



17
24.

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**APLICACION Y ACTUALIZACION DE LAS
POLIAMIDAS EN LA INDUSTRIA DE
LOS PLASTICOS**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

PRESENTA

EMILIANO ESPINOZA GALLARDO

ASESOR:

M. EN C. ENRIQUE ANGELES ANGUIANO

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

199

7



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVANPA DE
MEXICO

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

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

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

Aplicación y actualización de las coliamidas en la Industria de los plásticos.

que presenta el pasante: Emiliano Espinoza Gallardo.

con número de cuenta: 7311963-2 para obtener el TITULO de:
Químico Farmacéutico Biólogo.

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlan Izcalli, Edo. de Mex., a 3 de junio de 1996.

PRESIDENTE	<u>Q. Jaime Mondragón Aguilar</u>	
VOCAL	<u>M. en C. Guillermo Peniceres Carrillo</u>	
SECRETARIO	<u>M. en C. Enrique Angeles Anquiano</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Q.F.B. Olivia García Mellado</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Q.F.B. Virginia Benitez Solís</u>	

**"APLICACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LAS POLIAMIDAS
EN LA INDUSTRIA DE LOS PLÁSTICOS"**

TESIS PROFESIONAL

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICO FARMACÉUTICO BÍOLOGO**

P R E S E N T A

EMILIANO ESPINOZA GALLARDO

ASESOR: M. en C. ENRIQUE ANGELES ANGUIANO

A mis padres

**José, por su honestidad y ejemplo
María, por su amor y entrega**

A mis hermanos

**Benjamin, Manuel, Gustavo, Alicia y Pedro,
por estar siempre unidos.**

A Aida Margarita

amiga, compañera, amada esposa

A mis hijos

por la motivación que me inspiran

**A la Universidad Nacional Autónoma de México
Por darme la oportunidad de lograr un
grado académico**

A mi asesor de tesis

**M. en C. Enrique A. Anguiano
por el gran apoyo y estímulos que recibí**

A todos mis profesores

por su enseñanza

A Allied Signal, Inc.

**por su apoyo técnico y darme la oportunidad
de desarrollo profesional.**

J U R A D O

- PRESIDENTE : Q. JAIME MONDRAGÓN AGUILAR**
- VOCAL : M. en C. GUILLERMO PENIERES C.**
- SECRETARIO : M. en C. ENRIQUE ANGELES A.**
- 1er. SUPLENTE : Q.F.B. OLIVIA GARCÍA M.**
- 2DO. SUPLENTE : Q.F.B. VIRGINIA BENITES S.**

ÍNDICE

	Pags
OBJETIVOS.	3
INTRODUCCIÓN.	4
Capítulo I. Clasificación de las Poliamidas.	7
1.- Estructura Química.	7
2.- Contenido de Monómeros.	13
3.- Cargas.	14
4.- Aditivos.	17
Capítulo II. Propiedades de las Poliamidas.	20
1.- Propiedades Mecánicas.	20
2.- Propiedades Físicas.	23
3.- Propiedades Químicas.	27
4.- Propiedades Térmicas.	34
Capítulo III. Obtención de Poliamidas.	37
1.- Obtención Nylon 6,6	37
2.- Obtención Nylon 6	38
3.- Obtención Nylon 11	39
4.- Obtención Versamid	40
5.- Materias Primas.	41
Capítulo IV. Eficiencia de las poliamidas contra otros Plásticos.	46
1.- Plásticos contra otros materiales.	47
2.- Nylons contra otros plásticos.	48

Capítulo V. Procesos de Transformación de las Poliamidas.	51
1.- Inyección.	51
2.- Extrusión	59
3.- Vaciado	64
4.- RIM	64
5.- Acabado	65
Capítulo VI. Aplicación de las Poliamidas en la Industria.	68
1.- Aplicación en la Industria del Empaque.	68
2.- Industria Textil.	72
3.- Industria Huleira.	73
4.- Industria Eléctrica.	74
5.- Industria de Maquinaria y Equipos.	76
6.- Industria Automotriz.	77
7- Otras Aplicaciones.	80
Capítulo VII. El Mercado de las Poliamidas.	81
1.- Estadísticas de producción de las poliamidas en el mundo.	82
2.- Productores Mundiales de las poliamidas y marcas comerciales.	86
3.- Distribución por Segmento del Mercado de las Poliamidas.	88
4.- Efecto del Tratado de Libre Comercio de Norte América sobre las Poliamidas.	89
CONCLUSIONES.	92
BIBLIOGRAFÍA.	93

OBJETIVOS

1. El objetivo principal de esta tesis es recopilar, actualizar y analizar el mercado de aplicación de los Nylon o Poliamidas, a través de la investigación de fuentes directas e indirectas y demostrar la gran importancia de la utilización de estos plásticos de ingeniería.
2. Otro objetivo es colaborar para que la información que presenta el trabajo de recopilación bibliográfica sirva de texto de consulta, no existe algún libro de texto en nuestro país que presente la información sobre la aplicación actualizada de los diferentes Nylon.
3. Aplicar las experiencias profesionales, aprovechando los conocimientos obtenidos al laborar en esta industria durante 12 años.

INTRODUCCIÓN.

Las poliamidas son termoplásticos lineales de alto grado de cristalinidad conocidas con el nombre genérico de Nylons y pertenecen al grupo de plásticos de Ingeniería. El nombre de poliamidas se deriva de que éstas tienen el grupo amida en su estructura química. Las poliamidas indican una familia de plásticos y no un tipo específico de material.

