



300618
UNIVERSIDAD LA SALLE (B) 24

ESCUELA DE QUIMICA
INCORPORADA A LA U. N. A. M.

ESTUDIO TECNICO ECONOMICO PARA LA
PRODUCCION DE POLIPROPILENO.

TESIS PROFESIONAL

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

CESAR FABIAN MARIN GUTIERREZ

DIRECTOR DE TESIS:

I.Q. Fernando García Mata

México, D. F.

1993

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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 está 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.

ESTUDIO TECNICO ECONOMICO PARA
LA PRODUCCION DEL POLIPROPILENO.

CAPITULOS DEL I AL VIII

	Pags.
INTRODUCCION	I
I GENERALIDADES	1
1.1 Historia.	2
1.2 Propiedades Generales	5
1.2.1 Elaboración	6
1.2.2 Catalizadores	7
1.2.3 Estabilización	7
1.2.4 Procesamiento	8
1.3 Propiedades Físicas.	8
1.3.1 Estructura y Cristalinidad	8
1.4 Propiedades Químicas.	9
1.5 Descripción de Métodos de Formación del Producto.	10
1.5.1 Moldeo Por Inyección	11
1.5.2 Moldeo por Extrusión	11
1.5.3 Moldeo por compresión	12
1.5.4 Moldeo Térmico.	12
1.5.5 Métodos Diversos	12
1.6 Aplicaciones	13

II ESTUDIO DE MERCADO.	14
2.1 Escenario del Mercado a Nivel Mundial	15
2.1.1 Capacidad Instalada (Distribución Mundial)	16
2.2 Empresas Productoras a Nivel Mundial	17
2.2.1 Productores en Estados Unidos y Canadá	18
2.2.2 Principales Productores en Europa Occidental	18
2.2.3 Principales Productores en el Resto del Mundo	19
2.3 Consumo Aparante del Polipropileno	19
2.3.1 Segmentación del Consumo	20
2.3.2 En Europa Occidental	21
2.3.3 En Estados Unidos	21
2.3.4 En Japón	22
2.4 Participación y Tendencia por Aplicación	23
2.4.1 Participación y Tendencia en los EUA	24
2.4.2 Proyectos y Perspectivas a Nivel Mundial	25
2.4.3 Capacidad Instalada para 1993.	27
2.5 Escenario del Mercado Nacional	28
2.5.1 Importación	29
2.5.2 Consumo a Nivel Nacional	29
2.5.3 Distribución Geográfica del Consumo en México	30
2.5.4 Capacidad Instalada Producción y Exportaciones	30
2.5.5 Desglose de Importaciones y Exportaciones	30
2.5.6 Segmentación del Consumo por Sector	32
2.5.7 Participación y tendencia por Aplicación	32
2.6 Materias Primas	34
2.6.1 Vendedores	34
2.6.2 Compradores	34

III	<u>ALTERNATIVAS DE PRODUCCION</u>	35
3.1	Introducción	36
3.2	Clasificación	37
	1 Termoplásticos	38
3.3	Extrusión	38
3.3.2	Definición	38
3.3.3	Partes Importantes	39
3.3.4	Husillo	40
3.3.5	Clasificación	42
3.3.6	Por Tipo de Proceso	43
	a) Continuo	43
	b) Discontinuo	44
3.3.7	Por Tipo de Husillo	46
	a) Monohusillo	46
	b) Venteado	46
	c) Doble Husillo	47
	d) Multihusillo	47
3.3.8	Por Tipo de Dado	48
	a) General	48
	b) Dado plano	51
	c) Dado tubular	53
3.4	Termoformado	55
3.5	Inyección	57
3.5.1	Definición	57
3.5.2	Partes Importantes	58
3.5.3	Clasificación	58
3.6	Soplado	59
3.6.1	Extrusión-soplado	59
3.6.2	Inyección-soplado	59
3.7	Calandreo	60
3.8	Sinterizado	62
3.9	Recubrimiento por cuchillas	63
	2 Termofijos	64
3.10	Transferencia	64
3.11	Embobinado de filamento	66
3.12	Pultrusión	67
	3 Termoplásticos y Termofijos	68
3.13	Clasificación	68

IV	<u>SELECCION DE METODO MAS IDONEO DE PRODUCCION.</u>	69
4.1	Introducción	70
4.2	Obtención	71
4.2.1	Fase Líquida	72
4.2.2	Fase Gaseosa	72
4.3	Clasificación	74
4.3.1	Por Materias Primas	74
4.3.2	Por Estructura Química	75
4.3.3	Grados Modificados	77
4.4	Propiedades	78
4.4.1	Físicas	79
4.4.2	Mecánicas	80
4.4.3	Térmicas	81
4.4.4	Eléctricas	81
4.4.5	Químicas	82
V	<u>BALANCE DE MATERIA.</u>	83
5.1	Descripción del proceso	84
5.2	Balace de Materia	85
5.3	Balace de Energía	86
VI	CONCLUSIONES.....	88
VII	APENDICES	
VIII	BIBLIOGRAFIA	

INTRODUCCION

El Polipropileno ha tenido un gran crecimiento como ningún otro plástico. Esto quiere decir que:

En los últimos años se ha notado un gran crecimiento y lo que se presentara es dar a conocer todas sus propiedades, Así como aplicaciones, procesos, sectores y usos que tiene para tratar de entender el mercado meta de este polímero.

Es de gran importancia actualmente demostrar el desarrollo que se ha tenido y con esto demostrar la gran necesidad que se tiene en realizar proyectos de inversión macro, para darle un crecimiento real al producto y estar integrado desde la materia prima, para tener un beneficio real tanto fabricantes como productores en nuestro país, ya que ahora es una realidad la preparación que se debe de tener para integrarse cada vez más a los procesos de los plásticos que se producen en nuestro país. Para poder tener un producto o productos competitivos reales a nivel internacional y salir de ser maquilladores en verdaderos productores de primer nivel.

El objetivo de este trabajo por lo tanto es realizar un estudio técnico económico que nos permita visualizar la importancia que tiene este polímero actualmente. Así como mostrar las ventajas competitivas y de mercado que tienen en este último siglo los plásticos que son en la actualidad para muchos sectores, unos de los principales elementos de producción.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 HISTORIA:

La aplicación de los sistemas catalizadores heterogéneos recién descubiertos en la polimerización del propileno, por numerosos investigadores, ha dado por resultado la formación del polipropileno cristalino. Antes de 1954 no se había descrito ningún polímero cristalino de propileno ni de olefinas (alpha) en general, con átomos de carbono asimétricos en la cadena principal de la macromolécula. Anteriormente, el uso de ácidos de tipo Lewis o de compuestos organometálicos como catalizadores permitía la formación de productos de peso molecular bajo desde la gasolina hasta a los aceites.

Los intentos para iniciar la polimerización del propileno por radicales libres condujeron a productos ramificados de bajo grado de polimerización. La formación de polímeros de peso molecular mas alto estaba impedida en este caso por la descomposición de los radicales en las olefinas y radicales más pequeños.

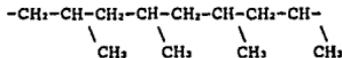
Al profesor G. Natta, del Instituto de Química Industrial del Politécnico de Milán, se debe la mayor parte de la información publicada acerca de la preparación del polipropileno y de la identificación de su estructura. Para obtener polipropileno cristalino, Natta usó catalizadores heterogéneos del tipo descubierto por Ziegler para la polimerización del etileno a baja presión. Los catalizadores del tipo Ziegler se preparan por la reacción de compuestos de los metales de transición fuertemente electropositivos con compuestos organometálicos en que el metal es uno de los que ocupan los tres primeros grupos del sistema periódico. Natta utilizó en sus primeros trabajos la combinación del tricloruro de titanio cristalino, preparado por reducción del tetracloruro de titanio con hidrógeno, y trietilaluminio. El catalizador heterogéneo sólido formado contiene lugares activos que tienen la facultad de regular la adición del monómero. Cada nueva molécula de monómero ocupó una posición en el lugar activo idéntico a los ocupados por las moléculas que le precedieron en su incorporación a la cadena del polímero. Esta regularidad en la estructura permite que el polímero cristalice en secciones sustanciales de la cadena del polímero.

Se han propuesto varios mecanismos para explicar la polimerización estereoespecífica.

Además de los catalizadores del tipo Ziegler, se ha utilizado en la conversión del propileno en un polímero cristalino los óxidos de los metales del grupo VA y del grupo VIA con substratos inertes, ideados por las compañías: Phillips Petroleum y Standard Oil, de Indiana, para la polimerización del etileno a baja presión. Sin embargo, el grado de estereoespecificidad parece ser menor que en el polipropileno obtenido con catalizadores del tipo Ziegler

El craqueo térmico como el catalítico de las fracciones del petróleo pesadas producen gases que contienen grandes cantidades de propileno. La mayor parte de esta mezcla gaseosa se polimeriza por presión a 150-225°C. con ácido fosfórico como catalizador y forma hidrocarburos líquidos. Si únicamente se polimeriza el propileno, predominan en el polímero nonilenos, pero es frecuente que el propileno se copolimerice con butilenos y la mayor parte del producto sea de heptilenos. Polímeros y copolímeros son componentes deseables de la gasolina a causa del alto número de octano de las olefinas ramificadas.

Como el etileno y el isobuteno forman grandes polímeros, se han hecho muchos intentos para obtener un gran polímero lineal de propileno. Tal polipropileno sería semejante en su estructura al caucho natural y poseería excelentes propiedades de elasticidad. Como el caucho, el polipropileno tendría solo sustituyentes metílicos, pero en lugar de ir ligados a carbonos con dos carbonos intermedios, los metilos irían sobre carbonos alternos:



No hay referencias de que hayan llegado a obtener pesos moleculares suficientemente elevados para conseguir propiedades de elastómeros, ni por catálisis ácida ni por radicales libres. Los polímeros más altos se han obtenido con bromuro de aluminio excitado con bromuro de hidrógeno o de isopropilo (1,2) Con 1% de bromuro de aluminio a -44°C. En propano hirviendo, el polímero tienen un peso molecular medio de 1 000 a 10 000.

Tales polímeros contienen varios cientos de unidades de propileno, quizá sean necesarios varios miles para formar polímeros semejantes al caucho.

Los polímeros del propileno de peso molecular intermedio se emplean en la fabricación de detergentes de alquilarenos. Los más apropiados para detergentes son el tetrámero y el pentámero, que contienen 12 y 15 átomos de carbono, respectivamente, los cuales se obtienen por polimerización a temperaturas intermedias.

El polipropileno preparado con fluoruro de boro como catalizador a 50°C. contiene 20% de dímero y trímero, 52% de tetrámero y pentámero y 28% de hexámero, también por reciclación del trímero formado en ácido fosfórico, pueden conseguirse altos rendimientos del tetrámero.

Los polipropilenos más elevados tienen aplicación como lubricantes sintéticos, como agentes espesantes para aceites de hidrocarburos y para mejorar el índice de viscosidad de los aceites lubricantes.

La producción industrial del polipropileno empezó a fines de 1957. Las compañías que produjeron pronto el nuevo polímero fueron Farbwerke Hoechst, en Alemania (con el nombre registrado de JHostalen P), Hercules Powder, en los Estados Unidos (Pro-fax), y Montecatini, en Italia (Moplen). Cada una de estas firmas utilizó un sistema de catalizador de tipo Ziegler. Además de las compañías citadas, otras varias, entre ellas Eastman Chemical Products, Humble Oil y Avisun, han anunciado planes para entrar en el campo del propileno. Se dispone del polímero en diversos tipos para facilitar su elaboración o hacerlo más adecuado a una aplicación específica.

1.2 PROPIEDADES GENERALES:

El polipropileno junto con el polietileno son las dos poliolefinas ó parafinas más importantes, tanto por su consumo como por sus propiedades y aplicaciones. Fue como se mencionó anteriormente descubierto en 1957, ocupando el tercer lugar a nivel mundial y el cuarto en México, si se considera el polietileno de baja y alta densidad en la sola categoría. Este polímero es obtenido de la polimerización del gas propileno, sin embargo, en México ya se empiezan a hacer pruebas para fabricación de línea ya que el propileno fabricado en la destilación del petróleo es utilizado para otros fines.

Al polimerizarse el propileno adquiere una excelente resistencia química, resistencia a elevadas temperaturas y buenas propiedades mecánicas a excepción de la resistencia mecánica. Por ello se combinó con etileno en su polimerización dando lugar al polipropileno copolímero, de tal forma que a nivel comercial existen el polipropileno homopolímero y copolímero.

El tipo de homopolímero presenta una gran resistencia a elevadas temperaturas y no lo ataca ningún tipo de solvente ó sustancia corrosiva. Abajo de los 80 grados centígrados sólo lo ataca el ácido nítrico concentrado; arriba de los 80 grados centígrados se puede esterilizar con rayos gamma y posee una excelente combinación de resistencia a la tensión y elongación.

El tipo copolímero presenta menor resistencia química y a elevadas temperaturas, pero aumenta su resistencia al impacto en un 30% y en grados especiales la llega a duplicar, de este hecho parte que sea utilizado en piezas semirrígidas que vayan a estar sometidas a golpes continuos.

Es un material altamente cristalino que sólo alcanzaba transmisiones de luz del orden de 70 a 75%, por lo que generalmente con él se fabrican piezas translúcidas a opacas, a excepción de las películas. Actualmente con agentes clarificantes se llegan a transmisiones de luz de 80 a 90% obteniéndose botellas totalmente transparentes.

De este misma forma, con la modificación de aditivos se puede aumentar su resistencia a la temperatura de 110 a 150°C ó su resistencia al impacto o tensión de acuerdo al tipo de carga utilizada. En lo que respecta a la resistencia dieléctrica es muy elevada, lo cual lo hace excelente para aislamiento de alambre y cable aunque su desventaja es ser más rígido que el polietileno y el PVC.

Para evitar esto y aumentar su resistencia al impacto se combinó con hule (EPDM), el cual le proporcionó suavidad y absorbió los golpes, utilizándose en defensas de automóvil y aislamiento eléctrico industrial. Este material es un hule termoplástico denominado como mezcla olefinica ó TPO.

Cuando se incendia el polipropileno, funde y gotea al igual que un polietileno, con la diferencia que su flama es azul en un principio y al apagarse sus vapores tienen olor de aceite de automóvil.

En cuanto a permeabilidad, presenta una buena barrera a la humedad, O₂ y N₂, además de su inherente resistencia a grasas, por lo que es clásico su uso en envolturas de botanas y laminaciones, en las que será la parte que estará en contacto directo con el alimento. Entre las notables propiedades del propileno figuran las siguientes: poca densidad (0.90), la más baja entre todos los plásticos comerciales; alto punto de fusión (168-171°C); resistencia más alta a la tracción y mayor rigidez que el polietileno de alta densidad; excelentes propiedades dieléctricas; baja deformación por fluencia, y una superficie lustrosa muy resistente al ataque por los ácidos, álcalis, disolventes, etc. Esta combinación de propiedades permite usar el polipropileno en una amplia gama de aplicaciones en forma moldeada, extrusada, de película o de fibra.

1.2.1 Elaboración

El polipropileno sale de los secadores al final de su preparación en la forma física de polvo blanco fino (escamas). Entonces se mezcla con el estabilizador y el pigmento se somete a extrusión y se pica en forma de gránulos que fluyen libremente (polvo para moldear).

Pueden usarse diversos pigmentos y colorantes siempre que se mantengan estables a las altas temperaturas requeridas para la elaboración del polipropileno. La forma de polvo para moldear es la más adecuada como material de carga en la mayoría de las operaciones de elaboración subsiguientes.

1.2.2 Catalisadores

Se pueden utilizar varios sistemas de catalizadores que son aplicables para la polimerización de propileno a polímero cristalino. Estos catalizadores se basan en general en los del tipo Ziegler, Phillips, o de la Standard Oil, de Indiana, utilizados para la preparación de propileno de alta densidad. En general, para la óptima economía del proceso, es deseable obtener el mayor rendimiento posible del polímero isotáctico, para lo cual, el catalizador ha de tener gran estereoespecificidad.

Los mejores rendimientos del polímero cristalino se obtienen en presencia de compuestos de los metales de los grupos IV al VIII de la tabla periódica en un nivel de oxidación distinto del máximo.

Para obtener altos rendimientos de polipropileno isotáctico, se usan bajas temperaturas, y el polímero se precipita a medida que se forma. Se han obtenido rendimientos de 80-90% del polímero insoluble en hidrocarburos aromáticos. También se ha obtenido polipropileno isotáctico usando el catalizador de Phillips Petroleum (óxido de cromo sobre sílice-alúmina). En estos experimentos, el producto total fue un semisólido pegajoso.

