la parte de la existencia básica, por ejemplo, varillas, tubos, etc., de la misma manera que puede producirse uno de metal.

Sin embargo, en los casos en donde se encuentran diseños complejos, las técnicas básicas del procesado de plásticos: Fundición, moldeo o Formado. Puede ser competitiva con Maquinado, Fundición o Formado de metales.

La tercer area de motivos económicos para las construcciones plásticas resulta de la simplificación del diseño de partes. Así, el nuevo diseño, generalmente es una construcción de una sola pieza. Por ejemplo, los engranes que antes se apilaban en un eje, ahora son moldeados en forma integral. En igual forma, los soportes y chumaceras son integrados en una sola unidad de construcción.

Una inmediata realización, tanto de las características de procesado como de las propiedades de los materiales, contribuyen a la simplificación del diseño.

Cuando se ha decidido que un material plástico puede ser utilizado en la producción de una determinada parte, se presentan una multiplicidad de problemas.

Estos problemas parten del hecho de que se tiene la oportunidad de escoger de una gran variedad de materiales, cada uno de los cuales puede ser procesado a su vez de distintas maneras.

La solución final a estos problemas, nos presenta un producto con las cualidades deseadas con respecto a su funcionalidad, apariencia y durabilidad. Sin embargo, la realización de esas cualidades no puede ser disociada del costo del artículo final. El - -

éxito consiste en producir una parte con las características o cualidades deseadas a un bajo costo.

En el caso del rediseño, debe de esforzarse en lograr una parte a mas bajo costo y al mismo tiempo mantener su calidad, o bien, mejorar la calidad de la parte sin incrementar el costo.

De cualquier manera, un buen diseño o ingeniería debe de optimizar la calidad de la parte y minimizar su costo.

En este capítulo se hará un esfuerzo por dar un conocimiento del costo de los productos plásticos y de los factores que contribuyen a dichos costos.

5.2.- COSTOS. (DISCUSION GENERAL)

Como ya se ha indicado previamente, el costo de un artículo - fabricado en un mercado competitivo depende del costo del material empleado, lo mismo que del método que se emplee para producir di-cho artículo.

El volumen de la producción es también un factor muy importan te en la determinación del costo, por lo que es usual dictar que - método de producción será empleado.

Con un conocimiento elemental de procesabilidad de materiales y las técnicas de procesado, es posible hacer una selección preliminar del método a emplearse en la fabricación del artículo que se está considerando.

Entonces, habiendo seleccionado los materiales plásticos y - los procesos, se hace una apreciación preliminar de los costos del material y de la parte que se está diseñando.

Esta estimación, generalmente está basada en los costos del - material multiplicados por un factor del rango de 1.5 a 10.

Los datos de los costos así obtenidos, aún cuando pueden parecer superficiales, resultan muy útiles al hacer la selección ini-cial de los materiales.

Una vez que el diseño es relativamente firme con respecto a - la configuración y el material, puede emprenderse una estimación - más refinada de los costos.

5.3.- ESTIMACIONES PRELIMINARES.

En la discusión general previa, se indicó que en los estados iniciales del diseño, el ingeniero se encuentra con que debe tomar una decisión en la selección del material. Las estimaciones hechas en esta fase preliminar son probablemente unas de las más útiles para el diseñador.

El costo final de la manufactura del producto es generalmente una aproximación razonablemente satisfactoria del "costo preliminar" de la parte.

Se ha visto, por ejemplo, que en el moldeo por inyección de partes plásticas, en un 98 % de los casos estudiados, el costo de las partes fue igual o menor a 2.75 veces el costo del material. Estos casos incluyen la producción de partes en un moderado o gran volumen (de 10,000 por año o más), sin tomar en cuenta los casos en que se presentaron espesores de secciones poco comunes, o se requirió de operaciones especiales de acabado.

Una estimación estadística más refinada permite observar una diferenciación de factores basada en rangos de peso del material para grupos de población estadísticamente pequeños.

Por ejemplo, el multiplicador para el 50 % de los casos, o sea la mitad de la muestra de la población, estuvo en el rango de 1.8 a 2.1, dependiendo esto del peso de la parte.

Es de sugerirse al diseñador o a la persona que desea hacer una estimación de costos, que establezca un ordenamiento sistemático para los costos de materiales y los costos típicos de las partes. Así, los precios de los materiales plásticos con los que se trabaja más usualmente, deberán mantenerse al corriente por contacto directo con los abastecedores o por referencia a las publicaciones técnicas en las que se incluyen dichos datos. Esta clase de información es relativamente fácil de establecer y mantener.

Otra parte de la información requerida al hacer nuestro estudio es el método de procesado, por ejemplo, moldeo por compresión, moldeo por inyección, etc.

Y finalmente, es necesaria la información del volumen de la producción (o tamaño del pedido), inclusión de costos de herramientas, requerimientos de acabado, etc., para completar la definición de la pieza.

Al empezar a hacer un estudio es posible que se encuentren algunas dificultades para obtener la información necesaria y frecuentemente se pierde mucho tiempo en acumular los datos necesarios.

Como una guía preliminar, a continuación se sugieren un rango de factores de acuerdo con los distintos procesos y materiales.

Historicamente, el costo del material ha sido un 40 ó 50 % - del precio en que el fabricante vende el producto terminado. Esto cubren a todos los materiales y procesos, y nos dá un conjunto inicial de factores en un rango de 2 a 2.5.