Los Nylons o Poliamidas se encuentran clasificados por su estructura química y la diferencia del número de carbonos de las moléculas reactantes que los forman, es decir un Nylon 6,6 esta formado por la polimerización de dos diferentes moléculas reactantes, una hexametildiamina de 6 carbonos y el ácido adípico también de 6 carbonos. El Nylon 6 formado por la polimerización de ϵ -caprolactama molécula reactante de 6 carbonos.

Los principales Nylons conocidos son:

NYLON 6	NYLON 10
NYLON 6/6	NYLON 11
NYLON 6/6, 6	NYLON 12
NYLON 6/9	NYLON 6/10
NYLON 6/12	NYLON 12/12

Entre esta gran variedad de Nylons, podemos señalar que el Nylon 6 y 6/6, son los más conocidos, ya que son los que se han producido por un tiempo más largo y en mayor cantidad desde que fueron elaborados o inventados y son los más aplicados es lo que llamamos el mercado de las poliamidas o Nylons. México tiene producción sólo de Nylon 6.

Los Nylons se encuentran en el mercado en gran variedad de presentaciones, ya que se pueden modificar con diferentes cargas y aditivos que les dan las propiedades adecuadas que son exigidas para

aplicaciones industriales. Estos Nylons se encuentran desde grados estándar y naturales hasta modificados con cargas minerales, fibras de vidrio y aditivos tales como absorbentes de luz ultravioleta, lubricantes, pigmentos, etc. Por ejemplo, cuando son reforzados con fibra de vidrio aumenta su alto nivel de resistencia mecánica, dureza, rigidez, estabilidad dimensional y resistencia al agua caliente. Por esta razón se utilizan mucho para la fabricación de productos automotrices y para maquinaria. Cuando contienen carga mineral las ventajas son: alta rigidez, buena estabilidad dimensional, poca deformación, superficie lisa y buena fluidez; es entonces cuando se utilizan para fabricar piezas de alta precisión.

Los Nylons fueron desarrollados inicialmente con el propósito de sustituir las fibras naturales y fueron comercializados en 1938 para la industria de empaque en los Estados Unidos de América y en 1939 para la industria textil, pero en 1942 comenzó la comercialización para la fabricación de engranes y poleas.

Con el paso del tiempo la tecnología de los Nylons ha ido avanzando muy rápido, ya que se han estado desarrollando nuevas estructuras y aplicaciones. La información sobre la aplicación y nuevos desarrollos, no se puede encontrar en un libro de texto, ésta es una de las razones que motivaron a desarrollar esta tesis y para actualizar la información que podría servir como un texto de consulta.

Debido a lo mencionado anteriormente, esta tesis tiene el propósito de revisar, actualizar, enriquecer y demostrar la importancia que tienen estos plásticos de ingeniería y los conocimientos sobre el tema y con la gran posibilidad de aplicarlos a mi actual nivel profesional.

R E S U M E N

El contenido de esta tesis presenta en el capítulo I la clasificación general de los Nylons, tanto por su estructura química como por el contenido de monómero, así como las diferentes cargas o aditivos que pueden utilizarse para mejorar sus propiedades.

El capítulo II presenta las propiedades de cada uno de los Nylons, mencionando las diferencias que existen en cada una de las cadenas, en cuanto a sus propiedades físicas, químicas y mecánicas.

En el capítulo III se revisan los procesos de obtención de estos plásticos de ingeniería, así como el equipo y las materias primas que se utilizan.

En el capítulo IV se contempla la eficiencia de cada uno de los Nylons para usos específicos, así como una comparación con otros plásticos u otros materiales en cuanto a eficiencia y propiedades.

El capítulo V muestra los diferentes tipos de transformación de los Nylons y esto depende del producto que se diseña.

El capítulo VI trata del enfoque principal de esta tesis, de las industrias que están utilizando estos plásticos, así como nuevos desarrollos y futuros usos; de este modo, se demuestra la gran importancia y versatilidad de los Nylons, que cada día ocupan más importancia entre los plásticos.

El capítulo VII nos da un panorama del mercado en el mundo, mostrando estadísticas de producción, porcentajes de uso en los mercados productores a nivel mundial y productores nacionales y de importación, así como los efectos de el Tratado de Libre Comercio de Norteamérica y las barreras arancelarias.

Este trabajo de investigación, me ha enriquecido y me ha permitido actualizar los mas modernos avances de los Nylons, los cuales me servirán para practicarlos, ya que estoy involucrado en esta industria.

CAPÍTULO I

Clasificación de las Poliamidas.

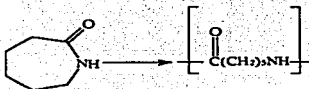
1.- Estructura Química.