1.2.3 Estabilización

Como ya se mencionó anteriormente en la descripción de las propiedades químicas, el propileno sufre una degradación por oxidación térmica o por la acción de la luz. Sin la debida estabilización, el producto se oxidará rápidamente o se degradará de otro modo a las temperaturas de elaboración. En general, el polipropileno requiere estabilizadores más potentes que los que sirven como por ejemplo para el polietileno.

La cantidad y el tipo del estabilizador están determinados en parte por el uso final del artículo elaborado. Muchos estabilizadores no son aceptables para el contacto con alimentos, como en las películas destinadas a empaquetar estos productos. Por otra parte, un material que ha de resistir largos periodos a temperaturas elevadas sin degradación, ha de contener mayor cantidad de estabilizador.

1.2.4 Procesamiento

El polipropileno también conocido como PP se puede transformar por el proceso de película tubular y dado plano y se obtiene la película orientada, OPP y biorientada BOPP; esto es debido a la posibilidad del material a ser orientado en dirección máquina y transversal, con lo que se logran películas de gran resistencia, transparencia y brillantez.

La temperatura de fundido del material fluctúa entre 150 y 270°C de acuerdo al grado con que se esté trabajando y puede o no ser modificado con aditivos.

1.3 PROPIEDADES FISICAS

El polipropileno es el más ligero de todos los plásticos comerciales, su alto punto de fusión (168-171°C.) le da excelente resistencia térmica. En comparación con el polietileno de alta densidad, el polipropileno tiene valores más altos de resistencia a la tracción, dureza, rigidez resiliencia, claridad y, en general, una permeabilidad equivalente para gases y vapores. Su alta fluidez a las temperaturas de extrusión normales permite usar presiones de moldeo relativamente bajas que se requieren en muchas aplicaciones.

Los productos de polipropileno no son higroscópicos (tendencia a tomar agua) y tienen excelentes propiedades dieléctricas incluso a altas frecuencias. En la tabla I se resumen las propiedades térmicas, mecánicas y eléctricas del polipropileno.

1.3.1 Estructura y Cristalinidad

En la polimerización del propileno con catalizadores del tipo Ziegler se obtienen fácilmente dos formas de polipropileno; a saber: la ordenada o cristalina y la desordenada o amorfa. Estas formas han sido llamadas por Natta isotáctica y atáctica, respectivamente. El catalizador y las condiciones de reacción pueden modificarse fácilmente para favorecer la formación de una de las formas a expensas de la otra.

El examen del propileno isotáctico demuestra que a diferencia de la forma atáctica presenta una estructura lineal regular resultante del enlace cabeza con cola de unidades de propileno monómero, de modo que los átomos de carbono asimétricos en el polímero tienen la misma configuración. En su mayor parte, las diferencias entre los propilenos cristalino y amorfo desaparecen al fundir el producto cristalino y reaparecen por enfriamiento del mismo.

1.4 PROPIEDADES QUIMICAS

El polipropileno se oxida a altas temperaturas (mayor a los 100°C.) con formación de grupos de hidroperóxido en la cadena del polímero. La posición más vulnerable para el ataque por radicales libres es la del átomo de hidrógeno terciario, que es el átomo de hidrógeno menos estable frente a la oxidación en un hidrocarburo saturado. La reacción es autocatalítica; los hidroperóxidos formados se descomponen formando nuevos radicales para seguir atacando la cadena del polímero. El aumento de contenido de oxígeno del polímero (grupos carbonilos e hidroxilos) conduce a la alteración del color, aparición de olor, reducción del peso molecular y fragilidad. Se agregan pequeñas cantidades de antioxidantes adecuados en una proporción que sea entre 0.1 y 1% como protectores en la elaboración y uso del polímero en plásticos. Además de la oxidación térmica, ocurre la fotooxidación relativamente rápida del polipropileno expuesto a la luz solar. Los antioxidantes son mucho menos eficaces a la luz ultravioleta y, como absorbentes de luz, pueden incluso acelerar la oxidación en algunos casos. Por ello es deseable, cuando el polímero ha de estar expuesto a la intemperie, protegerlo de la penetración de la luz mediante absorbentes de la radiación ultravioleta, negro de carbón u otros componentes opacos.

El efecto de la radiación de alta energía sobre el polipropileno ha sido estudiada usando un haz electrónico de 2 meV. procedente de un acelerador de partículas Van de Graaff. Los resultados indican que por cada enlace transversal formado durante la irradiación se rompen aproximadamente 1.6 enlaces entre las unidades de monómero.

El polipropileno, al igual que la mayoría de las poliolefinas cristalinas, tiene excelente resistencia a los disolventes, grasas, aceites, ácidos, álcalis y otros muchos productos químicos corrientes.

El efecto de la inmersión de polipropileno en diversos reactivos durante treinta días a temperaturas ordinarias en las propiedades de tracción del polímero se resume en la tabla II. A temperaturas más altas, el ácido sulfúrico al 98% y el ácido nítrico fumante atacan fácilmente al polímero. Se observaron hinchamiento considerable y pérdida de propiedades significativa a 60°C., con el tetracloruro de carbono, trementina, benceno, disulfuro de carbono, alcohol isopropílico y aceite transformador.

1.5 Descripción de métodos de formación del producto

Antes de hacer la descripción se darán algunas de las tantas maneras que se tienen para la producción de este producto.

La polimerización puede efectuarse por proceso intermitente o continuo, de ordinario en diluyentes hidrocarburos, como n-heptano, a temperaturas moderadas (20-120°C.) y bajas presiones (1-40 atm). El catalizador se agrega en forma de papilla y el propileno se introduce a velocidad regulada. El polímero cristalino es insoluble y se precipita como sólido granular finamente dividido que envuelve las partículas del catalizador. Se ha visto que los sistemas en los cuales sería soluble el polipropileno producen una mayoría de polímero amorfo. Se continúa la adición de propileno hasta que la papilla se vuelve muy espesa con una presencia de sólidos que varía entre el 20 y el 40%; Se separa el catalizador del polímero por adición de un reactivo adecuado y se libera el polímero del disolvente y se seca. Entonces puede ser extrusado y convertido en polvo para moldear. Las variaciones en el método de elaboración determinarán el contenido de producto amorfo formado simultáneamente con el polímero cristalino y que queda en el producto.

Los requisitos de la pureza del monómero y el diluyente usado en la polimerización son bastante rigurosos a causa de la extremada reactividad de los catalizadores. Las impurezas polares, particularmente el agua, destruyen el catalizador. Igualmente, han de excluirse con todo rigor el oxígeno y el dióxido de carbono de los sistemas de catalizador Ziegler. También han de excluirse las olefinas distintas del propileno, pues no sólo frenan la velocidad de reacción, sino que interfieren en la regularidad de la cadena del polímero y reducen la cristalinidad. En el monómero son permisibles hidrocarburos saturados de bajo peso molecular, pero en cantidad mínima, pues tienden a reducir la presión parcial del propileno.

Los diluyentes son, por lo general alcanos y cicloalcanos. Estos diluyentes pueden secarse fácilmente hasta un contenido de agua muy pequeño, y para tener la certeza de la ausencia de compuestos insaturados que interferirían en la polimerización, se tratan con ácido sulfúrico para hidrogenarlos.

Así mismo presenta diversos métodos para procesarlo que son los siguientes; Moldeo por inyección, extrusión, compresión, termoformado, soplado y otros por mencionar.

1.5.1 Moldeo por inyección

El polipropileno se moldea fácilmente en forma de piezas complicadas en las máquinas de moldeo corrientes. En el diseño del molde han de observarse las mismas precauciones aplicables a todos los termoplásticos para asegurar un mínimo de tensiones en el artículo final, que podrían causar alabeo. Las principales precauciones son el grosor uniforme de las secciones y la eliminación del ángulo agudo en el objeto moldeado. Pueden obtenerse superficies más brillantes y menor contracción en el molde con temperaturas de moldeo más bajas. La contracción en el molde es menor en los polipropilenos (1-2.5%) que en el polietileno de alta densidad, y en muchos casos la tendencia al alabeo es menos seria. El polipropileno experimenta una caída muy rápida en la viscosidad de la masa fundida entre 232 y 273°C., y por ello el moldeo ha de hacerse cuando la temperatura del polímero fundido se encuentra en este intervalo. La fluidez del polipropileno es también más sensible a la presión que a la de otros polímeros, y por lo tanto el uso de altas presiones de pisón (hasta 2100 Kg/cm²) y mayores velocidades producirá objetos mejor moldeados con ciclos de moldeo más rápidos.

1.5.2 Moldeo por Extrusión

El polipropileno se extrusa fácilmente en forma de lámina, película, tubo, formas de sección irregular, filamentos y revestimientos de alambre de cables. La extrusión industrial produce películas muy finas, hasta de 0.0127 mm, de 1.50 m de ancho y lámina hasta de 25.4 mm de grueso y 1.20 m de anchura. Para la extrusión de lámina y tubo se necesitan temperaturas de 204-254°C.; pero para la obtención de película y de revestimiento de alambre pueden necesitarse temperaturas hasta 260-315°C. Si se enfría la película sobre un rodillo o en un baño de agua inmediatamente después de la extrusión, se puede obtener una transparencia muy grande. Es posible orientar la película uniaxial o biaxialmente para mejorar la resistencia a la tracción y otras propiedades.

1.5.3 Moldeo por compresión

El polipropileno puede ser moldeado por compresión cuando se desean formas especiales o no es adaptable el método de moldeo por inyección. Se necesitan temperaturas de moldeo más altas que en el moldeo por inyección para asegurar el llenado uniforme del molde, y es preciso enfriar rápidamente a presión para evitar la degradación del polímero.

1.5.4 Moldeo térmico

Las operaciones de moldeo térmico o conformación en vacío se efectúan fácilmente con lámina de polipropileno. Se calienta la lámina justamente arriba del punto de fusión cristalina, preferiblemente colocándola entre calentadores de radiación del tipo de emparedado y tensándola sobre un molde de la forma requerida o introduciéndola en el molde adecuado. Ha de regularse la temperatura de moldeo para obtener máxima uniformidad.

Un enfriamiento rápido, como en el producto con niebla de agua, da la mínima contracción en el molde. El ciclo de calentamiento es algo menor para el propileno que para el polietileno de alta densidad.

1.5.5 Métodos diversos

La lámina de polipropileno y otras formas obtenidas por extrusión se pueden cortar, cerrar y labrar con las herramientas ordinarias. Se pueden soldar usando una varilla de soldadura de polipropileno y un soplete de gas inerte para que el polímero se funda sin oxidación. De este modo se fabrican cajas grandes y tanques. La lámina delgada puede estamparse en caliente y las películas para envolturas se pueden sellar por la acción del calor. La superficie de objetos moldeados, como frascos o películas, puede tratarse a la llama o por descarga de corona para que se adhiera de modo permanente los revestimientos; por ejemplo: tintas de imprenta, adhesivos o lacas especiales en las operaciones que requieren sinterización o fusión, como el sellado por calor.

1.6 APLICACIONES

La notable combinación de propiedades físicas y químicas comprobada en el polipropileno da a este material una extraordinaria posibilidad de aplicaciones. Sin embargo la introducción relativamente reciente de este polímero en escala comercial no ha dado tiempo suficiente para explorar todas sus posibilidades. La razón es la alta resistencia-peso del polipropileno la hace altamente aplicable en diversidad de artículos, como maletas, piezas de automóvil, accesorios de aspiradoras, cámaras y proyectores, máquinas de oficina, envases de detergentes, frascos, estuches de radio y televisión, juguetes, tacones para zapatos, enseres caseros, mangos de utensilios, piezas de refrigerador y cajas de baterías.

Los productos pueden ser moldeados con finos detalles que muestran muy buen acabado, superficie dura y excelente rigidez. La alta resistencia térmica del polipropileno tiene importancia no sólo en los usos que requieren esterilización por vapor, como los utensilios de hospitales, sino en innumerables piezas funcionales y decorativas que no deben sufrir distorsión a temperaturas elevadas. Tubos, empalmes y válvulas son buenos ejemplos de los usos funcionales del polipropileno; hasta ahora, estos artículos requerirán extensas operaciones de labrado a máquina.

Por sus excelentes propiedades dieléctricas, incluso a altas frecuencias, el polipropileno es muy adecuado para muchas aplicaciones en campos eléctrico, electrónico, de radio y televisión.

El polipropileno fundido puede hilarse en fibras cuya resistencia a la tracción y elongación son equivalentes a las del nylon. La fibra o su mezcla con otras fibras podría ser una de las aplicaciones en mayor volumen del polipropileno.

El gran número de compañías que tienen en proyecto la producción industrial de polipropileno y el entusiasmo inicial de los fabricantes de artículos son buenas señales que predicen un futuro muy brillante a este plástico, el más moderno en el campo de las poliolefinas.

Sin embargo el mayor uso de este material se encuentra en el sector de rafia para elaboración de costales para azúcar, granos y otros productos alimenticios, en películas para botanas, chocolates, dulces, productos secos, carnes frías etc., también se utiliza en fleje, botellas, tapas, parrillas, ventiladores, filtros de aire, cordeles, carcasas de electrodomésticos, fibra, tubería y cascos, en laminaciones y coextrusiones.

CAPITULO II

ESTUDIO DE MERCADO

2.1 Escenario del mercado a nivel mundial

En la información que se muestra se dan los datos de los consumos que se han tenido en los últimos años, lo que demuestra que se ha incrementado el consumo de polipropileno. En la tabla se nota que en los años de 1982 y 1988 hubo un decremento con respecto al año anterior pero en los demás casos se ha incrementado de manera notable.

2.1.1

Capacidad Instalada

(distribución Mundial)

CAPACIDAD INSTALADA

La capacidad instalada a nivel mundial fue del orden de 13.6 Millones de toneladas al año, localizada principalmente en tres regiones: Estados Unidos, Europa Occidental y Japón, las cuales integran en forma conjunta el 77% de la capacidad global.

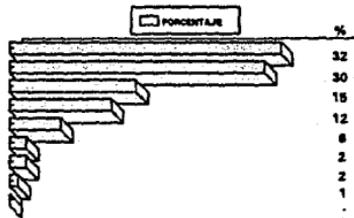
TABLA DESCRIPTIVA

CAPACIDAD INSTALADA

DISTRIBUCION MUNDIAL

Región	(M TON.)
ESTADOS UNIDOS	4,387
EUROPA OCCIDENTAL	4,050
JAPON	2,045
ASIA Y PACIFICO	1,615
EUROPA DEL ESTE	7,600
LATINOAMERICA	330
CANADA	307
AFRICA	76
MEDIO ORIENTE	

PORCENTAJE DE CAPACIDADES POR PAIS



2.2 Empresas Productoras a Nivel Mundial

La empresa productora de Polipropileno con mayor capacidad instalada a nivel mundial actualmente es Himont.

En Estados Unidos el 68% de la capacidad instalada se encuentra en cinco empresas: Himont, Amoco, Exxon, Fina Oil y Aristech Chemical.

En Europa Occidental el 68% de la capacidad instalada se encuentra en siete empresas: Himont, Hoechst, Shell, ICI, Neste, Appryl y Danubia.

Con respecto a otros países dentro de Europa Occidental en los que se encuentran Alemania, Bélgica, Francia e Italia que representan aproximadamente el 52% de la capacidad instalada en Europa. En las siguientes páginas se mostrarán las tablas para darlo de una forma más detallada principalmente:

Estados Unidos y Canadá

Europa Occidental

Resto del Mundo.

Japón al igual que la mayoría de otros países altamente desarrollados ha incrementado en forma importante su capacidad, llegando a los niveles de 2 millones de toneladas en 14 empresas productoras. El 66% de la capacidad instalada se encuentra en: Mitsui Toatsu, Mitsubishi Petrochemical, Chisso Petrochemical, Idemitsu Petrochemical, Sumitomo Chem., Tokuyama Soda, Tonen Petrochemical y Mitsui Petrochemical.

Posteriormente de las gráficas antes mencionadas y la información descrita se mostrará una tabla de los principales productores en el resto del mundo sin Estados Unidos y Europa Occidental.