Generalmente, donde el costo del material es bajo, como lo es el caso de los fenólicos, poliestireno para propositos-generales, polietileno de baja densidad, etc., el rango del factor será mas - alto.

Los factores altos se aplican también cuando se tienen volúmenes de producción pequeños, cuando la productividad del equipo es - baja y cuando debe aplicarse a la pieza cierta mano de obra para - acabado final.

Los factores pequeños, por el contrario, se aplican cuando el costo del material es alto, cuando la producción se lleva a cabo - en gran volumen y cuando no se requieren de operaciones de post- procesado.

Con estos comentarios preliminares, los factores para los materiales con diferentes tipos de procesos que se muestran en la tabla siguiente, son los que se sugieren para el uso de la ecuación:

$$\text{PRECIO DE COMPRA} = \text{COSTO DEL MATERIAL} \times \text{FACTOR}$$

FACTORES PARA EL COSTO DE MATERIALES

	RANGO GENERAL	RANGO PROBABLE PARA EL PROMEDIO DE LAS PIEZAS.
MOLDEO POR COMPRESION	2.0 - 10.0	3.0 - 5.0
MOLDEO POR INYECCION	1.5 - 5.0	2.0 - 3.0
MOLDEO POR SOPLADO	1.5 - 5.0	2.0 - 3.0

PRECIO DE COMPRA = COSTO DEL MATERIAL X FACTOR

FACTORES PARA EL COSTO DE MATERIALES

	RANGO GENERAL	RANGO PROBABLE PARA EL PROMEDIO DE LAS PIEZAS.
EXTRUSION	2.0 - 5.0	3.0 - 4.0
TERMOFORMADO	2.0 - 10.0	3.0 - 5.0
CONSTRUCCIONES REFORZADAS	2.0 - 5.0	3.0 - 4.0

La elección de un multiplicador específico es un poco difícil. Por lo que deben sopesarse inteligentemente los distintos factores que contribuyen a establecer mejor el rango del factor.

El "Rango probable para el promedio de las piezas" ayuda mucho a estrechar el rango de la mayoría de los casos.

5.4.- ESTIMACIONES EN ORDEN DE MAGNITUD.

En la discusión general de costos, se indicó que los costos del material y del procesado son la mejor contribución para establecer el precio de compra de un determinado producto. Esta declaración requiere de una explicación más amplia.

Como los costos de procesado pueden estar compuestos de los costos de muchas operaciones, en cualquier intento para afinar una estimación, todas estas operaciones deben de ser consideradas.

El material puede requerir de un paso preparativo, tal como la conversión a preformas o láminas, anterior al paso de procesado básico del cual resulta la pieza final.

Siguiendo al procesado básico, pueden requerirse otros pasos tales como horadación, pulimentación, pintado, etc. Cada paso deberá ser analizado para determinar su contribución al costo final.

Otro costo, el cual ya fué brevemente tratado es el de las herramientas. Y aún cuando este costo no debe de ser incluido en

el precio de la pieza, puede ser un buen factor al determinar la pieza mas económica.

En las siguientes partes de este capítulo, se hace mención en detalles moderados de las distintas consideraciones asociadas con la estimación del costo de una pieza de material plástico.

5.5.- COSTO DEL MATERIAL.

Al considerar los costos de materiales para productos plásticos, debemos hacer dos divisiones primarias:

1.- El primer grupo consiste de los materiales con los cuales esta hecha la composición del plástico por si mismo. Ellos pueden ser materias primas o materiales no-convertidos tales como monómeros, catalizadores, plastificantes, resinas, pigmentos, estabilizadores, lubricantes, etc. Pueden ser también materiales convertidos como láminas, películas, varillas, tubos, barras, planchas, tejidos, filamentos, etc., sin importar cuál fué su forma inicial, ellos son convertidos por un medio u otro en la configuración deseada por el diseñador.

2.- El segundo grupo de materiales se refiera aquellos materiales utilizados en la conversión del material plástico en la configuración deseada, pero que no necesitan llegar a ser parte de ella. Tales materiales incluyen; láminas de escape, medios de soldadura, agentes de acabado de superficie (incluyendo pinturas, lacas, tintas, sustancias metalizantes, etc.), varias incersiones metálicas y sujetadoras, suministros para empaque y embarque, etc.

Debemos de reconocer que el primer grupo resulta ser de mayor importancia para el estimador. En los procesos de conversión, los materiales de desperdicio o rechazo de cierto tipo de resinas son irre recuperables o tienen muy poco valor de reclamo. Esta situación es típica en el moldeo de resinas termofijas o de ciertos materiales utilizados en construcciones reforzadas.

El rendimiento del material puede por lo tanto suponerse que va a ser algo menor que para las resinas termoplásticas, donde es regla el recuperado y reprocesado del material.

Dependiendo del tipo de procesado y de la parte misma, el rendimiento del material puede ser tan bajo como el 60 % para los ma-

PRECIO DE LOS PRINCIPALES MATERIALES PLASTICOS.
ESTADOS UNIDOS.