Químicamente es conveniente dividir a las poliamidas en las siguientes 4 clases:

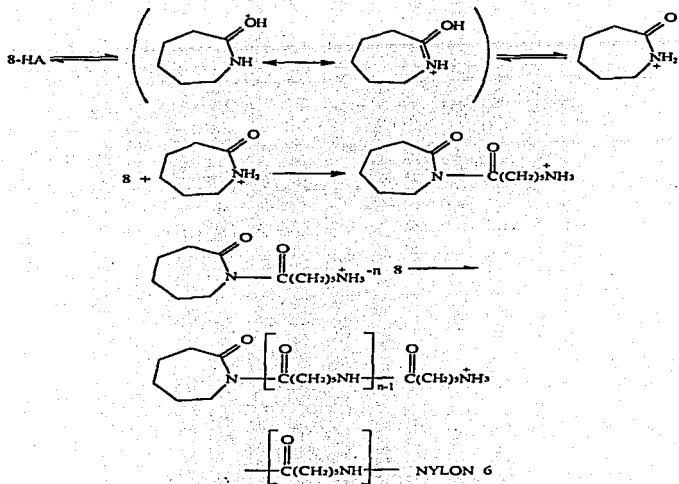
- A) Poliamidas hechas por apertura y polimerización de lactamas.
- B) Poliamidas hechas por la condensación de diaminas y ácidos carboxílicos.
- C) Poliamidas hechas por la condensación de aminoácidos.
- D) Poliamidas hechas con base de aceite vegetal.

A) POLIMERIZACIÓN DE LACTAMAS.

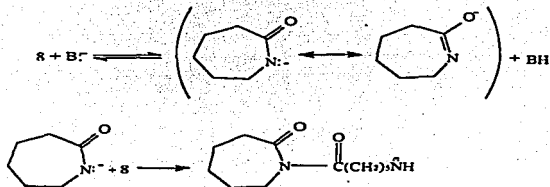
Esta es una importante reacción de polimerización y de gran éxito comercial. La más importante es la polimerización de caprolactama para obtener Nylon 6. La reacción puede ser activada con un iniciador iónico, catiónico o agua, rompiendo el anillo de lactama.

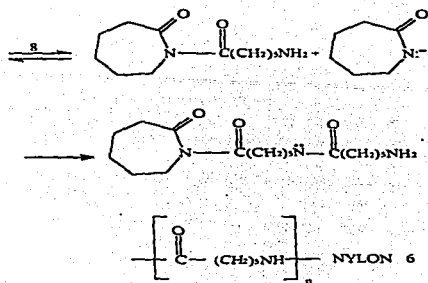


POLIMERIZACIÓN CATIONICA DE LA CAPROLACTAMA

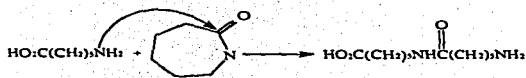


POLIMERIZACIÓN ANIONICA DE LA CAPROLACTAMA





POLIMERIZACIÓN HIDROLÍTICA



Además del Nylon 6 el Nylon 8 y 12 también son hechos por apertura de lactamas.

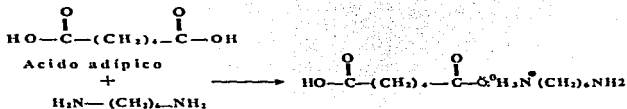
B) Poliamidas hechas por la condensación de diaminas y ácidos carboxílicos.

Estos se preparan al calentar un ácido dicarboxílico (compuesto diácido de 6 o más carbonos) y la hexametilendiamina (compuesto de 6 carbonos con grupos -NH_2 en cada extremo).

Los grupos carboxílicos y los grupos amina forman primero las sales de amonio correspondiente en la misma forma que reacciona el ácido carboxílico y el amoniaco ($\text{RCOOH} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{RCOONH}_4$).

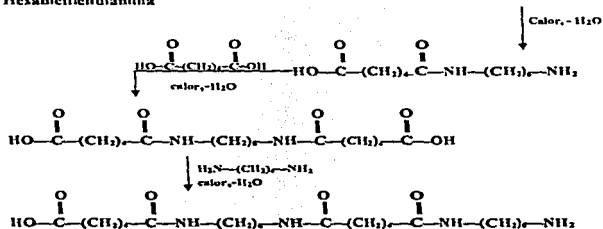
Al calentarse estas sales pierden agua para formar enlaces amida, el Nylon 6,6 es el ejemplo más importante de ésta clase de poliamidas.

Las siguientes ecuaciones muestran la preparación del Nylon 6,6



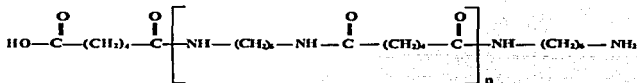
Hexametilendiamina

Sal de amonio



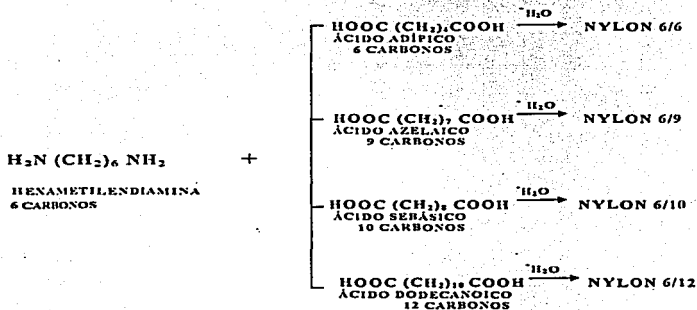
continua hasta agotar las moléculas obteniendo la siguiente estructura

general.