2.2.1 PRODUCTORES EN ESTADOS UNIDOS Y CANADA

EMPRESA	(M. TON.)
HMONT	1,388
AMOCO	850
EXXON	464
FINA OIL	410
SHELL	398
ARISTECH CHEMICAL	318
NEKENE	228
PHILLIPS	228
SOLTEX POLYMERS	200
TEXAS EASTMAN	188
HUMETMAN	148
QUANTUM CHEMICAL	127
GENESIS POLYMERS	87
TOTAL	4694

2.2.2 PRINCIPALES PRODUCTORES EN EUROPA OCCIDENTAL

EMPRESA	(M. TON)	PLANTAS PRINC.
HMONT	565	ITALIA, BELGICA
HOECHST	440	ALEMANIA, FRANCIA
SHELL	385	INGLATERRA, FRANCIA
ICI	380	INGLATERRA, *
NESTE	375	BELGICA, FINLANDIA
APPRIY/BNC	350	FRANCIA
OMV/DASSUBA	230	AUSTRIA
AMOCO	200	BELGICA
BASF/ROW	185	ALEMANIA, ESPAÑA
SOLVAY	150	FRANCIA
D & M	140	* PAISES BAJOS
REPSOL QUIMICA	120	ESPAÑA
C.W. HÖELS	120	ALEMANIA
OTROS PROD.	280	
TOTAL	4050	

2.2.3 PRINCIPALES PRODUCTORES EN EL RESTO DEL MUNDO

EMPRESA	(M. TON)	PLANTAS PRINC.
KOREA PETROCHEMICAL	300	KOREA DEL SUR
SINOPEC	250	CHINA
MITSUBI TOYOTSU CHEM	220	JAPON
MITSUBISHI PETROCHEM.	220	JAPON
DAISIO PETROCHEMICAL	190	JAPON
HONGAM PETROCHEMICAL	190	KOREA DEL SUR
TRIZAI VEEDYS S.	170	HONGRIA
ISEMITSU PETROCHEM.	144	JAPON
SUMITOMO CHEM.	144	JAPON
PARAESTATAL	144	C.E.J.
POLYD. BRIG.	140	SINGAPUR
TOKUYAMA SODA	140	JAPON
TONEN PETROCHEMICAL	140	JAPON
MITSU PETROCHEMICAL	140	JAPON
SHOWA DENKO	138	JAPON
TAIWAN PP	120	TAIWAN
HONGAM OL.	120	KOREA DEL SUR
YANJIAN PETROCHEMICAL	118	CHINA
UBE KOSAN IND.	105	JAPON
CHEMOPETROL	105	CHECOSLOVAQUIA
NEFTOCHIM	100	BULGARIA
PPH	100	BRASIL
YUNG CHA CHEM	100	TAIWAN
OTROS PRODUCTORES	1290	
TOTAL	4828	

2.3 Consumo Aparente

El consumo mundial de Polipropileno ascendió en el último año a 11 millones de toneladas, representando Europa Occidental, U.S.A y Japón el 70% (7.7 Millones de toneladas).

El mayor consumidor de polipropileno a nivel mundial es Europa Occidental, dentro de esa región Alemania, Italia, Reino Unido, Francia y Bélgica absorben el 78% del consumo.

El consumo aparente en Europa occidental ha mostrado un crecimiento anual durante el periodo de 1985 y 1990 del 12.5%, muy por encima del promedio de los países desarrollados.

Estados Unidos y Japón mostraron un crecimiento anual del 8.7% y 7.7% respectivamente.

CONSUMO APARENTE (M. TON)

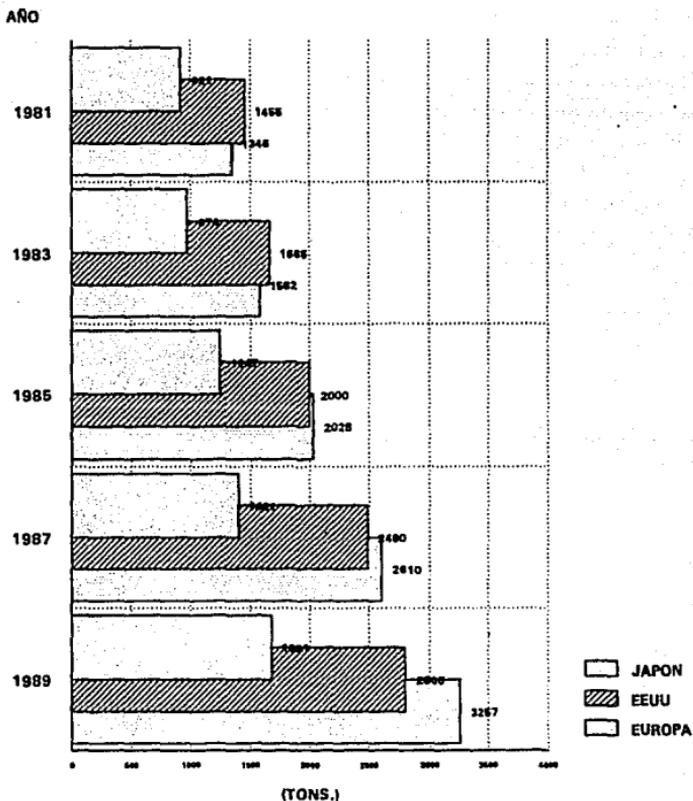
AÑO	EUROPA	E.E.U.U.	JAPON
1981	1346	1455	921
1982	1393	1312	858
1983	1582	1665	974
1984	1858	1937	1171
1985	2028	2000	1247
1986	2283	2132	1282
1987	2610	2490	1401
1988	2979	2688	1546
1989	3257	2805	1681
1990	3508	3015	1714

2.3.1 Segmentación del Consumo

Los principales sectores del consumo del polipropileno a nivel mundial son aproximadamente:

Empaque y Envase	32 %
Fibra Textil	15 %
Rafia	14 %
Mezclas y compuestos	13 %
Automotriz	6 %

2.3.1. SEGMENTACION DEL CONSUMO GRAFICA 1



GRAFICA POR SECTOR

2.3.2 SEGMENTACION EN EUROPA OCCIDENTAL

SECTOR	(M. TON)	%
EMPAQUE Y ENVASE	920	28
FIBRA TEXTIL	565	17
MEZCLAS Y COMPUESTOS	420	13
RAFFIA	395	12
AUTOMOTRIZ	355	11
BIENES DE CONSUMO	228	7
ELECTRODOMESTICOS	164	5
MUEBLES	66	2
OTROS	144	5
TOTAL	3257	

2.3.3 SEGMENTACION EN ESTADOS UNIDOS

SECTOR	(M. TON)	%
EMPAQUE Y ENVASE	745	27
FIBRA TEXTIL	404	17
MEZCLAS Y COMPUESTOS	605	21
RAFFIA	478	14
AUTOMOTRIZ	141	5
BIENES DE CONSUMO	121	4
ELECTRODOMESTICOS	774	3
MUEBLES	45	2
OTROS	189	7
TOTAL	2805	

2.3.4 SEGMENTACION EN JAPON

SECTOR	(M. TON)	%
EMPAQUE Y ENVASE	610	36
FIBRA TEXTIL	164	10
MEZCLAS Y COMPUESTOS	265	16
RAFFIA	85	5
AUTOMOTRIZ	150	9
BIENES DE CONSUMO	100	6
ELECTRODOMESTICOS	120	7
MUEBLES	28	2
OTROS	159	9
TOTAL	1681	

COMO SE PUEDE OBSERVAR EN LOS DATOS ANTERIORES LA SEGMENTACION DEL CONSUMO EN LAS TRES REGIONES ANALIZADAS SE ENCUENTRA DENTRO DE LOS CINCO SECTORES SEÑALADOS ANTERIORMENTE.

SIN EMBARGO, EN JAPON DESTACA COMO UN SECTOR IMPORTANTE EL DE EMPAQUE Y ENVASE.

2.4 PARTICIPACION Y TENDENCIA POR APLICACION

Actualmente el sector en el que más se usa el polipropileno es el de empaque y envase. En empaque la película de polipropileno orientada ha desplazado prácticamente a la película de celulosa e inicia la sustitución del papel de alta calidad. Por su parte las aplicaciones de polipropileno metalizado se encuentran creciendo rápidamente a nivel mundial y en su forma de lámina por sus ventajas de termoformado en aplicaciones de empaques asépticos.

El polipropileno también se encuentra en los mercados de botella, coextrusiones y como componente esencial en recipientes con requerimientos de alta barrera.

Los desarrollos técnicos como: el reforzado con fibra de vidrio, el modificado al impacto, y el de alto brillo y claridad, han apuntalado su penetración en el sector automotriz, el de empaque y los mercados de manufacturas domésticos y eléctricos.

En aplicaciones de ingeniería esta resina surge como uno de los principales materiales para uso en componentes automotrices interiores y exteriores. Así mismo la modificación del polipropileno se usa para producir mezclas y aleaciones para producir defensas automotrices y más recientemente con otras resinas como las poliamidas, para aleaciones que requieran alta y media resistencia mecánica.

Por su parte, Estados Unidos muestra actualmente una mayor participación en aplicaciones directas de la resina para elaborar mezclas y aleaciones, Rafia, Fibra, Textil, Recipientes y Película.

Los sectores que mayor participación han tenido durante los últimos cinco años en orden decreciente son: mezclas y compuestos, lámina, recipientes, película orientada y sin orientar y aplicaciones en artículos para el hogar y muebles.

La tendencia indica que en el futuro inmediato continuará enfocándose principalmente a las aplicaciones y sectores señalados.

2.4.1 PARTICIPACION Y TENDENCIA

DE LOS SECTORES DE CONSUMO EN E.E.U.U.

SECTOR	1981	1984	1987	1989	TENDENCIA
MEZCLAS Y COMPUESTOS	13.1	16.6	21.0	21.6	POSITIVA
RAFFIA	19.0	18.3	17.4	17.0	NEGATIVA
FIBRA TEXTIL	13.4	14.8	14.6	14.4	ESTABLE
RECIPIENTES	8.3	11.2	11.6	12.3	POSITIVA
PELICULA ORIENT.	7.6	7.3	8.3	8.0	POSITIVA
PIEZAS AUTOMOTRICES	7.7	7.2	6.6	5.0	NEGATIVA
ARTICULOS DEL HOGAR	5.6	3.9	3.3	4.3	POSITIVA
ELECTRODOMESTICOS	3.0	3.0	2.6	2.7	NEGATIVA
ART. DE LABORATORIO	2.6	2.5	2.7	2.5	NEGATIVA
LAMINA	1.1	1.3	1.5	2.1	POSITIVA
PELICULA SIN ORIENTAR	1.8	1.6	2.0	2.0	ESTABLE
MUEBLES	1.2	1.3	1.1	1.6	POSITIVA
POPOTES PARA BEBIDAS	1.0	1.0	0.9	0.9	ESTABLE
REC. ALAMBRE Y CABLE	0.7	1.1	0.8	0.7	ESTABLE
ARTICULOS DE RECREACION.	2.5	0.9	0.6	0.7	NEGATIVA
TUBERIA Y DUCTO	0.8	0.8	0.7	0.5	NEGATIVA
OTROS	10.6	7.2	4.3	3.7	

2.4.2 Proyectos y perspectivas a nivel mundial

La capacidad actual para abastecer el mercado, con tasas de crecimiento anual a nivel mundial superiores al 8%, se considera insuficiente. Aunado a esto la existencia de plantas con procesos obsoletos como son: Shell, ICI, Hoechst, Neste, Repsol, Hüels, Solvay y Amoco. Estas son algunas de las plantas que han creado la necesidad de iniciar una estrategia de optimización tecnológica y la implementación de nuevas ampliaciones y plantas con desarrollos más adecuados a la realidad y perspectiva de esta resina.

Algunos de los proyectos de expansión ó construcción que se realizan actualmente son señalados en el listado que se muestra en la página siguiente.

Adicionalmente a los 4.6 millones de toneladas, se cuenta con otros proyectos de ampliación y construcción de menor capacidad aproximadamente por 1.6 millones de toneladas.

La mayor parte de estos proyectos serán concluidos en 1992-1993, de tal forma que considerando lo anterior, la capacidad instalada mundial representará del orden de los 9.9 millones de toneladas al año, lo cual indica un crecimiento del 23% en sólo 2 años.

Cabe destacar que las regiones que participarán con mayor proporción dentro del proceso de ampliación en la capacidad instalada del polipropileno son Asia-Pacífico por los proyectos de:

Korea del sur	570,000 TONS.
India	320,000
Tailandia	230,000
China	200,000
Taiwan	130,000
Indonesia	125,000

En Europa Occidental:

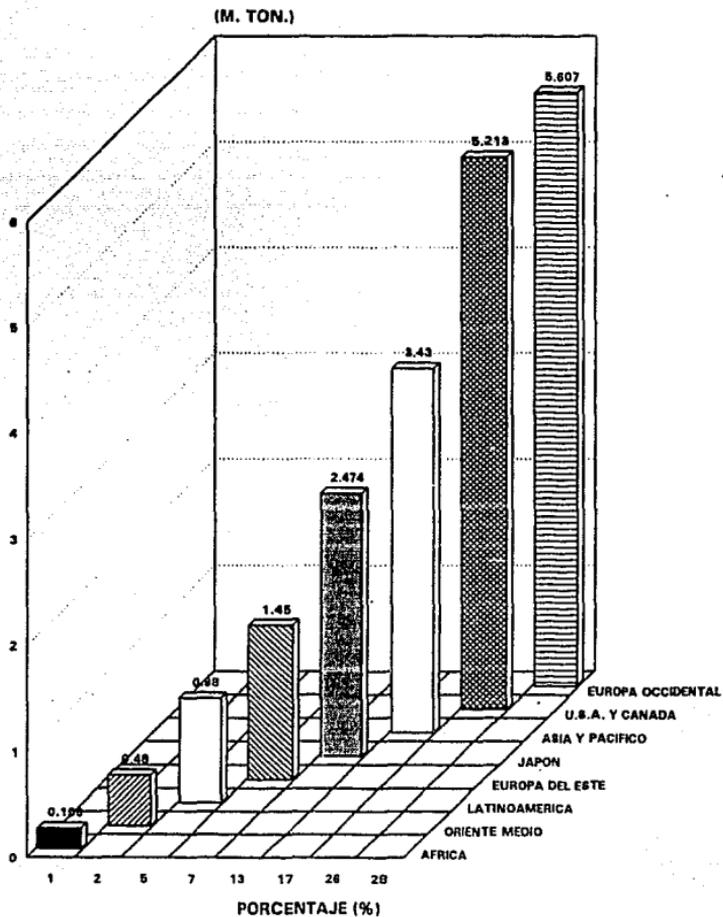
Bélgica	520,000
España	220,000
Francia	140.000
Austria	120,000
Finlandia	120.000

Los proyectos analizados anteriormente cambiarán la distribución mundial de la capacidad instalada del polipropileno. En base a estos datos se dará una tabla de la distribución aproximada posteriormente.

2.4.2 PROYECTOS Y PERSPECTIVAS DE EXPANSION A NIVEL MUNDIAL

EMPRESA	LOCALIZACION	(M TON.)
MONTEDISON	C.E.I.	500
SABIC	ARABIA SAUDITA	350
SINOPEC	CHINA	200
ISU CHEM	KOREA	200
HIMONT / STATOIL	BELGICA	180
NORTH SEA PETROCHEM.	BELGICA	180
HYUNDAI PETROCHEM.	KOREA	170
HUNSTMAN	U.S.A.	155
HMC POLYMERS	TAILANDIA	150
EXXON CHEMICAL	FRANCIA	140
MITSUBISHI	JAPON	130
Y C C	TAIWAN	130
BAHRAIN NATIONAL GAS	BAHRAIN	130
P.T. MEGAPOLYMER	INDONESIA	125
ASTMAN	U.S.A.	125
PSILON	U.S.A.	120
ORMOSA	U.S.A.	120
ASOL CHEM	SUDAFRICA	120
ELIANCE INDUSTRIES	INDIA	120
M V	AUSTRIA	120
ESTE	FINLANDIA	120
ETROQUIM COLOMBIANA	COLOMBIA	110
UZON PETROCHEM.	FILIPINAS	100
REPSOL QUIMICA / TAQSA	ESPAÑA	100
GAS AUTHORITY OF INDIA	INDIA	100
NOCIL	INDIA	100
YUKONG	KOREA	100
BRASPOL	BRASIL	100
POLYOLEFINAS	BRASIL	100
PEMEX	MEXICO	100
INDELPRO	MEXICO	100

CAPACIDAD INSTALADA DISTRIBUCION MUNDIAL EN 1993



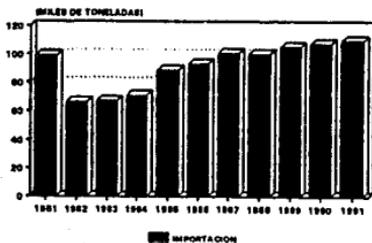
2.5

A

Escenario de Mercado

NIVEL NACIONAL

TENDENCIA



VARIACION V.S. CONSUMO ANUAL

POLIPROPILENO
(TONELADAS)

AÑO	CONSUMO	VARIACION %
1981	99,025	43.8
1982	66,310	(33.0)
1983	67,120	1.2
1984	70,835	5.5
1985	88,585	25.0
1986	93,160	5.2
1987	100,785	8.2
1988	100,225	(0.6)
1989	105,200	5.0
1990	107,350	2.7
1991	109,500	2.3

2.5.1 Importación

Dado que la demanda interna ha sido abastecida totalmente de importaciones hasta 1990, estos volúmenes son considerados como consumo real.