MATERIAL	DENSIDAD (g/cm ³)	PRECIO (C/lb)	PRECIO (C/in ³)
LDPE.	0.924	13.25	0.45
HDPE.	0.960	14.0	0.49
PE, GR.	1.280	41.0	1.90
POLIPROPILENO (PP).	0.902	21.0	0.69
PP COPOLIMERO.	0.897	28.0	0.91
PP, GR.	1.220	71.0	3.14
IONOMERO.	0.940	45.0	1.53
POLI (4-METILPENTE- NO-1).	0.830	105.0	3.15
POLIESTIRENO (PS).	1.050	14.8	0.56
PS, GR.	1.290	54.0	2.52
SAN.	1.030	26.0	0.97
SAN, ALTA TEMP.	1.080	23.0	0.90
SAN, GR.	1.350	51.0	2.49
ESTIRENO IMPACTO.	1.050	17.8	0.68
ESTIRENO IMPACTO GR.	1.320	56.0	2.68
ABS.	1.070	28.0	1.08
ABS, ALTO IMPACTO.	1.040	38.0	1.43
ABS, TRANSPARENTE.	1.070	50.0	1.97
ABS, GR.	1.360	85.0	4.19
ABS/PVC.	1.210	40.0	1.75
ABS/PC.	1.120	55.0	2.23

PRECIO DE LOS PRINCIPALES MATERIALES PLASTICOS.
ESTADOS UNIDOS.

MATERIAL	DENSIDAD (g/cm ³)	PRECIO (C/lb)	PRECIO (C/in ³)
ACRILNITRILLO/ESTIRE- NO/ACRILICO.	1.070	42.0	1.63
PVC RIGIDO.	1.350	36.5	1.79
PVC RIGIDO, ALTO IM- PACTO.	1.350	40.0	1.95
PVC/ACRILICO.	1.300	50.0	2.35
PTFE.	2.220	325.0	25.90
PCTFE.	2.130	490.0	37.80
PMMA.	1.180	45.5	1.95
PMMA, ALTA TEMPERATU- RA.	1.160	65.5	2.75
OXIDO DE FENILENO.	1.060	59.0	2.68
OXIDO DE FENILENO GR.	1.270	80.0	3.91
POLISULFONA.	1.240	100.0	4.50
POLISULFONA/ABS.	1.140	85.0	3.51
POLISULFONA GR.	1.380	149.0	7.46
POLISULFONA ALTA TEM- PERATURA,	1.360	2,500.0	123.00
ACETAL.	1.420	65.0	3.34
COPOLIMERO ACETALICO.	1.410	65.0	3.32
COPOLIMERO ACETALICO ALTA TEMPERATURA.	1.410	65.0	3.32
ACETAL GR.	1.690	128.0	7.85
ACETATO DE CELUIOSA.	1.300	52.0	2.44

PRECIO DE LOS PRINCIPALES MATERIALES PLASTICOS.
ESTADOS UNIDOS.

MATERIAL	DENSIDAD (g/cm ³)	PRECIO (C/lb)	PRECIO (C/in ³)
PROPIONATO DE CELULOSA.	1.23	63.0	2.81
BUTIRACETATO DE CELULO- SA.	1.20	62.0	2.70
POLICARBONATO PC.	1.20	75.0	3.25
PC NO INFLAMABLE.	1.35	150.0	7.34
PC GR.	1.52	120.0	6.61
POLIESTER TERMOPLASTICO.	1.31	68.0	3.22
FENOLICO GP.	1.36	23.5	1.15
DAP.	1.71	125.0	7.72
COMP. MOLDEABLES ALQUI- DICOS.	2.21	39.0	3.12
POLIURETANO GR.	1.53	222.0	12.30
NYLON 6.	1.13	75.0	3.07
NYLON 6.6.	1.14	75.0	3.10
NYLON 6.6 GR.	1.47	100.0	5.32
NYLON 6.10.	1.07	120.0	4.65
POLYIMIDA. GR.	1.90	380.0	26.20
UREA-FORMALDEHIDO.	1.56	32.0	1.81
MELAMINA-FORMALDEHIDO.	1.50	42.0	2.28

DATOS TOMADOS DEL: MODERN PLASTICS ENCYCLOPEDIA (1974).

Los precios están dados en centavos de dolar.

PRECIO DE LOS PRINCIPALES MATERIALES PLASTICOS.
MEXICO.

M A T E R I A L.	COSTO EN PLANTA. (PESOS/Kg).
PS. CHAROLAS ESPECIAL VALLEJO.	10.25
PS. ALTO IMPACTO, RESISTENTE AL CALOR. COLORES.	13.96
PS. MEDIO IMPACTO, RESISTENTE AL CALOR. NATURAL.	11.86
PS. USO GENERAL. RESISTENTE AL CALOR. CRISTAL.	10.89
PS. SEGUNDA. COLORES, LUSTRAN SAN SEGUNDA. COLORES.	2.00
PS. USO GENERAL. GRANULAR Y PELLETS. CRISTAL.	10.55
PS. USO GENERAL. PELLETS. COLORES.	11.53
PS. USO GENERAL. RESISTENTE AL CALOR. COLORES.	11.25
PS. MEDIO IMPACTO. NATURAL.	11.55
PS. MEDIO IMPACTO. COLORES.	12.49
PS. MEDIO IMPACTO. RESISTENTE AL CALOR. COLORES.	12.81
PS. ALTO IMPACTO. COLORES.	13.69
PS. ALTO IMPACTO. RESISTENTE AL CALOR. NATURAL.	13.00
PE. SEGUNDA. COLORES.	2.00
PE. CONV. INYECCION. COLORES.	8.20
PE. CONV. SOPLADO. COLORES.	8.50
PE. B.P. INYECCION. COLORES.	12.35
PE. BE.P. SOPLADO. COLORES.	11.87

PRECIO DE LOS PRINCIPALES MATERIALES PLASTICOS.
MEXICO.