NYLON 6,6

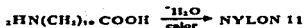
Otros nylons que se clasifican en este mismo grupo, son el Nylon 6/6, 6/9, 6/10, 6/12 y se puede obtener a partir del hexametilendiamina y los ácidos carboxílicos que se muestran en el siguiente esquema:



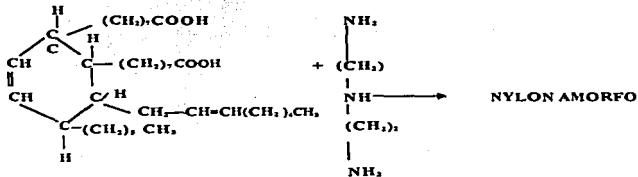
C) Poliamidas hechas por la condensación de aminoácidos.

El Nylon 11 es el Nylon producido por la condensación de aminoácidos.

La polimerización del ácido aminoundecanoico



D) Poliamidas hechas por la polimerización de aceites vegetales ácidos y poliaminas. Un ejemplo clásico es el Versamid Nylon amorfo.



2.- Contenido de Monómero.

Las poliamidas también son clasificadas, por el contenido de monómero, que las forman en homopolímeros y copolímeros.

A) Homopolímeros.

El término monómero es usado para definir una pequeña molécula reactante de la cual un polímero está hecho, polímeros con una repetición simple de estructura son llamados homopolímeros.

Dentro de los homopolímeros se incluyen las poliamidas sin modificar y que se constituyen dentro de un solo tipo de monómero. Los homopolímeros pueden tener una viscosidad baja, para utilizarse en moldeado por inyección de secciones delgadas o tener una viscosidad muy alta para emplearse en el moldeado por soplado.

El más común de los homopolímeros es el Nylon 6, que es formado por la polimerización del monómero de ϵ -caprolactama, el Nylon 11 formado por la polimerización del ácido aminoundecanoico, Nylon 12 formado por la polimerización de lauril-lactama.



B) Copolímeros.

La preparación de los copolímeros requiere sólo de la selección de los ingredientes para ser adicionados a la polimerización.

En general, los copolímeros ofrecen bajos puntos de fusión, mayor flexibilidad y solubilidad y en algunos casos transparencia, los más comercializados son: Nylon 6/6,6, 10/6,6 y terpolímeros como Nylon 6,6/10,6/6; éstos tienen un alto grado

de flexibilidad y solubilidad en alcohol-agua, este tipo de Nylons presentan una amplia gama de aplicaciones, entre las que se encuentra el tratamiento de telas y superficies en la industria textil.

3.-CARGAS. (4)(5)

Las cargas son clasificadas como minerales inorgánicos y orgánicos, naturales y sintéticos, que cumplen con la función de aumentar volumen y reducir el costo de un plástico; sin embargo, las cargas usadas en los Nylons y otros plásticos se utilizan para mejorar la resistencia de un plástico, mejorando las propiedades mecánicas, térmicas, dieléctricas y químicas. Las cargas más comunes entre los Nylons, son de fibra de vidrio y cargas minerales. Entre las cargas que se puede utilizar encontramos las siguientes.

Para aumentar volumen y reducir costo.

- Aserrín
- Pulpa de madera
- Yute
- Celulosa
- Mica
- Carbonato de calcio

Para reforzar y aumentar la resistencia mecánica.

- Fibra de Vidrio
- Fibra de asbesto
- Fibras sintéticas
- Papel

Para aumentar la dureza.

- Carbonato de calcio
- Silica
- Polvos metálicos
- Grafito
- Pigmentos inorgánicos

Para incrementar la resistencia química.

- Fibra de vidrio
- Fibras sintéticas
- Grafito

Las cargas se aplican a los Nylons de entre 5% a 40% sobre el peso de la mezcla; en otros plásticos, hasta 50% de carga es aplicable, esto dependerá del resultado que se desee obtener.

Los factores para definir una carga son:

- Costo, disponibilidad y uniformidad
- Compatibilidad con la resina
- Absorción de humedad
- Propiedades físicas
- Estabilidad térmica a temperaturas de moldeo
- Resistencia química
- Abrasividad
- Efecto de fluidez en la resina

— Los Nylons presentan diversos grados comerciales modificados cuando son cargados con:

- Fibra de Vidrio
- Refuerzos Minerales
- Bisulfuro de Molibdeno
- Grafito
- Teflón

— FIBRA DE VIDRIO

La fibra de vidrio aumenta:

- Rigidez
- Resistencia a la tensión
- Resistencia a la compresión
- Resistencia al impacto

Es decir que mejora las propiedades mecánicas de las poliamidas y disminuye en:

- La absorción de agua
- Expansión térmica.

No existe una concentración óptima de Fibra de Vidrio en las poliamidas, porque esta depende del uso final de la pieza y la combinación de propiedades requeridas, por lo que existen grados comerciales con diferentes contenidos de carga.

Las poliamidas reforzadas con fibra de vidrio, generalmente se utilizan para piezas que serán sometidas a grandes esfuerzos mecánicos.

- Los Nylons con cargas minerales aumentan sus características de resistencia al impacto y se utilizan con gran éxito en la fabricación de muebles, paneles protectores, las cargas minerales más usadas son:

TALCOS
MICAS
ASBESTOS
CARBONATO DE CALCIO

- Cargas con Molibdeno, Grafito, Teflón.

Los grados modificados con estas cargas se aplican para mejorar la lubricación natural del material, su uso tiene gran aplicación para la Fabricación de engranajes. Todos los Nylons pueden ser cargados con estos materiales pero el Nylon 6/6 es el más comercial.