Las importaciones de Polipropileno se habían comportado en línea ascendente hasta 1981, año en el cual se registró el mayor consumo de la década pasada. En 1976 la demanda fue de 33,730 toneladas pasando a 99,025 en 1981, representando durante dicho periodo un aumento del 24% anual. En ese año el polipropileno superó el consumo registrado por el polietileno de alta densidad.

Sin embargo, en 1982 la demanda interna y por consiguiente las importaciones fueron impactadas negativamente debido a la devaluación monetaria.

Durante el periodo de 1985-1990 el consumo se ha recuperado en forma progresiva y más o menos constante, pasando de 88,585 a 130,300 toneladas lo que significa un aumento anual del 4.4%, dependiendo de la fuente que se nos proporcione.

2.5.2 Consumo a nivel nacional

De entre las principales empresas consumidoras e importadoras se encuentran en orden de importancia:

- Rafitek, S.A.
- Plásticos Potosinos, S.A. de C.V.
- Polipropileno Nacional, S.A. de C.V.
- Industrias Polifil, S.A. de C.V.
- Celanese Mexicana, S.A.
- Celulosa y Derivados, S.A.
- Altopro, S.A.
- Dart, S.A. de C.V.
- Novacel, S.A.
- Plásticel, S.A.
- Hidel, S.A.
- Rafias Industriales, S.A. de C.V.

Todas estas empresas utilizan el polipropileno como materia prima para algunos de sus productos que ellos elaboran tales como empaque y envase, plásticos para recubrimientos, etc.

2.5.3 Distribución geográfica del consumo en México.

El consumo de polipropileno se encuentra centralizado básicamente en los estados más importantes del país: Distrito Federal, Estado de México, Monterrey, San Luis Potosí, Jalisco, Puebla, y Querétaro.

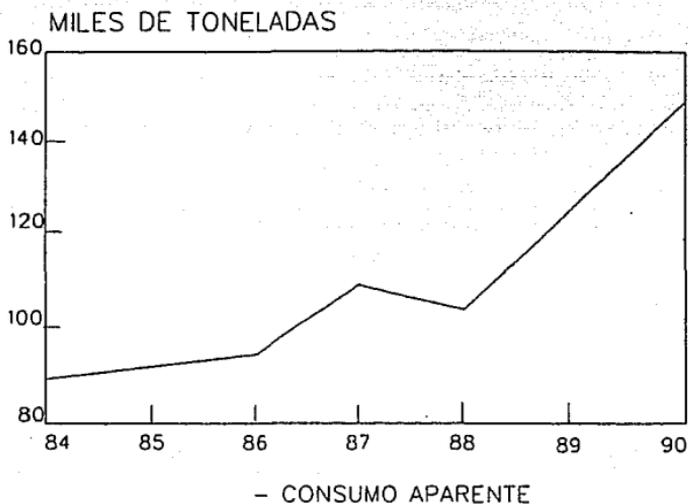
2.5.4 Capacidad instalada, producción y exportación.

Los dos proyectos que tenemos son de Indelpro y PEMEX respectivamente, que a mediados de 1991 iniciaron sus operaciones de arranque pero aún hasta este momento no se ha definido el mercado de las dos plantas y aún con las dos plantas continúan habiendo importaciones debido a la gran demanda del consumo nacional.

2.5.5 Desglose gráfico de importaciones y exportaciones

En la hoja siguiente se mostrará la tendencia del mercado y las importaciones y exportaciones desde 1984-1990.

2.5.5 Desglose gráfico de Importaciones y exportaciones



TONELADAS	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Producción	0	0	0	0	0	0	0
Importación	60,651	88,585	93,159	115,984	111,670	131,238	147,729
Exportación	0	0	0	0	0	1,232	0
C. Aparente	60,651	88,585	93,159	115,984	111,670	130,006	147,729
Incto. C.A. %	8.9	46.1	5.2	24.5	(3.7)	16.4	13.6
Cap. Instalado	0	0	0	0	0	0	0

FUENTE:

ANIQ. Investigación Directa.

PEMEX

SECOFI Estadísticas de Importación y Exportación.

NOTAS.

1) Existe un proyecto de PEMEX por 100,000 T/A

INDELPRO por 150,000 T/A

2.5.6 Segmentación del consumo por sector

El consumo del polipropileno se encuentra en función del tipo de proceso. El más utilizado en un nivel general para transformarlo es el de extrusión por medio del cual se obtiene: rafia, película para empaque de alimentos, recipientes y fibras. Entre las fibras de polipropileno se encuentran el multifilamento continuo, el hilo fibrilado y monofilamentos espumados planos y redondeados, los cuales se aplican en cuerdas, cordones, redes de pescar, cubiertas de asientos para automóvil, telas empleadas para tapicería, cerdas para cepillos de pelo y dentales, escobas, bolsas para ropa sucia y medios filtrantes industriales.

Como segundo proceso en importancia se cuenta el moldeo por inyección a través del cual se obtienen tapas para envases, carcazas para electrodomésticos como ventiladores, juguetas etc.

Uno de los procesos poco utilizado es el soplado a través del cual se producen básicamente envases para alimentos y cosméticos, compitiendo con el polietileno de alta densidad.

Como sectores de polipropileno y sus copolímeros se utilizan principalmente en México en rafia, empaque y envase y fibras. En la siguiente hoja se mostrara la segmentación aproximada del consumo en la actualidad.

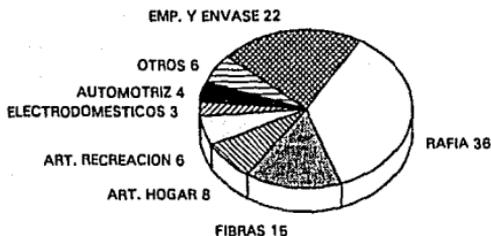
2.5.7 Participación y tendencia por aplicación.

La participación de la película y de piezas por inyección se ha incrementado durante la presente década, ya que son los usos que mostraron un crecimiento mayor. Por su parte la aplicación como rafia, ha crecido en consumo pero perdiendo participación y el de fibras ha mostrado una tendencia negativa.

De acuerdo al desarrollo de mercados que se está realizando a nivel mundial, se espera que en el corto plazo los transformadores nacionales adecúen su planta productiva hacia mercados aún prácticamente vírgenes, como pueden ser la película orientada, el envase de polipropileno clarificado, el reforzamiento con fibra de vidrio para mercados electrodoméstico y la utilización dentro del rubro plásticos de ingeniería principalmente para el sector automotriz.

La distribución geográfica del consumo en México de Polipropileno se encuentra centralizado básicamente en los estados más importantes del país: D.F., Edo. de México, Monterrey, San Luis Potosí, Jalisco, Puebla, Querétaro.

% DE SEGMENTACION DEL CONSUMO MEXICO 1990



(%) PARTICIPACION Y TENDENCIA DEL CONSUMO EN MEXICO

APLICACION	1985	1989	Target
RAFA	40	36	ESTABLE
PELICULA	18	19	POSITIVA
PIEZAS INYECTADAS (1)	18	24	POSITIVA
FIBRAS TEXTILES (2)	17	15	ESTABLE
OTROS (3)	7	6	

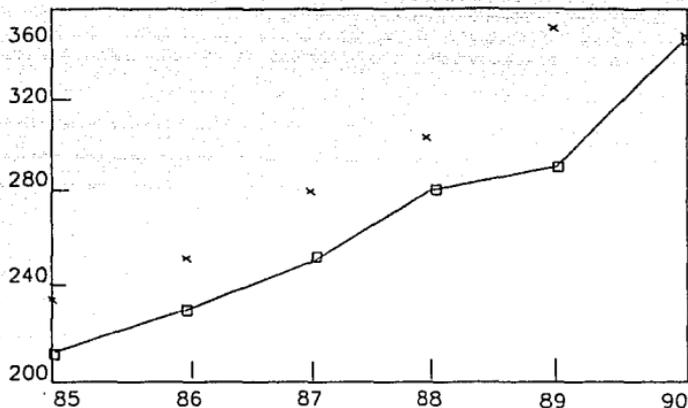
(1) INCLUYE TAPAS, TAPONES, JUGUETES, ART. DOM. Y ELECTRODOM

(2) INCLUYE FIBRAS TEXTILES Y PARA ALFOMBRA, MONOFILAMENTO, CERDA

(3) INCLUYE RECUBRIMIENTO DE ALAMBRE Y CABLE, POPOTES PARA BEBIDAS, BOTELLA.

2.6 MATERIAS PRIMAS

MILES DE TONELADAS



PRODUCCION - CONSUMO APARENTE

TONELADAS	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Producción	206,705	231,709	256,836	281,276	294,897	362,665
Importación	26,162	26,060	21,918	19,683	78,583	1
Exportación	0	0	0	0	0	0
C. Aparente	232,867	257,769	278,754	300,959	373,480	362,666
Incto. C:A. %	(4.3)	10.7	8.1	8.0	24.1	(2.9)
Cap. Instalada	360,300	360,300	360,300	360,300	387,200	387,200

FUENTE:

ANIQ. Investigación Directa.

PEMEX

SECOFI Estadísticas de Importación y Exportación

NOTAS

1) PEMEX consume el 100% de su producción.

2) cap. instalada 63,200 de plantas y 324,000 de refineries

CAPITULO III

ALTERNATIVAS DE PRODUCCION

3.1 INTRODUCCION

Los materiales que más se han parecido a los plásticos a lo largo de los años son los hules, los cuales surgieron alrededor de 1900. Este tipo de compuestos siempre se transformaron por calandreo hasta que surgieron unas máquinas que los plastificaban y lograban conducirlos a cámaras en donde recibían su forma definitiva. El equipo utilizado era de longitud corta y con un sistema de pistón para empujar el material, por lo que la plastificación no era homogénea y quedaba la pieza curada en forma no uniforme.

Este tipo se usó en un principio para transformar a los plásticos pero posteriormente en 1935, Paul Troester en Alemania diseña la primera máquina extrusora específica para plásticos, la cual en lugar de poseer un sistema de pistón se ayudaba para el sistema de transporte de material por medio de un husillo sin fin. Además este husillo y la cámara circundante estaban provistas de resistencias eléctricas para lograr el calentamiento del material.

En años subsecuentes el principio básico de las extrusoras de 2 husillos es conseguida en Italia por Roberto Colombo y Carl Pasquetti, y así continuó el desarrollo de cada uno de los procesos de transformación. Si bien existen más de 20 métodos para transformar los plásticos, su gran mayoría están basados en el proceso de extrusión debido a que por este principio básico se logra la plastificación del material.

Por otro lado y aún cuando el gran campo de los plásticos ha logrado un desarrollo enorme en el aspecto de materiales, esto no hubiera llegado a tal éxito si los equipos de transformación no sufrieran día con día innovaciones y modificaciones.

Es por ello que algunos sistemas de transformación son especiales para determinados materiales o piezas, debido a que han surgido por la necesidad de propiedades, funciones aprovechamiento máximo del material.

3.2 CLASIFICACION

Los procesos de transformación se pueden clasificar de acuerdo al tipo de materia prima que manejen, de tal forma que basándonos en que existen termoplásticos y termofijos quedarán divididos de la siguiente forma:

Termoplásticos:

- Extrusión - Termoformado
- Inyección
- Soplado
- Calandreo
- Sinertizado
- Recubrimiento por cuchillas
- Inmersión
- *- Vaciado
- *- Rotomoldeo
- *- Compresión
- *- Espreado
- *- RIM

Termofijos:

- Laminado
- Transferencia
- Embobinado de filamento continuo
- Pultrusión
- *- Vaciado
- *- Rotomoldeo
- *- Compresión
- *- Espreado
- *- RIM

(*) como observamos hay algunos procesos que son aplicables tanto a Termoplásticos como a termofijos por lo que serán considerados al final.

Termoplásticos y Termofijos

- Vaciado
- Rotomoldeo
- Compresión
- Espreado
- RIM

1 TERMOPLASTICOS

3.3. Extrusión

3.3.2 Definición

Es un proceso continuo, en donde el polímero en forma de pellets se alimenta y se funde por la acción de presión y temperatura, forzándose a pasar a través de un dado, el cual le proporciona la forma final.



En este proceso se alimentan los pellets a la tolva, en donde se pasan a la cavidad del cañón de la extrusora. Este cañón posee a su alrededor resistencias que calientan al material y en su interior un husillo que girará para plastificar al material, comprimirlo y forzarlo a transportarse a lo largo del gran cañón.

Al final del cañón existe un adaptador, en el que se colocan mallas para aumentar la presión del material, homogeneizarlo y filtrar cualquier impureza que hubiera llegado a esta parte del proceso. Alineado al adaptador existe el dado que será la parte de la maquinaria que le proporcionará la forma final al material.

De acuerdo a lo anterior y siguiendo el proceso descrito, se deben de controlar las siguientes variables de operación:

- Velocidad del Husillo
- Temperatura del Cañón
- Presión en Cabezal
- Potencia del Motor

3.3.3 Partes Importantes

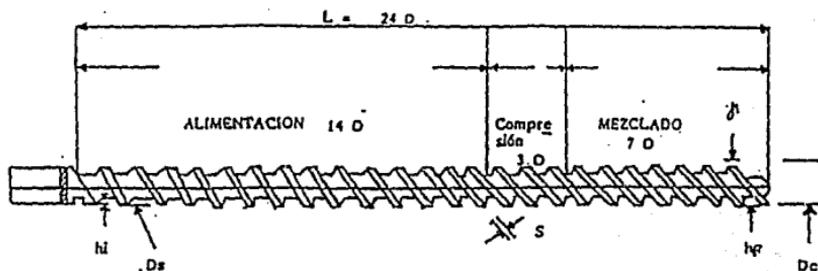
Las partes más importantes del proceso de extrusión son:

- a) Husillo
- b) Dado

El primero porque de acuerdo a sus características, será el material que se pueda trabajar, ya que cada polímero requiere de diferentes esfuerzos para su plastificación. De hecho, cada husillo se diseña para trabajar a un material en particular y es difícil que un solo husillo pueda trabajar con diferentes materiales. Por otro lado, el segundo es el que define la forma final a obtener.

3.3.4 Husillo:

Las principales características del husillo son:



D_c = Diámetro del Cilindro

D_s = Diámetro del Husillo

L = Longitud del Husillo

ϕ = Angulo de Hélice

S = Ancho de filete

h_i = Altura de la primera cuerda

h_f = Altura de la última cuerda

δ = Claro entre Cilindro y Husillo

Estas características dan lugar a relaciones y proporciones que definen todas las cualidades del husillo.

- **Relación L/D.**- Es la proporción de cuántas veces cabe el diámetro en la longitud del husillo, coincidiendo en algunas ocasiones con el número de cuerdas o filetes.

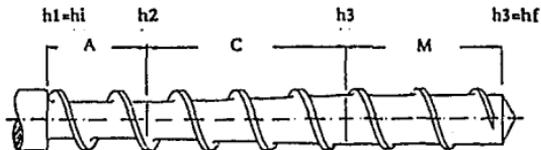
Las primeras máquinas de extrusión poseían L/D de 3:1 debido a que eran utilizadas para hules. Actualmente las L/D más comunes 20:1, 24:1, 30:1, 36:1, cubriendo la mayor parte del mercado las dos primeras.

Los diámetros más comunes son de 30, 45, 50, 60, 75, 120, y 150 mm. Se considera la longitud del husillo de la primera cuerda hasta la punta del husillo y al aumentar esta longitud se obtiene un mayor rendimiento.

La ventaja de L/D grandes es que se logra una mayor plastificación y un excelente mezclado, además de tener un mejor control de temperaturas.