M A T E R I A L.	COSTO EN PLANTA. (PESOS/Kg).
PE. CONV. INYECCION. NATURAL.	8.20
PE. CONVENCIONAL SOPLADO. NATURAL.	8.50
PE. BP. SOPLADO. NATURAL.	11.87
PS. ALTO IMPACTO. NATURAL.	12.72
PE. SEGUNDA C/20% DE PRIMERA. CONV. INYECCION.	3.24
PVC. COLORES. P/SOPLADO.	13.50
PE. CONV. SOPLADO. COLORES.	15.00
PVC. OPALON. NATURAL. INYECCION.	11.60
PVC. OPALON. COLORES Y NEGRO.	11.60
PE. CONV. 50% Y B.P. INYECCION. 50% COLORES.	8.12
ACETATO TINSEL C/ ESCARCHA.	19.20
ACETATO CRISTAL Y COLORES OPACOS.	19.20
ACETATO NEGRO P/ PEINES.	12.85
ACETATO. COLORES OPACOS Y TRANSP.	18.45
ACETATO. COLORES OPACOS.	16.65
ACETATO SEGUNDA. COLORES.	6.00
PP. USO GENERAL. COLORES.	9.50
PP. SEGUNDA. COLORES.	2.00
PP. COLORES P/ SILLAS.	9.50
POLICARBONATO. INYECCION. CRISTAL.	33.00
NYLON NATURAL NY LOPEL-6.	19.76

PRECIO DE LOS PRINCIPALES MATERIALES PLASTICOS.

MEXICO.

M A T E R I A L.

COSTO EN PLANTA.
(PESOS/Kg).

PS. TINSEL CON ESCARCHA.	10.55
NORYL COLORES.	27.50
NYLON ZITTEL. COLORES.	68.84
DELRIN 500. COLORES.	27.50
PVC. VYRAM. NEUTRAL (TABLETAS).	17.04
PVC. VYRAM. CRISTAL.	13.50
PVC. VYRAM. BLANCO.	14.54
NYLON. NATURAL.	21.50
NYLON ZITTEL. NATURAL.	68.84
ACRILICO. CRISTAL.	22.88
DELRYN 500. NATURAL.	27.50
ESTAÑO POLIURETANO. MOBAYS	44.00
POLICARBONATO. SOPLADO. CRISTAL.	23.54
LUSTRAN SAN 21. COLORES.	13.88
LUSTRAN ABS. COLORES. SERIE 200.	18.00
LUSTRAN ABS. COLORES. SERIE 400.	17.55
LUSTRAN ABS. COLORES. SERIE 600/700.	20.39
LUSTRAN SAN 21. COLORES OPACOS Y SEMI OPACOS.	14.98
LUSTRAN ABS. SERIE 600/700. NATURAL.	18.41
LUSTRAN ABS. SEGUNDA. COLORES.	2.00
PE. B.P. INYECCION. COLORES.	12.50
PE. B.P. INYECCION. NATURAL.	12.50

PRECIOS EN MEXICO. 1974.

teriales termofijos o materiales laminados parcialmente convertidos, como los empleados en termoformado.

Para los materiales termoplásticos, un 90 % de rendimiento - puede ser considerada como una estimación conservadora. En estos materiales, debe de reconocerse que algunos accesorios son recuperables y sólo en algunos raros ejemplos es imposible reusarlos.

El estimador deberá de calcular los requerimientos de material sin ajustarse a la recuperación.

5.6.- COSTO DEL PROCESADO.

Los costos encontrados en plásticos procesados por las distintas técnicas, resultan ser los mas difíciles de apreciar por parte del estimador.

Esta declaración puede ser hecha sin temor a cualquier objeción seria por parte de los procesadores de plásticos, debido a un gran número de casos observados donde se ha visto que para una misma parte existen separaciones tan grandes como del 100 %.

Esta separación en precios es en parte debida a diferencias - en los costos de mano de obra, la elección por parte del estimador del tiempo del ciclo, el rendimiento y el nivel de utilidad del equipo, en el cuál el valor tope puede ser un 50 % mas alto que el valor bajo.

Los rangos de razón por hora o costos para los principales tipos de procesado de plásticos en una base general, pueden ser sumarizados en la siguiente forma:

MOLDEO POR COMPRESION Y POR TRANSFERENCIA.

(con prensas de 50 - 300 toneladas)

5 - 15 Dlls./hora

MOLDEO POR INYECCION

(con capacidad de 2 - 200 Onzas)

5 - 40 Dlls./hora

EXTRUSION

(extrusores de 2.5 - 3.5 pulgadas)

15 - 30 Dlls./hora

TERMOFORMADO

10 - 30 Dlls./hora

MOLDEO POR SOPLADO

10 - 30 Dlls./hora

El rango de precios resulta de las diferencias en medida del equipo o capacidad y de los requerimientos de mano de obra para la operación. El nivel de utilidad del equipo puede también ser reflejado en estas razones.