Los Nylons reforzados con cargas minerales ofrecen una importante reducción en el costo, partes moldeadas con estos materiales poseen mayor uniformidad en sus propiedades por la naturaleza isotrópica de los refuerzos. Las propiedades básicas

de los Nylons reforzados son equivalentes o mejores que los sistemas sin carga y mantienen estas propiedades a temperaturas elevadas.

Los Nylons tienen excelente resistencia a la abrasión pero puede aun ser mejorada con la adición de algún lubricante externo como el teflón y bisulfuro de molibdeno.

4.- ADITIVOS PARA POLIAMIDAS. (4)(5)

Los Nylons para su uso comercial contienen aditivos, el propósito del uso de los aditivos es alterar las propiedades y aumentar la procesabilidad del Nylon.

Una gran variedad de aditivos pueden agregarse a los Nylons para mejorar sus propiedades y esto depende de la propiedad que se quiera modificar.

- A) Plastificantes
- B) Estabilizador de luz y al calor.
- C) Absorbentes de luz ultravioleta
- D) Retardantes a la flama
- E) Pigmentos o colorantes.

A) PLASTIFICANTES. (4)(5)

Los plastificantes pueden ser agregados en los pellets de resina y pueden ser extruidos posteriormente.

Estos productos incluyen, carbamidas, sulfonamidas monoméricas, compuestos fenólicos, cetonas cíclicas, ésteres y algunos alcoholes.

Los plásticos altamente cristalinos como el Nylon 6 y 6/6 son difíciles de plastificar para que adquieran una mayor flexibilidad. En el caso del Nylon 6 por ejemplo, se puede plastificar con monómero de ϵ -caprolactama, donde el exceso del mismo no se extrae del recipiente donde se ha llevado a cabo

la reacción. El plastificante disminuye la dureza del material y aumenta la resistencia al impacto.

En el caso de los copolímeros de Nylon 11 y 12 con menor grado de cristalización, se usan dioles de cadena larga y sulfonamidas de alto peso molecular como plastificantes.

B) ESTABILIZADORES A LA LUZ Y AL CALOR.

Estos son agregados a las poliamidas, para evitar su rápida degradación cuando son expuestas a altas temperaturas y a rayos solares por largos períodos de tiempo o cuando van a ser expuestas por períodos prolongados al agua caliente.

C) ABSORBENTES DE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA.

Se obtiene una disminución en la degradación del material. El aditivo más efectivo es el negro de humo en un 2.0-3.0% de concentración. Los Nylons a los que se le ha agregado este aditivo generalmente son utilizados en la fabricación de tubería, cubierta de cables y artículos en general que van a estar expuestos al sol por largos períodos de tiempo.

D) RETARDANTES A LA FLAMA.

Se utiliza para evitar combustión del polímero, trabaja creando una capa endotérmica que excluye oxígeno.

Para las poliamidas es bastante reciente la introducción de retardantes a la flama, como alúminas hidratadas y oxiclóruo de bismuto, óxido de manganeso se pueden aplicar para este propósito.

E) PIGMENTOS.

Una gran variedad de pigmentos pueden ser usados, dependiendo de las necesidades de estabilidad de calor y la exposición a la interperie de una pieza de nylon, pues ya existen pigmentos resistentes a la interperie y ataques químicos.

F) LUBRICANTES.

Los lubricantes son usados para incrementar la procesabilidad de los Nylons y la apariencia del producto final, pueden usarse estearato de calcio, ácido esteárico, ésteres, ceras de polietileno.

G) ANTIESTÁTICOS.

Son usados para reducir las cargas electrostáticas en los Nylons sobre la superficie del plástico. Los más comunes agentes electrostáticos son: Sales cuaternarias de amonio y polietilenglicol.

CAPÍTULO II.

Propiedades de las Poliamidas.

El término plásticos de ingeniería, se refiere a termoplásticos de alta realización (high Performance) que pueden reemplazar partes metálicas de piezas automotrices, enseres electrodomésticos, máquinas y otras aplicaciones industriales.

La clave característica para distinguir resinas de ingeniería de otros plásticos son las propiedades mecánicas, químicas y de durabilidad. Las poliamidas están clasificadas dentro de los plásticos de ingeniería y están asociadas con excelentes propiedades como: alta resistencia, retención de propiedades a altas temperaturas, bajo coeficiente de fricción, bajo coeficiente de expansión térmica, buenas propiedades eléctricas y buena resistencia química. Por estas excelentes propiedades los Nylons tienen una amplia aplicación industrial.

1.- Propiedades Mecánicas. (61)(22)

Las poliamidas se caracterizan por su excelente tenacidad, por su bajo coeficiente de fricción y por su alta resistencia a la abrasión, por lo cual tienen gran aplicación en la fabricación de piezas corredizas o deslizables, como engranes, bujes y levas, recubrimiento de cables y alambres.

El uso de plastificantes reduce el esfuerzo a la tensión y a la rigidez, pero incrementa el porcentaje de elongación y la resistencia al impacto en un 200% aproximadamente.

Las poliamidas tienen alta resistencia a la tensión arriba de 600 a 1600 Kg/cm² en algunos grados, alto módulo de flexión y buena resistencia al impacto.

La resistencia a la abrasión es alta a temperaturas hasta 121°C. Las propiedades mecánicas de las poliamidas varían por el contenido de cargas minerales, fibra de vidrio y por su estructura química, es decir, el contenido de monómero y la cadena de polimerización.