- **Relación de compresión.**- Es la relación de cuantas veces cabe la altura de la primera cuerda en la altura de la última cuerda. Debido a que el husillo no presenta paredes paralelas sino que estas inician una inclinación hacia la punta del husillo, por lo que van dejando un menor espacio entre el husillo y el cañón, de tal forma que al principio se comprime el material para fundirlo y al final se deja un menor espacio para dejar paso al material plastificado.

- **Zonas de los Husillos.**- Lo husillos se dividen en tres zonas, de acuerdo a la variación de la profundidad del filete, es decir la primera cuerda presenta una $h_1 = h_i$ y permanece aproximadamente constante hasta una h_2 donde cambia y que permanece constante hasta llegar a la siguiente zona donde cambia a una h_3 que es igual a la h_f .



A= Zona de Alimentación
C= Zona de Compresión
M= Zona de Mezclado

1) Alimentación.- Su función es tomar el material en forma de pellets, transportarlo, comprimirlo y alimentarlo a la zona de compresión.

2) Compresión ó Transición.- Es así llamada porque aquí se efectúa la transición del polímero de su estado sólido a un estado viscoelástico. De esta forma el material logra estar lo suficientemente viscoso y deformable para que se mezcle homogéneamente y se transporte a la zona de mezclado libre de puntos no fundidos.

3) Mezclado ó Descarga.- Esta zona mantiene el estado viscoelástico del material y termina de homogeneizarlo para enviarlo al dado dosificado y a una presión constante.

3.3.5 Clasificación

Las máquinas de extrusión se clasifican en la siguiente forma:

FOR TIPO DE PROCESO

Continuo		Extrusores de Husillo Extrusores de Tambor
Discontinuo		R A M Embolo Simple
		Embolo Múltiple
		Reciprocante

FOR TIPO DE HUSILLO

Monohusillo

Venteado

Doble Husillo		Contrarrotación
		Corrotación

Multihusillo		Extrusor Planetario
		Extrusor con 4 Husillos

FOR TIPO DE DADO

General	Tubería Perfiles Monofilamento Palletizado
Plano	Película Monorientada Película Biorientada Lámina Rafia Coextrusiones Laminaciones
Tubular	Película Coextrusiones

3.3.6 Por Tipo de Proceso

a) Continuo

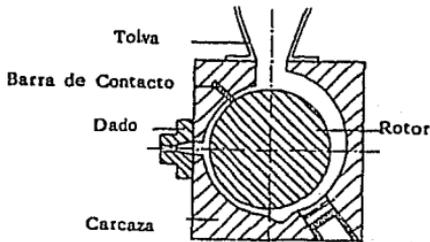
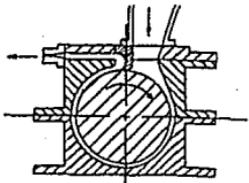
- Extrusores de husillo

Siguen el principio básico de la extrusión y la clasificación por tipo de Husillo se dará a continuación.

- Extrusores de Disco o Tambor

El material es alimentado por una tolva y cae en el espacio anular que queda entre el rotor y el cañón. Por el movimiento rotacional el material se va plastificando hasta llegar a la parte del dado, como se muestra a continuación:

EXTRUSOR DE TAMBOR



La ventaja que se tiene con este extrusor es que el material muy viscoso sí llega a plastificarse y moldearse sin necesidad de forzar la máquina y desgastar el equipo, que es lo que pasaría al utilizar un equipo de husillo.

b) Discontinuo

- R a m

Este tipo de proceso también es llamado de émbolo y es el ideal para adecuarlo al proceso de inyección y soplado.

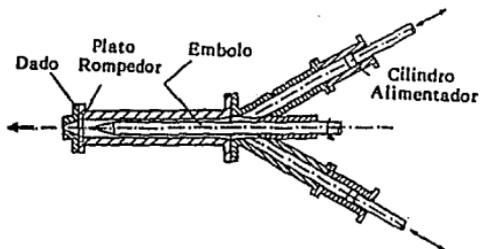
Presenta 2 limitantes:

- a) Capacidad limitada de fundido
- b) Temperatura no uniforme de fundido

Existen 2 tipos:

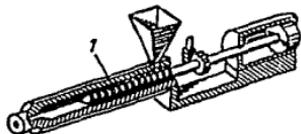
- De émbolo simple.- Alcanza presiones de 3000 kg/cm² y velocidades de 250 golpes/minuto; sirve principalmente para compactar el producto en polvo, formar una pasta y esa pasta llevarla a la extrusión o inyección de la pieza deseada.

- De émbolos múltiples.- Como se mencionaba en este tipo de extrusor el proceso es discontinuo, pero al cambiar a émbolos múltiples se cambia a un proceso continuo; siguiendo la misma secuencia de compactación, plastificación y empuje del material. llegando a parecerse más a la extrusión con las 2 limitantes anteriormente mencionadas.



- Reciprocantes

La única diferencia con el Ram es que en lugar de poseer un pistón, posee un husillo pero el principio de funcionamiento es el mismo.



El Husillo al principio gira en un sentido y retrocede para llenar los espacios de los filetes del material a transformar, después de que se ha llenado completamente gira en el otro sentido y entonces inicia el avance a lo largo del cañón por lo que el material se va comprimiendo y plastificando hasta llegar al dado. Finalmente, después de haber vaciado el material, el husillo nuevamente cambia el giro para nuevamente alimentarse de material y reiniciar el proceso.

3.3.7 Por tipo de Husillo

a) Monohusillo

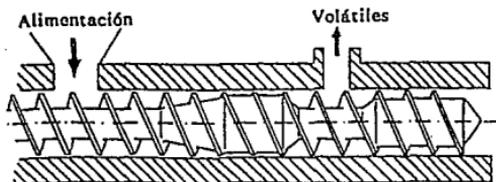
Es la más importante y común en el sector de transformación debido a su bajo costo y diseño directo. En este caso se alimentan los pellets por la tolva, fluyendo por gravedad hasta el cañón donde al caer entre el husillo que gira y el cañón, se comprimen, transportan y plastifican, hasta llegar al dado.

b) Venteado

Este equipo presenta en el cañón orificios, por los que escapan ó se extraen volátiles, además de presentar la posibilidad de adicionar aditivos ó cargas a lo largo del cañón. El diseño de husillo es mas complejo debido a que el flujo debe de permanecer constante permitiendo la salida de volátiles y la no acumulación de material.

Estos husillos son de dos etapas, una de compresión y otra de descompresión, de acuerdo a las zonas venteadas, y por ello requieren en ocasiones L/D del orden de 50:1

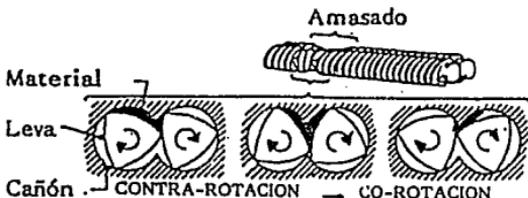
En el caso de que el equipo venteado posea 2 husillos, es más complicado su diseño, pero presenta la ventaja de extraer hasta un 15% de volátiles, mientras que el sencillo sólo extrae un 5%.



c) Doble Husillo

Se caracterizan por el corto tiempo de residencia del material y por el bajo perfil de temperaturas que manejan. Estos parámetros son los que se deben cuidar en materiales sensibles al calor ó a la elaboración de master - batch.

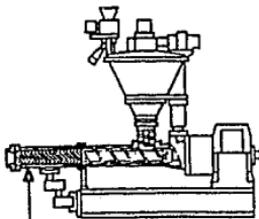
Esto se debe a que se logra una mejor homogeneización mediante los 2 husillos y que estos plastifican al material en base a esfuerzos de torque y no en base a aumento de temperatura. Dentro de éste tipo de extrusores se clasifican en; 1) Contra-rotación y Co-rotación. Esta clasificación solo depende del sentido de giro de los husillos, teniéndose el primero para la elaboración de aleaciones con velocidades de 400 a 700 RPM.



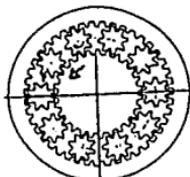
d) Multihusillo

En este tipo de extrusor son integrados más de 2 husillos para lograr amasados especiales ó plastificar materiales con sumo cuidado. En esta clasificación se tienen los siguientes tipos:

- Extrusor planetario.- Su zona de alimentación es muy similar a la de simple husillo, pero después sigue una zona de engranes planetarios donde se colocan 6 ó más husillos más pequeños alrededor del cañón como se muestra a continuación:



Sección del
Mecanismo Planetario



Detalle de la sección
del Mecanismo Planetario

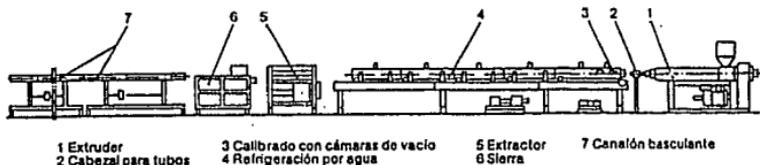
3.3.8 Por tipo de dado

a) General

Se denomina que se trata de un extrusor de "Dado General", cuando este va a ser utilizado para obtener tubería, perfiles, recubrimientos de alambre 6 clave y monofilamento, es decir que el dado comunmente va a ser circular.

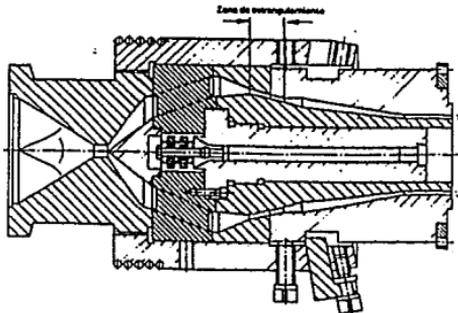
Tubería

Para obtener este tipo de productos se requiere de la siguiente línea



Cabezal.- En el cabezal se acopla el dado y se utilizan de preferencia del tipo recto, cuando se utilizan cabezales angulares es porque se va a tener un calbrado interno.

Quando se trata del cabezal recto, al centro se le llama "Mandril" que se sujeta mediante tornillos.



Como estos tornillos impiden el paso de material, dan lugar a marcas ó señales, por lo que es preciso estrechar la forma cónica del mandril y la parte del cabezal.

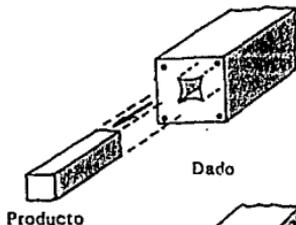
Calibrado Exterior.- Es el más utilizado y consiste en discos que sujetan la tubería que van controlando el diámetro de la misma, limitando el crecimiento del tubo debido al aire inyectado dentro del mismo por el mandril.

Calibrado Interior.- Dentro del mandril existe un orificio por el cual se introduce aire a la tubería; este aire va llenando el tubo, por lo que al aplicar vacío exterior en la tina de enfriamiento el aire dentro de la tubería, tiende a salirse, por lo que redondea en forma perfecta.

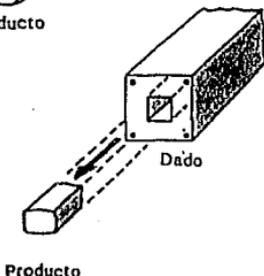
- Perfiles

Para obtener este tipo de piezas únicamente el dado se modifica con otro tipo de aberturas para dar la forma deseada a la pieza.

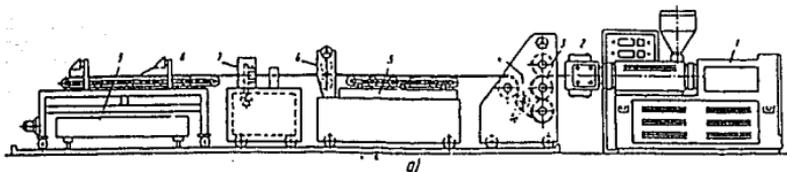
Como un proceso continuo se enfría el perfil con un baño de agua fría, calibrándolo previamente en forma interna ó externa y al momento de jalarlo en lugar de embobinarlo se corta a las dimensiones deseadas.



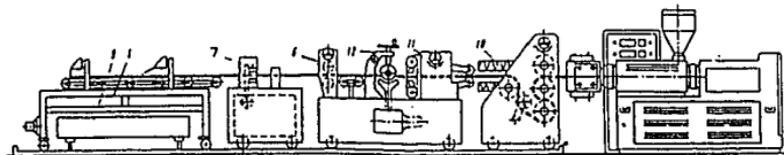
Dado deformado que quiere un Perfil Cuadrado



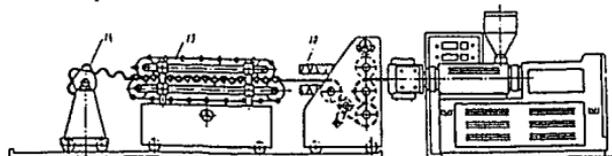
Perfil Deforme de Dado Cuadrado



a)



b)



c)

Instalación para fabricar láminas de material termoplástico:
 a, lisas; b, con ondulación longitudinal; c, con ondulación transversal.

b) Dado plano

Por este proceso se obtiene:

- Película Monorientada

Por este proceso se tiene un dado hasta de 1.50 metros que sólo presenta una abertura por la que sale el material fundido. Para controlar el espesor de la película generada se tienen tornillos calibradores los cuales se ajustan y aprietan para disminuir el espesor. Para lograr una salida homogénea del material en ocasiones se tiene una lámina a mitad de la abertura del dado, la cual proporciona un ajuste fino del calibre. La orientación de la película se logra al dejarla caer en rodillos, los cuales jalan, estiran y enfrían la película en sentido de la máquina.

- Película Biorientada

Cuando se trata de una película biorientada es el mismo proceso que en el caso anterior, con la diferencia de que después de haber obtenido la lámina se sujeta con mordazas por sus costados y se lleva a una zona de calentamiento para reblandecerla nuevamente, de tal forma que ya reblandecida se estire en forma transversal y se logre una doble orientación.

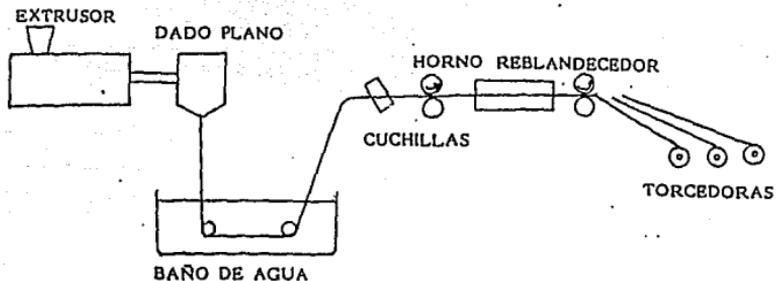
- Lámina

La diferencia con el proceso de película monorientada es que el producto a obtener resulta de un mayor espesor, llegando a ser hasta de 3 mm.

- Rafia

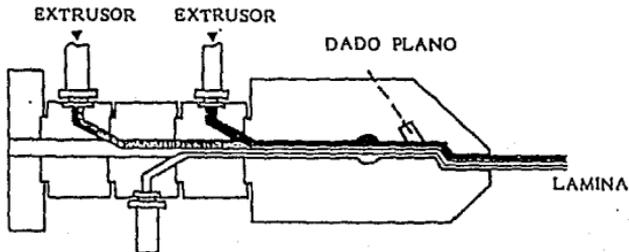
Para obtener este producto el material fundido que sale del dado plano se deja caer sobre una plancha de metal que posee muchos dientes y que genera la separación entre tira y tira.

Estas tiras son enfriadas y estiradas para embobinarlas posteriormente ó si es necesario llevarlas a una máquina torcedora para que den lugar al hilo de rafia ya enrollado.



- Coextrusiones

En este caso se poseen varios cañones, los cuales estarán plastificando diferentes materiales a diferentes condiciones de operación. Posteriormente la salida de todos los cañones se unirán en un solo cabezal donde darán lugar las estructuras combinadas.



- Laminaciones

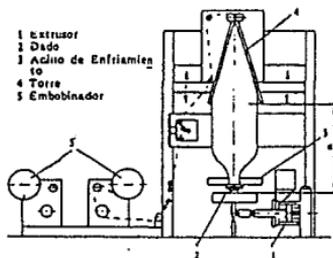
En este proceso se obtienen láminas a partir de películas obtenidas previamente. Las diferentes películas, que pueden ser del mismo o diferente material se hacen pasar simultáneamente, por una serie de rodillos los cuales por acción del calor, logran una unión física de la películas para obtener así una lámina. Todo esto se hace con el fin de aprovechar las propiedades de los diversos materiales, tales como permeabilidad, ó resistencia a diversos materiales, en forma combinada.