Otro factor que resulta responsable en alguna medida de la amplitud del precio es la aplicación de gastos y utilidades. Normalmente, las razones por hora se fijan incluyendo los gastos de ventas y administración, también como las utilidades. Si estos elementos de costo no son incluidos, la razón puede ser incrementada de un 10 a un 30 % más al considerarlos.

Los costos de procesado se calculan normalmente en base de asumir un ciclo de procesado.

El ciclo deberá ser el tiempo requerido para una unidad de producción o bien puede ser expresado como la salida por unidad de tiempo.

Después que se ha elegido un ciclo de procesado, deben de hacerse ajustes de compensación para el rendimiento de un producto de calidad. En el caso de materiales no críticos, el rendimiento de la producción puede ser de un 95 % o mayor. Sin embargo, como se imponen especificaciones mas rígidas a un producto, el nivel para la producción de partes aceptables puede esperarse que decline.

Los límites de tolerancia varían de acuerdo al material y al proceso.

Además de las pérdidas de rendimiento, uno puede esperar que el nivel de utilidad del equipo afecte los costos del procesado.

En los procesos comunes, el tiempo requerido para completar un pedido deberá de considerarse al dar el precio del producto. En los casos donde el tamaño del pedido es pequeño y la productividad del equipo es alta, la tarea de la producción, generalmente puede ser completada en 1 - 2 días o menos. En estos casos, el

tiempo para preparar el equipo para la producción y alinear el trabajo llega a ser una parte significativa del tiempo total de la producción. Aquí la práctica varía considerablemente, pero el tiempo utilizado en colocar la carga usualmente se aplica al pedido.

Si se toma como base para estimar el costo del proceso, el tiempo requerido para procesar un pedido en cualquier pieza del equipo, entonces, la carga por hora para el equipo es dividida por la salida por hora promedio.

La salida por hora promedio puede ser ajustada para reflejar la eficiencia relativa de la operación. Esta eficiencia (utilidad del equipo en tantos de rendimiento), será menor en corridas cortas que en corridas largas, y también para operaciones de 5 días - que de 7 días.

En consideración a esta última determinación de eficiencia, - una semana de 120 horas es la base normal para las operaciones comunes de procesado.

Dependiendo del producto y el proceso, un artículo plástico - puede o no requerir de operaciones adicionales de acabado.

En el moldeo por compresión, es frecuentemente necesario quitar o remover el exceso que queda por escurrimiento. En el moldeo por inyección, moldeo por soplado o termoformado, las partes pueden requerir que se les corte algún exceso.

Con todas las operaciones, esto representa un posible incremento en el costo del procesado. Sin embargo, en muchos casos, el operador de la máquina puede llevar a cabo esta tarea sin ningún costo extra.

El uso de diseños especiales de moldes, especialmente cuando se requiere de una producción en gran volumen, puede eliminar por completo las operaciones de post-procesado de este tipo.

En algunos ejemplos, el equipo de procesado funciona automáticamente, con sólo una mínima atención por parte del operador.

Es casi imposible proveer de una guía en la que se señalen - los costos por hora y productividad por hora posibles para un rango tan amplio de operaciones.

Normalmente, donde se asocia un equipo relativamente costoso para el paso de acabado, se usan cargas por hora de 4 - 6 dólares.

Sin embargo, uno debe de tener un conocimiento razonable de las operaciones de acabado en orden de que la productividad pueda ser lógicamente estimada.

5.7.- COSTO DE HERRAMIENTAS.

El elemento final para determinar el costo son las herramientas.

En las operaciones de moldeo por compresión y moldeo por inyección, los costos de herramientas son generalmente altos si los comparamos con el moldeo por soplado, moldeo con partes metálicas para construcciones reforzadas, extrusión y termoformado.

Dependiendo de la industria y/o el cliente, varía el manejo de los costos de herramientas.

El que parece ser un camino lógico para el manejo de estos costos cuando se hace una estimación económica es el mostrar por separado los costos de la pieza y los costos de las herramientas.

Como esto no siempre se hace, debemos de tener mucho cuidado al hacer comparaciones de los costos de partes conocidas.

Sin importar el método que uno elija para reflejar el efecto de los costos de herramientas sobre el precio de la parte, es una práctica común el escribir por separado los primeros años, el volumen anticipado de producción o consumo. Esto no estará interpretado para significar que el promedio de vida de la herramienta es de un año. Una herramienta de calidad, con un mantenimiento apropiado, puede esperarse que rinda millones de piezas.

No es posible dar al diseñador o al estimador del diseño una guía exacta o infalible para la estimación de los costos de herramientas. Sin embargo, una serie de datos y costos para una amplia variedad de partes y moldes resulta de considerable valor en la de terminación de nuestro análisis en base a la comparación.

Los costos de las herramientas pueden variar ampliamente, dependiendo de sí la herramienta es fundida o maquinada, el material de su construcción, el número de cavidades, la complejidad y medida de la cavidad, el acabado de la superficie del molde, tolerancias, etc.

Las partes que requieren de centros retractables o secciones

enhebradas, pueden ser producidos en moldes diseñados con centros automáticos de jalado o de recursos para ello.

Tales diseños de herramientas pueden incrementar el costo del molde, pero puede usualmente justificarse en base a la reducción - costos de mano de obra en los pasos de procesado y acabado.

A continuación se sugiere un método para la estimación de costos de moldes para inyección o compresión.

1.- BASE DEL MOLDE.- La medida de la base y el tipo de construcción determinan el costo. 200 - 2,000 Dlls.