TABLA No. I

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS POLIAMIDAS (EN KG/CM²)

TIPO NYLON	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (KG/CM ²)	RESISTENCIA AL IMPACTO EOD(KG-CM/CM)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (KG/CM ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (KG/CM ²)	ELONGACIÓN %	DUREZA ROCKWELL
<u>NYLON 6</u>						
USO GENERAL	1050	2.7-4.5	1104.81	683.0	4-300	R119
30-35% DE FIBRA DE VIDRIO	915-1760	9.8-15.2	2462.95	1337-1407	2.4-6.0	M83-96
<u>NYLON 6.6</u>						
USO GENERAL	964	2.5-4.5	1170	9050	15-60	R120, M83
30-35% DE FIBRA DE VIDRIO	1970	7.2-20.2	2885	1689-2816	2.5-4.0	R101-119

TABLA NO. 3

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS POLIAMIDAS (1471)

TIPO NYLON	RESISTENCIA A LA TENSIÓN (KG/CM ²)	RESISTENCIA AL IMPACTO (ZODING-CMCM)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (KG/CM ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (KG/CM ²)	ELONGACIÓN %	DUREZA ROCKWELL
NYLON 6/12						
USO GENERAL	590	1-1.9	774.0	—	150.0	M78
30-36% DE FIBRA DE VIDRIO	1548.0	1.8-2.6	2252-2465	1548.0	4	M93
10% PTFE	492.59	1.0	—	—	—	—
NYLON						
6/9	598	5984	—	—	—	R111
6/10	714.25	—	24.62	—	70	—
11	563	9.8	—	—	300	R-108
12	496	8.7-36	500	—	320	R70-109
6/6,6	697	3.8	—	—	40	R119

2.- Propiedades Físicas.

Una de las condiciones que más afectan las propiedades de las poliamidas es el contenido de humedad, la cual varía dependiendo de las condiciones atmosféricas a las que se expone la resina o pieza terminada de Nylon.

Los Nylons son muy higroscópicos, el grado de absorción de agua disminuye con el incremento de hidrocarburos en la longitud de la cadena del polímero. La absorción de agua tiene un efecto plastificante, la cual causa una pérdida en la resistencia a la tensión, pero incrementa la resistencia al impacto.

La velocidad de absorción de humedad varía con el espesor y la forma de la pieza.

El cambio dimensional causado por la absorción de humedad es reversible; es decir, una pieza moldeada que está expandida, puede volver a recuperar su tamaño original al perder la humedad.

En condiciones atmosféricas normales, las poliamidas absorben agua muy altamente; hasta alcanzar un nivel de equilibrio con la humedad relativa de la atmósfera.

En algunas aplicaciones críticas es necesario que el artículo moldeado tenga cierta cantidad de humedad, para que su flexibilidad y resistencia sean las óptimas.

Los Nylons, ya sea en forma de gránulos (pellets), fibra o película, siempre tenderán a adquirir un contenido equilibrado de humedad y este equilibrio dependerá de la temperatura, la humedad del medio ambiente y el área o volumen.

Los Nylons en forma de gránulos (pellets) tienen que ser presecados para aplicarse a algún proceso de transformación, ya sea inyección, extrusión, etc. Para obtener un buen producto final, estas resinas son presecadas y empacadas herméticamente en bolsas, tambores o cajas.

Por lo tanto, no es necesario un secado adicional antes del procesamiento; sin embargo, estas resinas no deben exponerse al medio ambiente, para evitar la absorción de agua sobre todo en especial en días húmedos.

En la siguiente tabla se muestra una comparación de la facilidad de absorción de humedad bajo las mismas condiciones, de los diferentes tipos de Nylons.

Los Nylons amorfos por su estructura química, carecen de carácter higroscópico, por lo que su estabilidad dimensional es muy alta.

TABLA No. 3
TABLA DE ABSORCION DE HUMEDAD DE LAS POLIAMIDAS (4)

TIPO NYLON	Absorción de Agua en 24 Hrs
6	1.6
6/6	1.5
6 con 30-35%FV	1.2
6/6 con 30-35%FV	1.0
6/10	0.4
6/12	0.4
11	0.3
12	0.25
11 con 30-35%FV	0.20
6/10 con 30-35%FV	0.20
6/12 con 30-35%FV	0.20

TABLA No. 4

PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS POLIAMIDAS (5)(6)(4)

TIPO NYLON	DENSIDAD (G/CM ³)	ABSORCIÓN DE AGUA 24 HRS %
<u>NYLON 6</u>		
USO GENERAL	1.12-1.14	1.6
30-35% DE FIBRA DE VIDRIO	1.35-1.42	0.9-1.3
COPOLÍMERO FLEXIBLE	1.12-1.14	0.8-1.4
CAST	1.13-1.16	0.6-2.8
<u>NYLON 6,6</u>		
USO GENERAL	1.13-1.15	1.5
30-35% DE FIBRA DE VIDRIO 40-45	1.15-1.40	0.7-1.1
COPOLÍMERO FLEXIBLE	1.08	2.0
RETARDANTE A LA FLAMA	1.42	0.9

TABLA NO. 5

PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS POLIAMIDAS (3)6624

TIPO NYLON	DENSIDAD (G/CM ³)	ABSORCION DE AGUA 24 HRS (%)
<u>NYLON 6/12</u>		
USO GENERAL	1.06-1.10	0.4
30-35% DE FIBRA DE VIDRIO	1.30-1.38	0.2
10% PTFE	1.13	0.2
<u>NYLON</u>		
6/9	1.08-1.10	0.5
6/10	1.09-1.12	0.4
11	1.03-1.05	0.3
12	1.01-1.02	0.25
6/6,6	1.08-1.14	1.5-2.0

3.- Propiedades Químicas. (4)

Los Nylons se caracterizan por su gran resistencia química a la mayoría de los solventes y son muy aplicados para materiales que están expuestos a aceites, grasa y gasolina.