En ocasiones para no utilizar adhesivos que impliquen más costos para la elaboración de la estructura se aprovecha el extruir por el dado plano en el momento de la laminación, de tal forma que este material funcione como sellador entre película y película de la estructura.

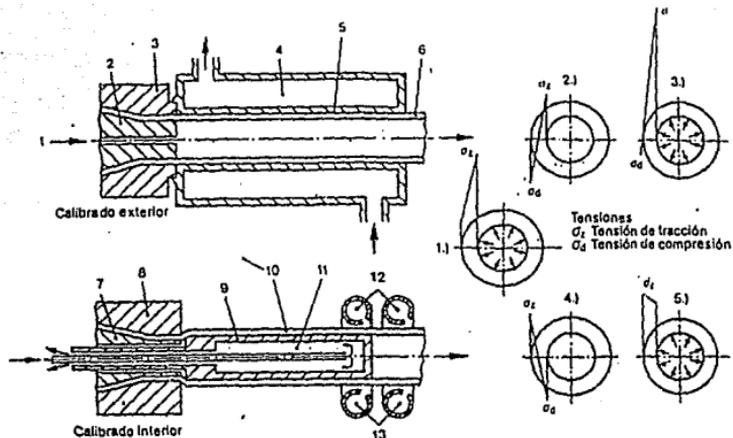
c) Dado tubular

- Película

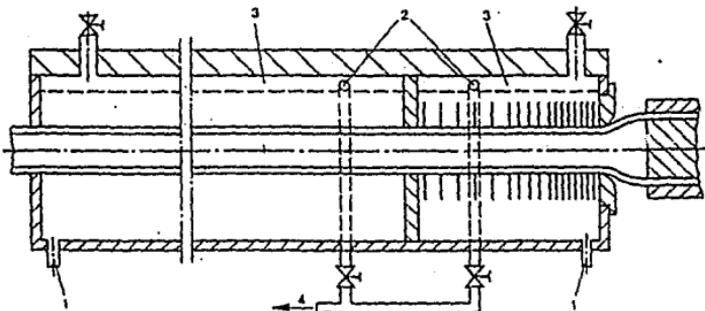
Por este proceso se obtiene toda la película doble, y consiste en el siguiente equipo



Como se observa donde inicia el cambio a otro proceso convencional de extrusión, es donde se ubica el dado y el anillo de aire. En este caso en lugar de poseer un centro cónico llamado mandril posee un centro roscado el cual ayuda a homogeneizar la salida del material.



- | | | | |
|-------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|
| 1 Entrada de aire | 5 Tubo calibrador | 9 Mandril de calibrado | 13 "Ducha" de aire |
| 2 Mandril | 6 Tubo de plástico | 10 Tubo de plástico | |
| 3 Boquilla | 7 Mandril | 11 Agua de refrigeración | |
| 4 Agua de refrigeración | 8 Boquilla | 12 Aire de refrigeración | |



- | | |
|--------------------|-----------------------|
| 1 Entrada del agua | 3 Vacío |
| 2 Salida del agua | 4 a la bomba de vacío |

3.4 Termoformado

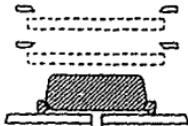
Este proceso de transformación se utiliza para la fabricación de piezas que son de gran superficie ó que deben ser de paredes delgadas. Requieren tener las características de; Memoria plástica, Elongación con el Calor, Resistencia al calor, Rango de temperatura de formado como es el caso del polipropileno.

El proceso consiste en reblandecer por la acción de calor una lámina termoplástica, adaptarla a un molde y mediante presión de aire, vacío ó un contramolde darle la forma deseada.

Los pasos de este proceso son:

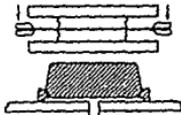
1.- Engrapado

Consiste en sujetar firme la hoja en el bastidor de formado mediante pinzas.



2.- Calentamiento

Se calienta la lámina con resistencias eléctricas a una temperatura entre los 80 y 200°C



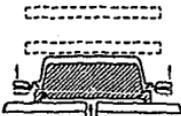
3.- Formado

Consiste en forzar a la hoja reblandecida a tomar los contornos del molde, la forma más común es al vacío



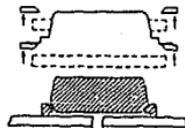
4.- Enfriamiento

Se deja la pieza sostenida en el molde hasta que solidifique.



5.-Desmoldeo

Después de solidificada la pieza, se desmolda y desprende de las pinzas sujetadoras.

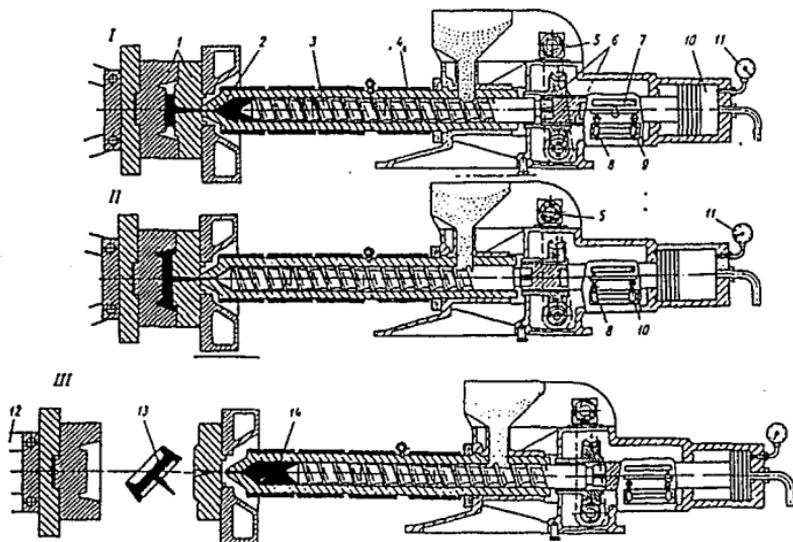


3.5 INYECCION

3.5.1 Definición

Es un proceso discontinuo, donde se alimenta el material en forma de pellets a una tolva, para que posteriormente se comprima y plastifique por medio de presión, temperatura y un tornillo sinfín, conduciéndose el material a un molde con la ayuda del husillo ó un pistón. En este molde adquiere la forma definitiva el material al solidificarse mediante enfriamiento.

En este caso solo se usan máquinas con husillo recprocante debido a que es un proceso discontinuo. La variables a controlar son: Velocidad del Husillo, Temperatura del Cañón, Potencia del Motor, Temperatura del Molde, Presión de Inyección, Presión de Cierre.



Esquema de trabajo de una máquina de inyección con husillo desplazable axialmente:

I, inyección; II, maduración y refrigeración; III, plastificación de la siguiente porción de material, apertura del molde y expulsión de la pieza.

3.5.2 Partes Importantes

Las partes más importantes de una máquina de inyección son:

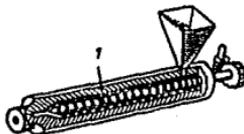
- a) Husillo
- b) Boquilla
- c) Orificio de Boquilla
- d) Sistema de cierre

3.5.3 Clasificación

El proceso de inyección se clasifica de acuerdo al husillo en:

- a) Simple Husillo

En este caso se sigue el principio básico de la extrusión acerca de la plastificación del material.



- b) Doble Husillo

Este proceso se utiliza para materiales que requieran una mejor plastificación.



3.6 SOPLADO

El proceso de soplado se utiliza en la producción de objetos huecos como botellas y frascos.

Dentro de este proceso existen varios tipos que son:

- a) Extrusión-Soplado
- b) Inyección-Soplado

3.6.1 Extrusión Soplado

Se caracteriza por lograr paredes gruesas en los recipientes, lo que les proporciona gran resistencia mecánica, aunque un alto costo por el alto consumo de material.

3.6.2 Inyección Soplado

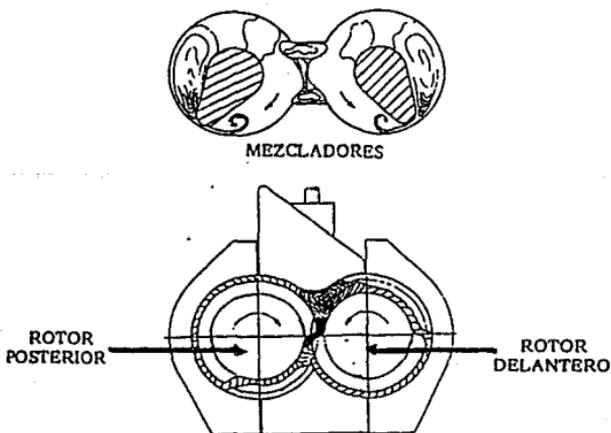
Consiste en inyectar un tubo de material, el cual será llamado preforma, extraerla del molde donde fue inyectada y sin dejar que se enfríe, introducirla a otro molde que tendrá la forma del recipiente que se desea obtener.

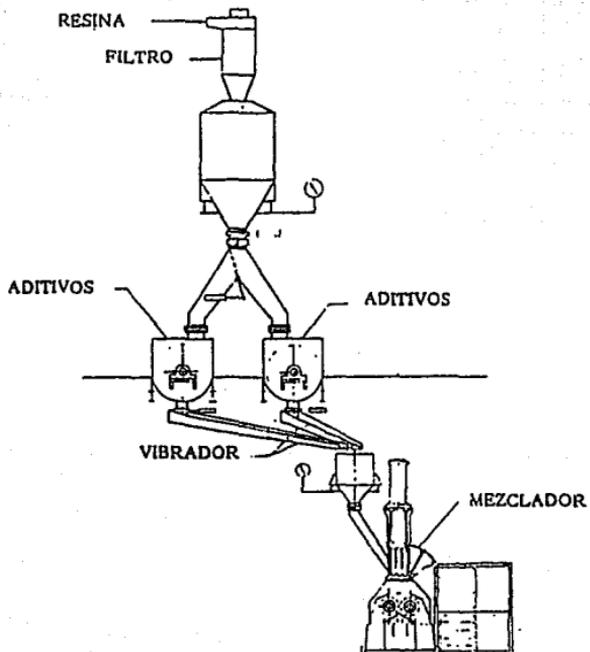
3.7 CALANDREO

Este proceso es especialmente utilizado en la manufactura de láminas y películas en grandes volúmenes. El problema de utilizar este proceso para el Polipropileno es que no se ha podido equilibrar calidad con costos de obtención del producto.

Consiste en hacer pasar la resina ya homogeneizada con los aditivos pertinentes a través de una serie de rodillos calientes, los cuales plastifican y funden el material.

La instalación previa a la calandria se muestra a continuación y es donde se integran los aditivos con el Polipropileno.





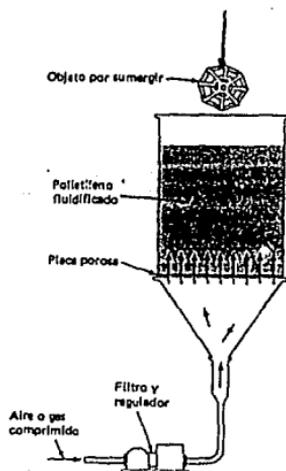
Proceso de Calandreo

Los rodillos de la calandria deben estar perfectamente pulidos para evitar cualquier imperfección de la película, y estos pueden estar colocados en diversas formas de acuerdo a las características finales que se deseen obtener.

Una vez que sale de los rodillos la película es calibrada y enfriada para proporcionarle las características finales. Con este espesor se pueden obtener espesores de 0.3 hasta 3 mm.

3.8 SINTERIZADO

Se utiliza para recubrimientos de piezas metálicas, cargadas eléctricamente y calientes, en este proceso se utiliza en muy pequeña escala la resina de Polipropileno.



3.9 RECUBRIMIENTO POR CUCHILLAS

Este proceso consiste en colocar una cantidad de plastisol en un soporte de tela o papel y hacerlo pasar a través de una cuchilla razante, la cual con un ángulo de 45° dosifica la cantidad necesaria para recubrir el material.

Posteriormente para a través de un horno, el cual logra gelar el plastisol. Este horno puede variar desde 5 hasta 50 metros, de acuerdo al producto a fabricar y el plastisol deberá de presentar una especificación de 10,000 centipoises de viscosidad para que se logre una buena adhesión.

Finalmente el material ya aplicado en el soporte se hace pasar por una serie de rodillos para enfriarlo, darle un acabado homogéneo y embobinarlo para su venta.

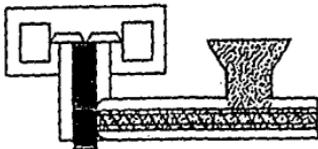
2 TERMOFIJOS

Los procesos termofijos se clasifican en tres procesos principalmente que son:

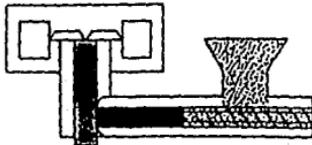
- 1) Transferencia
- 2) Embobinado de Filamento Continuo
- 3) Pultrusión

3.10 Transferencia

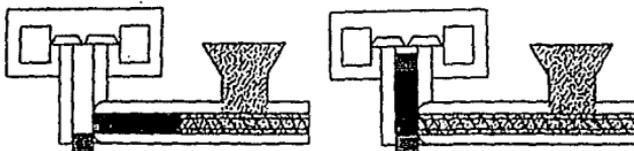
Este proceso es utilizado para la transformación de plásticos termofijos y lleva una gran similitud con la inyección de los termoplásticos como se verá más adelante. Consiste en colocar el material en la tolva de la máquina e iniciar un calentamiento previo antes de su transporte y moldeo. Este material es dosificado de tal forma que sea suficiente para llenar las cavidades y coladas del molde.



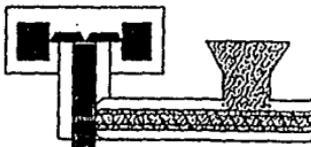
Después del calentamiento el material va siendo plastificado y transportado por medio del husillo hasta la punta del cañón de la máquina.



Al irse acumulando el material en la punta del cañón, el pistón anexo se desplaza para iniciar el llenado de su cavidad.



Al terminar de llenarse la cavidad, el pistón empuja en un solo disparo el material hacia el molde y ahí se sostiene hasta su solidificación.



Quando termina el ciclo de curado, el disparo es expulsado completamente, es decir que sale la pieza con las coladas correspondientes.

Es por esta razón, que el proceso tiene muchos desperdicios, ya que como el material es un termofijo, no son recuperables las coladas producidas.

El calentamiento y presión en el molde son las variables más importantes del proceso, ya que si el material está un poco frío, presenta poca fluidez ó no existe una presión de sostenimiento adecuada, la pieza puede salir incompleta ó con esfuerzos internos que la hagan frágil y poco funcional.

3.11 EMOBINADO DE FILAMENTO CONTINUO

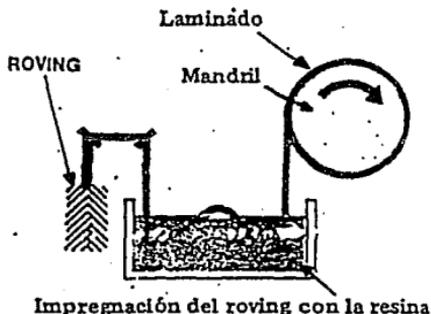
El proceso consiste en el enrollado de material de refuerzo en forma de fibra, impregnado con resina poliéster ó epóxica.

Alrededor de un mandril que puede ser cilíndrico, cónico, ó de cualquier forma que actúa como molde, al cual se le ha aplicado previamente una película de Polipropileno como separador.

El material de refuerzo pasa a un recipiente que contiene la resina y también el catalizador y un agente tixotrópico para evitar escurrimientos. Este recipiente se coloca en una plataforma que se desliza paralelamente al eje del mandril de tal manera que forma un ángulo de 55° siempre se enrolla el material de refuerzo sobre él, para darle una mayor resistencia a cargas axiales y longitudinales en la pieza final.

Después de haber logrado el espesor deseado, la pieza terminada se lleva a un horno de curado para posteriormente extraer el tubo ó tanque fabricado.

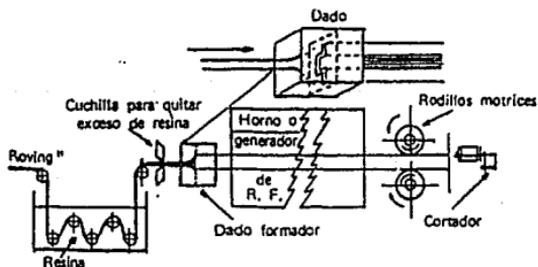
EMBOBINADO DE FILAMENTOS (FIBRA DIRIGIDA)



3.12 PULTRUSION

La pultrusión se utiliza para hacer perfiles de materiales termofijos reforzados con un filamento continuo. Se podría decir que es el paralelo de la extrusión en el caso de los termoplásticos.