2.- COSTO DE CAVIDAD POR CAVIDAD.- Cada cavidad forma el - - plástico en una de sus formas deseadas. Por ejemplo, un molde puede tener desde una cavidad (para la producción de piezas grandes o complicadas); hasta 300 cavidades (en partes simples).

A).- Formas fácilmente formadas (como la de formas simples y geométricas. 20 - 150 Dlls.

B).- Formas promedio (involucran a formas geométricas mas comple-
jas) 200 - 650 Dlls.

C).- Formas complicadas y/o partes grandes. 700 - 20,000 Dlls.

3.- COSTO TOTAL DEL MOLDE. Incluyendo el ensamble es igual a la suma de artículos.

(1) ARTICULO (2) X NUMERO DE CAVIDADES

Los moldes para moldeo por soplado, termoformado y construcciones reforzadas donde se encuentran bajas presiones, generalmente son fundidos. Estas herramientas serán considerablemente menos caras (1/10 a un 1/2) que las herramientas para el moldeo por inyección o compresión.

Los dados para extrusión son comunmente de costos relativamente bajos, del rango de 50 - 500 Dlls., dependiendo de la complejidad de la forma y la medida del dado.

5.8.- OTROS COSTOS.

Todos los costos usualmente asociados conla operación de procesado de plásticos han sido brevemente revisados. Sin embargo, - el estimador puede también reconocer otros factores de costo, los cuales pueden contribuir en forma importante al precio de un artículo.

Existen tres factores que merecen mencionarse y que son:

1.- COSTOS DE INSPECCION.

La inspección de las partes plásticas normalmente se lleva a cabo por el operador de la máquina y es comprobado por un inspector de control de calidad o un encargado a intervalos regulares de tiempo.

Tales procedimientos comunmente no incrementan el costo de la pieza. Sin embargo, donde se requieren pruebas especiales o de control crítico de calidad del 100 %, debe existir un inspector especial, con el correspondiente cargo adicional.

2.- COSTOS DE EMPAQUE.

En el empaquetado de productos plásticos es frecuentemente posible el empaquetado a granel del producto. Este es el caso de las partes en que se requieren sus propiedades funcionales mas bien que las decorativas.

Sin embargo, donde se deben instalar partes decorativas o usarse directamente sin un acabado posterior, puede ser necesario usar contenedores especiales, envolturas o protección con bolsas de plástico.

3.- COSTOS DE EMBARQUE.

Los costos de embarque para artículos plásticos pueden variar considerablemente de un artículo a otro. Esta variación dependerá de la densidad de bulto del producto a ser embarcado y la medida del embarque o envío.

Normalmente uno puede pensar que como los materiales plásticos tienen un bajo peso específico, tendrán también un bajo costo de embarque. Esta en realidad es una ventaja, sin embargo, cuando la densidad de bulto del producto es demasiado pequeña (2 a 5 lb/ft³), se le aplican razones de penalidad que permiten al acarreador conseguir los ingresos normales por el embarque.

La solución lógica para establecer los costos de embarque es el consultar a una persona familiarizada con este tipo de embarques, ya que el precio puede variar de un lugar a otro. Sin embargo, para productos con una densidad de bulto moderada (10 a 25 lb/ft³) se puede hacer una estimación preliminar razonable de un costo de dos centavos de dolar por libra.

6.- EPILOGO.

A través de este Estudio se han tratado de presentar en forma sencilla los aspectos fundamentales de la Tecnología de los Materiales Plásticos, haciendo principal énfasis en los conceptos básicos.

Partiendo de la definición de los plásticos y de su construcción, se han establecido las estructuras de su producción, de la elaboración de sus productos finales y de la demanda de estos productos. Se han descrito sus propiedades de diseño, los procesos que se emplean para transformarlos y los aspectos económicos relacionados con estas operaciones.

Corresponde ahora hacer mención de algunas de las características principales de las personas que, laborando dentro de la industria de estos materiales, hacen posible que todo el conjunto de conocimientos tecnológicos den como resultado final un producto — plástico útil y de beneficio social.

Debido a la amplia variedad de funciones que se realizan dentro de la Industria de los Materiales Plásticos en sus distintas áreas (moldeo, formado, fundición, reforzado y espumado), resulta difícil señalar los requerimientos de aptitudes y conocimientos necesarios para las personas que trabajan en cada una de estas áreas específicas. Sin embargo, es posible agrupar algunas de sus cualidades esenciales:

MATERIALES.— (1) Capacidad para reconocer diferencias entre los distintos tipos de materiales y sus grados específicos; (2) — Conocimiento de solventes, adhesivos y recubrimientos aplicables a cada material; (3) — Apreciación de los riesgos que existen en el — manejo de ciertas resinas; (4) — Habilidad para reconocer materias — primas defectuosas, ya sea en el proceso o en los productos manufacturados. Saber llevar a cabo remedios efectivos; (5) — Conocimiento de las aplicaciones generales (uso final) de los materiales.

PROCESOS.— (1) Conocer y entender lo mas detalladamente posible las características principales de los procesos sus parámetros y los datos técnicos relacionados con cada una de sus fases; (2) — Saber que tipos de procesos son aplicables a los distintos materiales.

EQUIPO DE PROCESADO.- (1) Saber colocar, operar y mantener - tipos específicos de maquinarias; (2) Poder instalar y remover -- moldes adecuadamente.