A continuación se presenta Tabla de resistencia química de los Nylons.

TABLA No. 6

TABLA DE RESISTENCIA QUÍMICA DE LOS NYLONS (4)

EXCELENTE: Recomendado, completamente resistente.

BUENA: Recomendado. Ligera pérdida de propiedades, decoloración, olor después de un largo período de tiempo, no es seguro a elevadas temperaturas o altas concentraciones.

POBRE: No recomendado. Ataque lento, el material es resistente por corto período de tiempo.

ATAQUE SEVERO: No recomendado. Rápido ataque químico.

TABLA No. 7

Sustancia	Temp., °C.	Concentración %	Resistencia Química			
			Excelente	Buena	Pobres	Ataque Severo
Acetaldehído	23	40		x		
Acetamida	23	50	x			
Ácido Acético	23	2		x		
Ácido Acético	23	10			x	
Ácido Acético	23	90			x	
Ácido Acético	100	2		x		
Ácido Acético	100	10			x	
Ácido Acético	100	90			x	
Acetona	23	100	x			
Acrlonitrilo	23	100	x			
Cloruro de Amonio	23	10	x			
Sulfato de Aluminio	23	10	x			
Amoniaco Acuoso	23	10		x		
Gas Amoniaco	23	100	x			
Gas Amoniaco	100	100		x		
Carbonato de Amonio	23	10	x			
Cloruro de Amonio	23	37	x			
Cloruro de Amonio	100	42		x		
Anilina	23	100			x	
Aceite de Anís	23	100	x			
Tricloruro de Amonio	23	10			x	
Cloruro de Bario	23	10	x			
Sulfato de Bario	23	10	x			
Benzaldehído	23	100			x	
Benceno	23	100	x			
Ácido Benzóico	23	Conc.			x	
Ácido Bórico	23	10		x		
Butanol	23	100		x		
Mantequilla	23	100	x			
Ácido Butírico	23	100		x		

Continuación

Sustancia	Temp. °C.	Concentración %	Resistencia Química			
			Excelente	Buena	Pobre	Ataque Severo
Cloruro de Calcio	23	Saturado	x			
Cloruro de Calcio	100	Saturado		x		
Disulfuro de Carbono	23	100	x			
Tetracloruro de Carbono	23	100	x			
Potasa Caústica	23	40	x			
Sosa Caústica	23	50	x			
Acido Clorhídrico	23	Aquoso			x	
Gas de Cloro	23	100			x	
Agua Clorada	23	Saturado			x	
Acido Cloroacético	23	10			x	
Clorobenceno	23	100	x			
Cloroformo	23	100			x	
Acido Clorosulfónico	23	100			x	
Acido Crómico	23	1		x		
Acido Crómico	23	10			x	
Acido Cítrico	23	10		x		
Acido Cítrico	23	Concentrado			x	
Aceite de Coco	23	100	x			
Cognac	23	100	x			
Sulfato de Cobre	23	Saturado	x			
Sulfato de Cobre	100	0.5		x		
Cresol	23	100			x	
Ciclohexano	23	100	x			
Ciclohexanol	23	100		x		
Naftaleno	23	-	x			
Dibutilftalato	23	-	x			
Dicloroetileno	23	100	x			
Dicetilenglicol	23	90		x		
Aceite Diesel	23	100	x			
Dimetilformamida	23	100	x			
Dioftilofalato	23	-	x			

Continuación

Sustancia	Temp., °C.	Concentración %	Resistencia Química			
			Excelente	Buena	Pobre	Ataque Severo
Dioxano	23	-	x			
Etolol	23	96		x		
Éter Etilico	23	Concentrado	x			
Acetato de Etilo	23	100	x			
Cloruro de Etilo	23	-	x			
Cloruro de Etileno	23	100		x		
Etilendiamina	23	100	x			
Etilenglicol	23	95		x		
Grasa	23	-	x			
Cloruro Férrico	23	5		x		
Cloruro Férrico	23	Saturado			x	
Cloruro Férrico	100	2.5			x	
Cloruro Ferroso	23	10			x	
Sulfato Ferroso	23	10			x	
Formamida	23	-		x		
Formaldehído	23	30		x		
Acido Fórmico	23	2			x	
Acido Fórmico	23	90				x
Jugo de Frutas	23	100		x		
Furfural	23	100		x		
Gasolina	23	100	x			
Gasolina	100	100	x			
Glicol	23	100		x		
Glicol	100	-			x	
Heptano	23	100	x			
Líquido de Frenos	23	100	x			
Acido Brómico	23	10			x	
Acido Clorhídrico	23			x		