El proceso consiste en impregnar fibra de vidrio con resina poliéster que ya ha sido formulada con catalizador, carga, pigmento etc.; una vez hecho esto se hace pasar por un dado de acero, el cual le dará la forma deseada, luego pasa a un horno de curado, donde se realiza la polimerización de la resina poliéster, estos hornos ya han sido sustituidos por equipos de microondas, después del horno existe otro dado formador y un rodillo jalador, para que cada determinada longitud se corte el perfil obtenido.



3 TERMOPLASTICOS Y TERMOFIJOS

Estos procesos se clasifican en cuatro tipos principalmente y la clasificación antes mencionada es debido a que se utilizan en procesos tanto para termoplásticos como para termofijos.

3.13 Clasificación

- a) Vaciado
- b) Rotomoldeo
- c) Compresión
- d) Espreado
- e) R I M

CAPITULO IV

SELECCION DEL METODO MAS IDONEO DE PRODUCCION

4.1. INTRODUCCION

Debido a que en este capítulo mencionaré a mi criterio el método más idóneo de producción, haremos una breve introducción.

Comercialmente hay dos tipos de polipropileno, el homopolímero y el copolímero. Cada uno de ellos presenta diversas características, el homopolímero por su buena resistencia a la temperatura se puede esterilizar, es por ello que se utiliza en la fabricación de jeringas desechables, y contenedores de medicamentos.

En tanto que el copolímero presenta mayor resistencia al impacto, por lo que una de sus aplicaciones es en la fabricación de botallas. Por otro lado el gran campo de aplicación de los dos tipos es, en la elaboración de películas para empaque, debido a sus excelentes propiedades mecánicas como: resistencia a la tensión, elongación, resistencia a la punzura, elevado brillo y barrera de humedad.

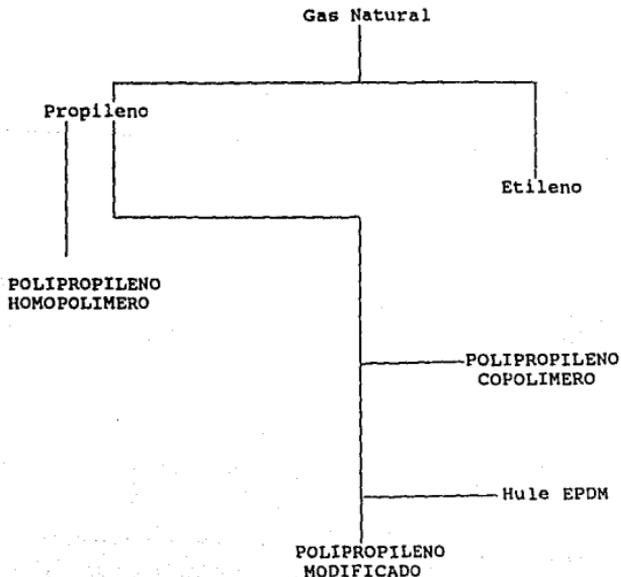
En base a la nobleza de este material y por sus elevadas características mecánicas térmicas y eléctricas se espera que en unos años más su desarrollo sea mayor en campos como el automotriz, eléctrico electrónico y en computación.

4.2 OBTENCION

El polipropileno se puede obtener a partir de 3 fuentes de materia prima base, como son:

- 1) Gas Natural
- 2) Petróleo
- 3) Carbón Mineral

Aunque la más común es el gas natural. Por medio de destilación se extrae el gas propileno y a través de la polimerización se obtiene el polipropileno en forma de pellets, como se observa en el esquema siguiente:



4.2.1 Fase Líquida

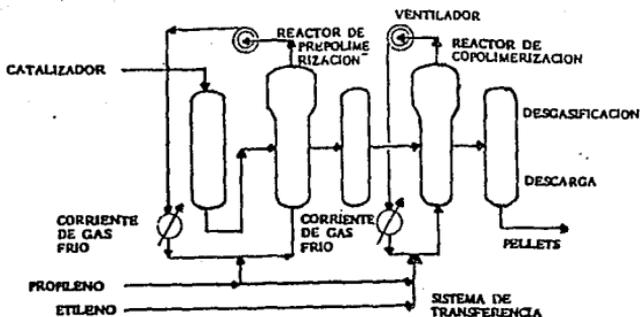
Este tipo de polimerización, se lleva a cabo mediante la alimentación a un reactor de gas propileno, un catalizador tipo organometálico y alcohol etílico como solvente. Estos reactivos se mezclan y llevan a polimerización por medio de presión, y temperatura siendo el tiempo de residencia de este proceso de 16 a 24 horas, tiempo que depende principalmente de la cantidad de solvente empleado, por ser el que elimina el calor de polimerización y remueve el residuo que deja el catalizador utilizado. Una vez efectuado esto, el producto obtenido pasa a un tanque de descarga, en donde se evapora al monómero, dejando al polímero para que se lave y empaque, y se alcancen eficiencias del 92 al 94%.

4.2.2 Fase Gaseosa

En este proceso son utilizados dos reactores en serie. Al primer reactor se alimenta gas propileno, catalizador y otras sustancia químicas; que por medio de polimerización y en una primera etapa se obtiene el grado homopolímero. Para el grado copolímero, en el primer reactor se efectúa sólo una prepolimerización, esta mezcla que aún contiene catalizador activo, es transferida a un segundo reactor en donde se mezcla con gas etileno ya contenido en el reactor y se termina de llevar a cabo la reacción con ayuda de presión y temperatura, con esto se genera un copolímero de medio impacto. Para incrementar esta propiedad en el segundo reactor se adiciona una fracción de hule EPDM, que va del 5 al 40%. Una vez efectuada la reacción, la resina pasa a un tanque de descarga en donde se desactiva y desgasifica; posteriormente es transportada a un último tanque para purificarla y finalmente pelletizarla. Este proceso no utiliza solvente, por lo que el tiempo de residencia se reduce de 6 hasta 4 horas, con un mejor control en las propiedades del producto, alcanzándose eficiencias del 99%.

A este proceso se le conoce como "Esferipol"

POLIMERIZACION EN FASE GASEOSA



Comparación de formas de polimerización

Fase Líquida	Fase Gaseosa
- Se obtiene un solo tamaño de partícula.	- Amplio rango en el tamaño de partícula que es de 0.3 hasta de 5.0 mm.
- Un solo índice de fluidez de 0.5.	- Un extenso rango de índice de fluidez que va desde 0.5 hasta 1500 gr/10 min.
- Distribución irregular del peso molecular.	- Distribución uniforme del peso molecular.
- Buenas propiedades físicas	- Mejores propiedades físicas
- Rango pequeño de punto de fusión de 148 a 165°C.	- Mejor rango de punto de fusión de 130 a 165°C.

4.3 CLASIFICACION

Al polipropileno se le clasifica de la siguiente forma:

- | | | |
|----------------------------|---|---------------|
| 1.- Por materias primas | — | Homopolímero |
| | | Copolímero |
| 2.- Por estructura química | — | Isotáctico |
| | | Sindiotáctico |
| | | Atáctico |
| 3.- Grados Modificados | | |

4.3.1 Por Materia Primas

a) Homopolímero

Para la obtención del homopolímero, se parte del gas propileno, que es la materia prima base y con la ayuda de un catalizador tipo Ziegler-Natta, se lleva a cabo la polimerización.

b) Copolímero

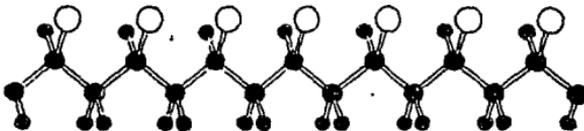
Para la elaboración del grado copolímero, el gas propileno se une con gas etileno y un catalizador del tipo Ziegler-Natta, se mezclan y llevan a polimerización. De esta forma se procesa un tipo de copolímero medio impacto, que es una de las propiedades más sobresalientes de este material. Para incrementar esta propiedad se le adiciona hule EPDM, que es un hule de etileno-propileno perteneciente a la familia de las olefinas. Es ésta la razón, por la que los proveedores ofrecen una extensa gama en grados de impacto de acuerdo al porcentaje de hule EPDM agregado.

4.3.2 Por Estructura Química

La estereo-regularidad en cadenas lineales, depende del orden en que estén colocados los grupos metilos colgantes, lo cual es una propiedad denominada Tacticidad Clasificándose en:

a) Isotácticos

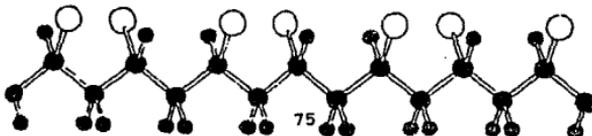
Se caracteriza por una sola posición estereoquímica de los radicales metilo a lo largo de la cadena, por lo que al alinearse con la siguiente cadena no quedan huecos que le resten estabilidad al polímero, lo que se refleja principalmente en valores altos de las propiedades mecánicas y térmicas. La estructura es la siguiente:



- GRUPO METILO
- ATOMO HIDROGENO
- ATOMO CARBONO

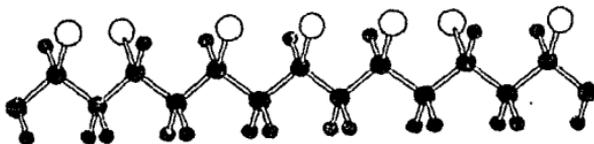
b) Sindiotácticos

En esta estructura, los radicales metilo están alternados a todo lo largo de la cadena, de manera ordenada estereoquímicamente, pero el que estén alternados es una desventaja, porque en cuanto la siguiente cadena se alinea se forman pequeños huecos en la estructura, que es lo que le resta estabilidad al polímero. Su forma es la siguiente:



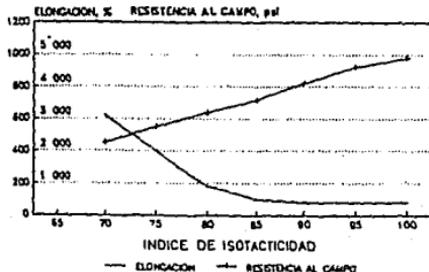
c) Atácticos

En el polipropileno atáctico los radicales metilo se encuentran al azar, a lo largo de toda la cadena, por lo que al alinearse todas las cadenas forman demasiados huecos en la estructura, lo que se refleja en la disminución de propiedades en general. La estructura es la siguiente:



Esto se controla para que sea en un mayor porcentaje isotáctico y se mide durante su producción el índice de isotacticidad, que es el porcentaje de polipropileno de una muestra que no se disuelve en n-pentano. De esto depende también en gran medida de las propiedades de tensión, que se muestran en el diagrama:

EFECTO DE LA ISOTACTICIDAD EN LAS PROPIEDADES DE TENSION



4.3.3 Grados Modificados

Por medio de aditivos se logra una gran variedad de grados, con lo que se tiene nuevas aplicaciones, los aditivos que se utilizan son:

a) Lubricantes

Un lubricante externo-interno como las amidas, incrementan el rendimiento del extruder, y si se les combina con otro lubricante, como el estereato de calcio se reduce la fricción en el dado y el husillo. Para la fabricación de película, son utilizados como lubricante externo el monoestearato de glicerol y los ésteres montánicos.

b) Cargas

Al reforzar a polipropileno con cargas como; la fibra de vidrio, carbonato de calcio y talco, son incrementadas sus propiedades mecánicas, térmicas y físicas.

c) Antioxidantes

Para evitar la degradación durante la transformación debido a las altas temperaturas que se manejan, son utilizados los antioxidantes, como los estearatos de calcio, zinc y compuestos de fósforo.

d) Absorbedores de Luz Ultravioleta

El polipropileno es especialmente sensible a la radiación de luz ultravioleta, por lo que son utilizados compuestos de níquel, benzotriazoles, benzofenonas y aminas.

e) Agentes Nucleantes

Esta aplicación es reciente, y son utilizados (principalmente el Bióxido de Silicio y Titanio) con frecuencia en la manufactura de artículos como botellas, películas y contenedores de alimentos, para incrementar las propiedades ópticas como el brillo, transparencia y sobre todo para disminuir la nebulosidad.

f) Retardantes a la Flama

Los campos principales, de los retardantes a la flama son la industria automotriz, eléctrica, electrodomésticos y muebles, sectores en los cuales el polipropileno tiene grandes aplicaciones, y se utilizan para este fin el trióxido de antimonio ó el tetrabromobisfenol A.

4.4 PROPIEDADES

Como se mencionó en el capítulo I muy brevemente, el polipropileno es el más largo de los termoplásticos, con gravedad específica de 0.91. Al mismo tiempo existe gran variedad de grados debido al hule EPDM y las cargas utilizadas, por lo que hay proveedores que ofrecen una extensa gama de productos.

El polipropileno homopolímero presenta alta resistencia a la temperatura, por lo que puede esterilizarse por medio de rayos gamma y óxido de etileno, tiene muy buena resistencia a los ácidos y bases a temperaturas abajo de los 80°C, no hay ningún solvente orgánico que lo pueda disolver a temperatura ambiente. Tiene buenas propiedades dieléctricas, la resistencia a la tensión es muy buena en combinación con su elongación, su resistencia al impacto es buena a temperatura ambiente, pero a temperaturas abajo de los 4°C se vuelve frágil y quebradizo.

El tipo copolímero presenta muy buena resistencia a bajas temperaturas, es más flexible que el tipo homopolímero, su resistencia al impacto es mucho mayor y más aún si se le modifica con hule como el EPDM, se incrementa su resistencia a la tensión al igual que su elongación, aunque su resistencia química es inferior a la del tipo homopolímero. Por otro lado su resistencia química a elevadas temperaturas disminuye.

4.4.1 Propiedades Físicas

Densidad.- Esta propiedad es útil para determinar la cantidad de materia prima que se va a utilizar en la fabricación de un determinado artículo.

El polipropileno es uno de los termoplásticos de menor densidad, lo cual hace que el rendimiento en producción sea mayor. Su rango de densidad es de 0.89 a 0.91 gr/cm³.

Absorción del agua.- El polipropileno es un material que no absorbe humedad por lo que se evita el secado previo al procesamiento y mantiene una buena estabilidad dimensional, incluso en ambientes altamente húmedos.

Contracción de moldeo.- El rango de contracción de moldeo es considerablemente alto (2%) por lo que debe de tomarse en cuenta durante el diseño de moldes, principalmente en el proceso de inyección.

Índice de fluides.- Esta propiedad es determinante para la elección del grado de material de acuerdo al proceso de transformación que se vaya a utilizar y a la vez es una medida directa de peso molecular del material. A medida que es más pequeño, la rigidez es alta y cuando el índice de fluidez es elevado la rigidez disminuye, el brillo aumenta y se facilita la inyección en piezas de diseños intrincados.

Para cada proceso y aplicaciones, se tienen diferentes índices de fluidez.

4.4.2 Propiedades Mecánicas

Resistencia a la tensión.- La resistencia a la tensión, del polipropileno está en término medio, en comparación con los demás termoplásticos, la ventaja es que su resistencia es incrementada considerablemente durante el proceso de fabricación de películas, rafia y cuerdas.

Elongación.- La elongación de este material fluctúa entre 400 y 430%, razón por la cual, en la fabricación de películas es posible efectuar el estiramiento en dirección máquina y transversal. Para la rafia y cuerdas sólo es en dirección máquina, el estiramiento es de 6 a 8 veces más, lo que se refleja en un mayor rendimiento del material.

Resistencia al Impacto.- Es de 6.8 a 8.16 cm-Kg/cm, la cual es mayor a la de los plásticos comodities y la del ABS, por lo que es utilizado en carcasas de electrodomésticos, gabinetes, cascos de seguridad, portafolios, aspas de lavadoras y botellas.

Resistencia a la flexión.- El polipropileno es un material semirrígido; su resistencia es de 600 Kg/cm², debido a ello se emplea en la fabricación de cuerdas, cajas y contenedores de alimentos.

Módulo de Flexión.- El módulo de flexión, es una medida de la rigidez del material. El polipropileno presenta una rigidez alta, la cual es mayor a la del polietileno de alta densidad, por lo que se utiliza en la fabricación de popotes.

Resistencia a la compresión.- Esta propiedad nos indica la carga que soporta un plástico, antes de deformarse, el polipropileno presenta un valor de 500 Kg/cm², debido a ello se utiliza en la inyección de sillas y soportes para muebles.