EQUIPO AUXILIAR.- Capacidad para colocar, operar y mantener equipo y máquinas utilizadas como accesorios.

EQUIPO DE PRUEBA.- (1) Saber interpretar especificaciones de dibujos y métodos de prueba; (2) Capacidad para operar equipo de prueba con seguridad y precisión; (3) Capacidad para extraer y reportar datos de las pruebas ejecutadas.

HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS.- Ser hábil en el uso de micrómetros, calibradores, escalas, balanzas analíticas y herramientas de mano.

APTITUDES PERSONALES.- (1) Capacidad para aceptar y exhibir responsabilidad, demostrando siempre formalidad y honestidad; (2) Capacidad para leer y asimilar nueva información presentada por los abastecedores de materiales, manufactureros de equipo, revistas especializadas y otras fuentes de información; (3) Capacidad para - entender nuevos procedimientos operacionales; (4) Capacidad para elaborar o interpretar cartas y gráficas; (5) Capacidad para elaborar cartas de trabajo, ordenes de producción, procedimientos, reportes de laboratorio y comunicados; (6) Capacidad para organizar archivos y sistemas de referencia; (7) Capacidad para supervisar a otras personas; (8) Capacidad para entrenar a nuevo personal; - (9) Capacidad para tratar adecuadamente con personas de diferentes niveles socio-económicos.

En la industria la elaboración de productos plásticos es una operación que requiere del trabajo armónico de todo un equipo de - personas. A continuación se indica, en términos generales, cuál - es la participación del Ingeniero en Plásticos dentro de este equipo:

En primer lugar, es a él a quien corresponde con sus conocimientos de las propiedades de los materiales plásticos, de los procesos, de las herramientas y de los costos; decidir si el diseño - de una determinada parte es adecuado para hacerse de plástico o no. En caso afirmativo, conjuntamente con el diseñador del producto, - tratarán de establecer un diseño que explote debidamente las características inherentes del material que se elija.

Una vez hecha la selección final del material, el ingeniero - deberá revizar las cantidades potenciales de producción y determinar el proceso exacto, el tipo de molde, el número de cavidades y desarrollar la estimación del costo de la parte.

Siendo el siguiente paso el diseño del molde, deberá proporcionar al diseñador toda la información pertinente: Factor de contracción del material, tipo de moldes, número de cavidades, tipo y localización de compuertas, tipo y lugar de los eyectores, líneas de separación y todos los otros detalles que sean necesarios. El diseñador será entonces responsable de proporcionar un diseño adecuado. Durante el progreso del diseño, el ingeniero habrá de revisarlo periódicamente a fin de asegurar su funcionalidad.

Al terminarse el diseño, se entrega al fabricante de herramientas, el cuál procede a elaborarlo.

El ingeniero debe definir los parámetros del proceso para que la producción de la parte sea de buena calidad. Deberá establecer las variaciones de temperatura del molde, la velocidad del tornillo, la presión posterior, la temperatura del cilindro, la temperatura de las formas, la presión de sostén, la presión de inyección o transferencia, la eyección del molde, y tratará combinaciones de estos factores con la finalidad de determinar el procedimiento adecuado.

Ya estando la parte en producción, la labor del Ingeniero en Plásticos no termina, ya que es él quien debe vigilar que todo salga bien y tomar las acciones correctivas en caso contrario. A él corresponde la responsabilidad de que se mantengan los costos y la calidad del producto.

7.- BIBLIOGRAFIA.

A CONCISE GUIDE TO PLASTICS.

Simonds, Herbert - Church.
Reinhold Publishing Co. New York. 1963.

BRITISH PLASTICS.

Britain's International Plastics Journal.
Published by I.P.C. Industrial Press LTD. London.

CALANDERING OF PLASTICS.

Elden, R.A.
Published for the Plastics Institute. London Iliffe Books LTD. 1971.

CHEMICALS PETROLEUM & RUBBER & PLASTICS PRODUCTS MANUFACTURING.

U.S. Dept. of Commerce. Industry Series. Washington D.C. 1970.

COMPRESION AND TRANSFER MOLDING OF PLASTICS.

Butler, James.
Interscience Publishers, Inc. New York. 1960.

ENGINEERING DESIGN FOR PLASTICS.

Baer, Eric.
Polymer Science and Engineering Series.
Reinhold Publishing Co. New York. 1964.

ENGINEERING PRINCIPLES OF PLASTICATING EXTRUSION.

Zehev, Tadmor - Imrich, Klein.
Polymer Science and Engineering Series.
Van Nostrand Reinhold Co. New York. 1970.

ENGINEERING PROPERTIES AND APLICATIONS OF PLASTICS.

Ford Kiney, Gilbert.
John Willey & Sons, Inc. New York. 1957.

EUROPEAN PLASTICS NEWS

Published by I.P.C. Business Press LTD. London.

EXTRUSION AND OTHER PLASTICS OPERATIONS.

Bikales, Norbert M.
Willey-Interscience. John Willey & Sons. New York. 1971.

VII FORO NACIONAL DE LA INDUSTRIA QUIMICA.
A.N.I.Q. México D.F. 1974.

HANDBOOK OF FIBERGLASS AND ADVANCED PLASTICS COMPOSITES.
George Lubin.
Polymer Technology Series. Van Nostrand Reinhold Co. New York. 1969.

HANDBOOK OF PLASTICS.
Simonds, Herbert - Weith, Archie.
D. Van Nostrand Co., Inc. New Jersey. 1949.

HANDBOOK OF REINFORCED PLASTICS.
Oleesky, Samuel - Mohr, Gilbert.
The Society of the Plastics Industry, Inc.
Reinhold Publishing Co. New York. 1964.

INJECTION MOULDING OF PLASTICS.
Walker, J.S. - Martin, E.R.
Published for the Plastics Institute. London Iliffe Books LTD. 1970.

MANUAL DE PLASTICOS.
Saechtling - Zebrowski.
Editorial Reverté, S.A. 1963.

MARKETS FOR PLASTICS.
Rosato, Dominick V. - Fallon, William K.
Van Nostrand Reinhold Co. New York. 1969.

MECHANICAL TESTING OF PLASTICS
S. Turner, ICI Research Associate
Published for the Plastics Institute. London Iliffe Books. 1973.

MODERN PLASTICS.
Published by Mc. Graw-Hill, Inc. New York.

MODERN PLASTICS ENCYCLOPEDIA.
Aguide to Processing Plastics.
Published by Mc. Graw-Hill, Inc. New York.

MODERN PLASTICS INTERNATIONAL
Published by Mc. Graw-Hill, Inc. Switzerland.

MOLDING OF PLASTICS.

Bikales, Norbert M.

Wiley-Interscience. John Wiley & Sons, Inc. New York. 1971.

PLASTI - NOTICIAS.

Organo Oficial de la Asociación Nacional de Industrias del Plástico A.C. México D.F.

PLASTICOS, FORMULACION Y MOLDEO.

Simonds, Herbert.

Compañía Editorial Continental, S.A. 1964.

PLASTICOS Y SILICONES I Y II.

Teran Zavaleta J.

Apuntes de clase. Fac. de Química, U.N.A.M. 1973.

PLASTICS ANALYSIS AND DESIGN.

Massonet C.E. - Save, M.A.

Blaisdell Publishing Co. 1965.

PLASTICS ENGINEERING.

Official Publication of the Society of Plastics Engineering.
Greenwich, Conn. U.S.A.

PLASTICS ENGINEERING HANDBOOK.

Society of the Plastics Industry, Inc.

Reinhold Publishing Co. New York. 1973.

PLASTICS EXTRUSION TECHNOLOGY.

Griff, Allen.

Reinhold Publishing Co. New York. 1962.

PLASTICS MATERIALS.

Brydson, J.A.

D. Van Nostrand Co., Inc. London. 1966.

PLASTICS MATERIALS GUIDE.

Published by British Plastics. England. 1971-1972.

PLASTICS PROJETS AND TECHNIQUES.

Lappin, Alvin.

Mc. Knight & Mc. Knight Publishing Co. Illinois. 1965.

PLASTICS TECHNOLOGY.

Milby, Robert.

Mc. Graw Hill Book Co. New York. 1973.

PLASTICS TECHNOLOGY.

Swanson, Robert S.

Mc. Knight & Mc. Knight Publishing Co. Illinois. 1965.

PLASTICS TECHNOLOGY MAGAZINE.

A Bill Publication. New York. U.S.A.

PLASTICS TECHNOLOGY PROCESSING HANDBOOK.

A Bill Publication. New York. 1968.

PLASTING COATINGS FOR ELECTRONICS.

Licari, James.

Mc. Graw Hill Book Co. 1970.

POLYMER AGE

Published Monthly by Rubber and Technical Press. LTD. England.

POLYMER SCIENCE: U.S.S.R.

Published by Pergamon Press. New York.

PRACTICAL GUIDE TO PLASTICS APPLICATIONS.

Grosby, Edward G.

Cahners Publishing Co., Inc. Massachusetts. 1972.

PRINCIPLES OF POLYMER CHEMISTRY.

Paul J. Flory.

Cornell University Press. Ithaca, New York. 1964.

PROCESSING OF THERMOPLASTIC MATERIALS.

Bernhardt, Ernest C.

Plastics Engineering Series.

Van Nostrand Reinhold Co. New York. 1954.

SPI HANDBOOK OF TECHNOLOGY AND ENGINEERING OF REINFORCED PLASTICS.

Mohr, Gilbert. - Oleesky S.

Van Nostrand Reinhold Co. New York. 1973.

STUDIES IN THE DEVELOPMENT OF PLASTICS INDUSTRIES.

O.N.U. New York. 1969.

STUDIES IN PLASTICS FABRICATION AND APPLICATION.
O.N.U. New York. 1969.

STRUCTURAL DESIGN WITH PLASTICS.
Benjamin, B.S.
Polymer Science and Engineering Series.
Van Nostrand Reinhold Co. New York. 1969.

TECHNICAL DATA OF PLASTICS.
Manufacturing Chemists' Association, Inc. Washington D.C. 1957

TEXTBOOK OF POLYMER SCIENCE
Fred W. Bill-Meyer.
Wiley - Interscience. John Wiley and Sons, Inc. New York. 1971.

THE PLASTICS INDUSTRY (MANUFACTURING POLICY IN).
Skinner, Wickhan. - Roger, David C.D.
Richard D. Irwin, Inc. Homewood, Illinois. 1968.

THERMOPLASTICS - PROPERTIES AND DESIGN.
Ogorkiewics, R.M.
John Willey & Sons. New York. 1974.