4.4.3 Propiedades Térmicas

Temperatura de ablandamiento vicat.- El polipropileno, presenta resistencia a la temperatura sin deformarse por arriba de los 85°C, por lo que puede ser esterilizado con rayos gamma y óxido de etileno. Por otro lado, en el proceso de metalizado se manejan elevadas temperaturas.

Temperatura de deflexión.- a 4.5 kg/cm² soporta 110°C por lo que es utilizado en la fabricación de piezas mecánicas como engranes.

Conductividad térmica.- El polipropileno presenta un valor muy pequeño de conductividad, por lo que el calor que absorbe, lo transmite muy lentamente, lo que se refleja en ciclos más largos de enfriamiento, durante su transformación.

Resistencia al calor continuo.- Es la capacidad que presentan los plásticos de soportar elevadas temperaturas, libres de esfuerzos mecánicos. De los plásticos commodities y el ABS, el polipropileno es el que más resistencia presenta, por lo que se utiliza en la inyección de acumuladores para automóvil.

Calor específico.- Es la cantidad de calor que se necesita para elevar en un grado centígrado su temperatura por unidad de peso; y el polipropileno es uno de los materiales que más energía requiere, para su transformación.

4.4.4 Propiedades eléctricas

La constante dieléctrica, es la capacidad de los materiales plásticos, para almacenar la energía dentro de ellos. El polipropileno es uno de los que menos la acumulan, por lo cual puede ser utilizado en circuitos eléctricos y electrónicos. En cuanto a la resistividad volumétrica, se requieren valores altos, para lograr mayor aislamiento eléctrico y es la razón de que este material se emplee en el recubrimiento de alambre y cable, su desventaja es ser más rígido que el polietileno de alta densidad y el PVC.

4.4.6 Propiedades Químicas

Este material presenta muy buena resistencia a los ácidos y bases, fuertes y débiles; solo lo ataca el ácido nítrico concentrado por arriba de los 80°C. No hay ningún solvente orgánico, que lo pueda disolver a temperatura ambiente y a bajas temperaturas se vuelve frágil y quebradizo.

CAPITULO V

BALANCE DE MATERIA

5.1 Descripción del Proceso

Existen actualmente varias tecnologías y derivaciones de las mismas para la obtención de este polímero pero gracias al estudio realizado en la elaboración de esta tesis se llegó a la determinación de sólo mencionar datos a la entrada y a la salida del proceso, ya que en la mayoría de los casos son secretos patentados o confidenciales de cada empresa o tecnología. La tecnología y por lo tanto el proceso con el que se trabajó fue la Tecnología Montedison.

Este proceso de polimerización es a través de propileno y tiene la ventaja de que se puede obtener en fase líquida, esto quiere decir que el propileno entra líquidamente a diferencia de otras tecnologías que es en fase gas. Presenta el proceso un reactor tubular seguido de un proceso flash que tiene una recirculación, donde lo que se recicla es el monómero que no reacciona en su fase inicial, en la primera fase se obtiene la homopolimerización en el reactor principal, después de esto se le agregan los aditivos correspondientes pasa por un proceso de catálisis y purificación, se hace la separación del polímero atáctico, se separa el polímero y por último se pasa al proceso de pelletizado si es necesario.

La polimerización opera a una temperatura que tiene un rango entre los (60° - 80° C). Si se desea obtener el Copolímero es necesario que al proceso se le introduzca o añada etileno como comonómero dentro del reactor de polimerización.

El grado químico usual para la polimerización es de 95% pero también se puede usar propileno grado industrial que es al 70%. Este proceso es uno de los procesos mas económicos y eficientes actualmente.

Las materias primas que se utilizan son propileno, Hidrógeno, Etileno, Nitrógeno y algunos aditivos como activadores.

Así mismo podemos decir que por cada 1000 Kg de polipropileno que se obtienen se necesitan 1010 Kg de propileno, 100 metros cúbicos de Agua a una temperatura entre los 6 y 8 °C, de energía eléctrica se requieren 180 KWhr y en estabilizadores y otros el costo aproximado es de 20 dólares.

Ver Gráfica Anexa

5.2 Balance de Materia

La ecuación general para la tecnología del proceso anterior es la siguiente:

$$F_1 + F_2 + \dots + F_i - PP - P_1 - P_2 \dots - P_i = dw/dt$$

DONDE:

$w =$ Es el peso del material en el sistema de reacción y está dado en Kg.

$dw/dt =$ Es la diferencial de peso con respecto al tiempo del sistema y está dado en Kg/hr.

$PP =$ Flujo de polipropileno; está dado en Kg/hr.

$P_1, P_2 \dots P_i$ Es el flujo a contracorriente en Kg/hr.

$F_1, F_2 \dots F_i$ Flujos alrededor del sistema Kg/hr.

la ecuación final es:

$$PP = F_1 + F_2 + \dots + F_i - P_1 - \dots - P_i + dw/dt$$

5.3 Balance de Energía

El balance de energía proporcionado para este proceso sólo se expresará alrededor del sistema y es el siguiente:

$$F_1(HF_1 - HF_{1r}) + F_2(HF_2 - HF_{2r}) + \dots + F_i(HF_i - HF_{ir}) - \\ PP(HPP - HPP_r) - P(HP_1 - HP_{1r}) - P_2(HP_2 - HP_{2r}) - \dots - \\ P_i(HP_i - HP_{ir}) + PP \text{ HRX} + W - Q_{cw} - Q_c = 0$$

DONDE:

W= Energía (trabajo) dentro del sistema de reacción
y sus unidades son: k.Cal/hr

Q_{cw}=

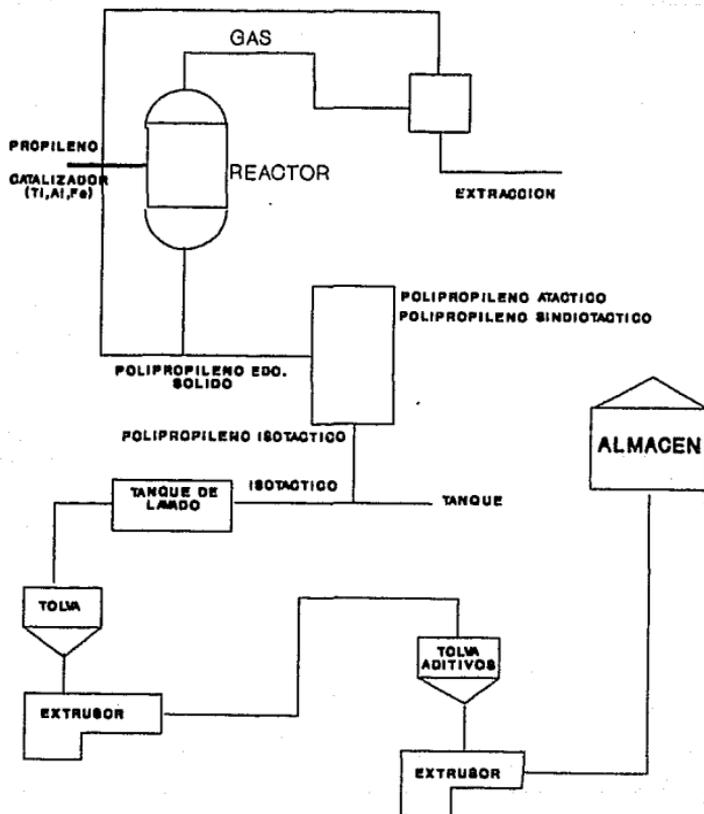
Q_c =

HP₁, P₂... P_i Entalpías de los flujos a contracorriente en
Kg/hr.

HF₁, F₂... F_i Entalpías de los flujos alrededor del sistema
Kg/hr.

POLIPROPILENO FABRICACION

PROCESO



CAPITULO VI

CONCLUSIONES

En este trabajo se logro dar a conocer la importancia que tienen los polímeros en la actualidad y las grandes aplicaciones que tienen actualmente, en un mediano y largo plazo, en el mercado nacional, y en el internacional.

El objetivo de esta tesis fue realizar un estudio técnico económico en la producción de polipropileno para la sustitución de las importaciones en nuestro mercado así como analizar las alternativas de producción y determinar la capacidad de producción en nuestro país, estudio con el actual Tratado de Libre Comercio cobra mayor importancia para favorecer la exportación de productos nacionales como otra alternativa, así mismo este estudio nos permitió conocer que es una necesidad real el evitar las importaciones, las dos plantas actuales desgraciadamente no pueden atender todo el mercado nacional.

También se ha dado a conocer los grandes aspectos relevantes del producto y las ventajas que representa actualmente, así como la importancia que tiene a nivel industrial este producto.

Se dio a conocer por otro lado el futuro que tiene el polipropileno en cuanto al desplazamiento de otros plásticos y la gran variedad de usos que presenta el producto.

Como resultado significativo se obtuvo que el mercado meta al que va el producto tiene un crecimiento anual de 5% aproximadamente y que poco esta sustituyendo a otros productos a nivel mundial.

APENDICE I

TABLA I

PROPIEDADES	UNIDADES	CONDICIONES
GENERALES		
PUNTO DE FUSION (CRYSTALHQ)	°C.	168-170
DENSIDAD	gr/cm ³	0.901
CONTRACCION DE MOLDEO	cm/cm	0.01-0.025
TEMPERATURA DE FRAGILIDAD	°C.	-10
PROPIEDADES TERMICAS		
CARGA A PUNTO CEDENTE A 10°C.	Kg/cm ²	121
MODULO DE TRACCION, A 100°C	Kg/cm ²	601
TEMPERATURA DE DISTORSION POR EL CALOR (4.64 Kg/cm ²)	°C.	105
DEFORMACION BAJO CARGA (140 Kg/cm ² , 61hr. A 50°C)	%	2
COEFICIENTE DE DILATACION LINEAL	cm/cm/(°C.)	3.45X10 ⁻⁵ (-30 A +25°C)
COEFICIENTE DE DILATACION CUBICA	c.c./c.c./°C.)	2.32X10 ⁻⁴ (-30 A +25°C)
PROPIEDADES MECANICAS A 22.8°C. Y 50% h.r.		
RESISTENCIA A LA TRACCION	Kg/cm ²	351.5
CARGA DE TRACCION A PUNTO CEDENTE	Kg/cm ²	351.5
MODULO DE TRACCION	Kg/cm ²	11952
DEFORMACION A PUNTO CEDENTE	%	11 - 15
ELONGACION ULTIMA	%	> 220
RIGIDEZ A LA FLEXION	Kg/cm ²	12307
MODULO DE FLEXION	Kg/cm ²	11952
IMPACTO, IZOD		
	gr-mts/cm	
CON MUESCA		54
SEN MUESCA		> 1796
DUREZA, ROCKWELL R		95
PROPIEDADES DE PERMANENCIA		
ABSORCION DE AGUA (24hr. DE INMERSION)	%	0.03
PROPIEDADES ELECTRICAS		
Ch. DIELECTRICA	(a 50 Mc.)	2.25
RESISTENCIA DIELECTRICA	V./0.01 mm	204
	grueso 3175 mm	
RESISTIVIDAD POR VOLUMEN		
	(c.c.)	
	Ohm_cm	2X10 ⁻¹⁷
FACTOR DE DISIPACION 1X10 ⁻³ c.p.s.		0.00008
FACTOR DE DISIPACION 50X10 ⁻⁶ c.p.s.		0.0005
VELOCIDAD EN LA CIRCUITA	puig/MIN	0.2

TABLA II

RESISTENCIA QUIMICA DEL POLIPROPILENO

REACTIVOS Y CONCENTRACION	AUMENTO DE PESO	RESISTENCIA A LA TRACCION Kg/cm.2	ELONGACION %	ASPECTO (DESPUES DE LA EXPOSICION)
TESTIGO	-	443	34	-
INORGANICOS				
ACIDO SULFURICO DE 98%	-0.2	429	32	INALTERADO
ACIDO NITRICO FUMANTE	-0.1	439	32	AMARILLO
ACIDO CLORHIDRICO DE 30%	-0.2	449	36	INALTERADO
ACIDO FOSFORICO DE 85%	+0.1	454	34	INALTERADO
HIDROXIDO SODICO DE 52%	-0.2	527	38	INALTERADO
AMONIACO DE 30%	+0.3	465	30	INALTERADO
PEROXIDO DE HIDROGENO DE 30%	+0.2	508	34	INALTERADO
AGUA SATURADA DE BROMO	+20.5	446	35	PALIDO OSCURO
ORGANICOS				
ETEN DE PETROLEO	+5.0	440	36	LIGERO HINCHAMIENTO
BENCENO	+3.4	430	40	LIGERO HINCHAMIENTO
XILENO	+7.0	440	38	LIGERO HINCHAMIENTO
CLOROFORMO	+5.5	449	42	LIGERO HINCHAMIENTO
TETRACLORURO DE CARBONO	+13.5	435	42	HINCHAMIENTO MODERADO
DISULFURO DE CARBONO	+0.2	319	60	INALTERADO
ALCOHOL METILICO	+0.2	421	36	INALTERADO
ALCOHOL ISOPROPILICO	+0.3	421	36	INALTERADO
Glicerol Etilenico	+0.6	459	34	INALTERADO
ACETONA	+1.6	444	28	INALTERADO
ETER DIETILICO	+0.2	444	40	INALTERADO
ACETATO DE ETILO	+2.8	461	28	INALTERADO
ACIDO ACETICO GLACIAL	+1.4	450	36	INALTERADO
ACEITE DE OLIVA	+0.5	492	38	INALTERADO
TRIBUTINA	+9.5	274	55	INALTERADO
ACEITE DE TRANSFORMADOR	+0.4	368	40	INALTERADO

BIBLIOGRAFIA

INSTITUCIONES:

- BANCO NACIONAL DE COMERCIO EXTERIOR S.N.C.
- CELANESE MEXICANA S.A.
- INDELPRO
- INFOTEC
- PEMEX
- SECOFI

PUBLICACIONES:

- ANUARIO DE ANIQ 1991
- ANUARIO DEL IMPI "INSTITUTO MEXICANO DEL PLASTICO INDUSTRIAL (1991)
- CHEMICAL & ENGINEERING NEWS, NOVIEMBRE 27 1989, PP 29-30
- CHEMICAL ENGINEERING, ABRIL 20 1981, PP 80-82
- CHEMICAL ENGINEERING, MAYO 1990, PP 30-37
- CHEMICAL MARKETING REPORTER, OCTUBRE 2 1989, PP 18
- CHEMICAL MARKETING REPORTER, OCTUBRE 16 1989, PP 5-14
- CHEMICAL MARKETING REPORTER, MARZO 12 1990, PP 3
- CHEMICAL MARKETING REPCRTER, OCTUBRE 15 1990, PP 3, 34
- CHEMICAL WEEK , JUNIO 14 1989, PP 18
- CHEMICAL WEEK , NOVIEMBRE 6 1989, PP 25-26
- ENCYCLOPEDIA OF INDUSTRIAL CHEMISTRY, ULLMANS ED. VCH
- EUROPEAN CHEMICAL NEWS, MAYO 1 1989, PP 12, 15-16, 21
- EUROPEAN CHEMICAL NEWS, JULIO 31 1989, PP 15-18
- EUROPEAN CHEMICAL NEWS, NOVIEMBRE 6 1989, PP 23-24
- EUROPEAN CHEMICAL NEWS, MARZO 26 1990, PP 47

- HANDBOOK OF INDUSTRIAL CHEMISTRY, REGEL'S, PP 365-367
- HYDROCARBON PROCESSING, NOVIEMBRE 1985, PP 135-143
- MODERN PLASTICS, ENERO 1989, PP 21-22
- MODERN PLASTICS, MARZO 1989, PP 10-11
- MODERN PLASTICS, AGOSTO 1989, PP 30-33
- MODERN PLASTICS, JULIO 1990, PP 16-18
- MODERN PLASTICS INTERNATIONAL, MARZO 1990, PP 61-62
- PLASTIC FILMS, REPORTE # 159, MARZO 1985
- PLASTICS TECHNOLOGY, AGOSTO 1989, PP 51-53
- PLASTICS TECHNOLOGY, AGOSTO 1990, PP 43-46

PATENTES:

- U.S.A. # 4,956,426, SEPTIEMBRE 11 1990, GEORGE G. ARDELL
- U.S.A. # 2,528,876, NOVIEMBRE 7 1950, B.L. EVERING ET AL
- U.S.A. # 2,874,153, FEBRERO 17 1959, LEWIS W. BOWMAN