Continuación

Sustancia	Temp., °C.	Concentración %	Resistencia Química			
			Excelente	Buena	Pobre	Ataque Severo
Ácido Clorhídrico	23	2			x	
Ácido Clorhídrico	23	10				x
Peróxido de Hidrógeno	23	1			x	
Ácido Fluohídrico	23	40			x	
Ácido Sulfuro	23	Saturado	x			
Hidroquinona	23	Diluido		x		
Tinta India	23	-	x			
Tinta	23	-	x			
Iodo	23	3			x	
Isooctano	23	-	x			
Alcohol Isopropílico	23	-		x		
Éter Isopropílico	23	100	x			
Ácido Láctico	23	90		x		
Acetato de Plomo	23	10		x		
Estearato de Plomo	23	100	x			
Aceite de Lino	23	-	x			
Bromuro de Litio	80	50				x
Acetato de Potasio	23	50	x			
Acetato de Potasio	100	50		x		
Bicromato de Potasio	23	5		x		
Bicromato de Potasio	23	10	x			
Carbonato de Potasio	23	60	x			
Cloruro de Potasio	23	90	x			
Ferrocianuro de Potasio	23	30		x		
Hidróxido de Potasio	23	10	x			
Hidróxido de Potasio	60	20			x	
Sulfato de Potasio	23	100	x			
Permanganato de Potasio	23	1			x	
Gas Propano	23	-	x			

Continuación

Sustancia	Temp., °C.	Concentración %	Resistencia Química			
			Excelente	Buena	Pobre	Ataque Severo
Propanol	23	-		x		
Piridina	23	-	x			
Hidrocarburo Halogenado		Líquido				
Resorcinol	23	100			x	
Ácido Salicílico	23	100	x			
Aceite de Silicón	23	-	x			
Nitrato de Plata	23	-	x			
Jabón en Solución	23	-	x			
Acetato de Sodio	23	46.5		x		
Bicromato de Sodio	23	5	x			
Bisulfito de sodio	23	10	x			
Bromuro de Sodio	23	10		x		
Carbonato de Sodio	23	21.5		x		
Carbonato de Sodio	23	21.5		x		
Cloruro de Sodio	23	10		x		
Cloruro de Sodio	100	Saturado		x		
Hipoclorito de sodio	23	-			x	
Hidrosulfato de Sodio	23	2	x			
Sulfato de Sodio	23	2	x			
Nitrato de Sodio	23	10	x			
Silicato de Sodio	23	-	x			
Sulfato de sodio	23	10	x			
Tiosulfato de Sodio	23	10	x			
Estireno	23	-	x			
Sulfuro	23	-	x			
Ácido Sulfúrico	23	2				x
Ácido Sulfúrico	23	10				x
Alquitrán	23	-		x		
Ac. Tartático	23	-		x		
Tintura de Iodo	23	-			x	
Tolueno	23	-	x			

Continuación

Sustancia	Temp., °C.	Concentración %	Resistencia Química			
			Excelente	Buena	Pobre	Ataque Severo
Tricloroetileno	23	100		x		
Tricloroetileno	100	100		x		
Trictanoamina	23	-	x			
Fósforo Trisódico	23	90		x		
Urea	23	-	x			
Cloruro de Vinilo	23	100	x			
Aceite de Violeta	23	-	x			
Agua	Arriba a 50	-		x	x	
Agua	51-100	-				
Vapor de Agua	100-150	-				
Agua de Mar	23	-	x			
Vino	23		x			
Xileno	23	-	x			
Cloruro de Zinc	23	10		x		
Oxido de Zinc	-	-	x			

4.- Propiedades térmicas. (10)(6)

Temperatura de deflexión.

Los Nylons funden a temperaturas altas en el rango de 210°C hasta 280°C dependiendo del tipo de poliamida y del grado, por lo que pueden obtener una estabilidad dimensional por periodos cortos de tiempo a temperaturas elevadas que se aproximen a su punto de fusión. Sin embargo, los Nylons estabilizados pueden soportar temperaturas de 90° a 120°C por tiempo prolongado, conservando su estabilidad dimensional

TABLA No. 8

TEMPERATURA DE DEFLEXIÓN DE LOS NYLONS (6)

TIPO NYLON	°C @ 4.5 Kp/cm ²
6/6 con 30-35% FV	260
6 con 30-35% FV	215
6/10 con 30-35% FV	210
6/12 con 30-35% FV	210
6/6	180
6	170
11 con 30-35% FV	160
6/12	145
12 con 30-35% FV	140
11	129
12	125

Temperatura de Fusión. (8)(6)

Los Nylons resisten altas temperaturas y tienen altos puntos de fusión, el Nylon 6/6 funde a más alta temperatura de 260°C, le sigue el Nylon 6 que funde a 220°C. Las temperatura de fusión de las poliamidas varían de acuerdo a las cargas que contienen, por ejemplo, en un Nylon con carga de fibra de vidrio la temperatura de fusión es mayor que la del mismo Nylon sin carga.

TABLA No. 9

TEMPERATURAS DE FUSIÓN DE LOS NYLONS O POLIAMIDAS	
Tipo de Nylon	Temperatura °C
Nylon 6	220
Nylon 6/6	254
Nylon 6/12	182
Nylon 11	176
Nylon 12	210
Nylon Amorfo Sólido	150-185

TABLA NO. 10

PROPIEDADES TÉCNICAS (4)

TIPO NYLON	COEFICIENTE DE EXPANSIÓN TÉRMICA 10^{-4} (CM/CM °C)	TEMPERATURA DE DEFLEXIÓN °C		CONDUCTIVIDAD TÉRMICA °C 10^{-8} CAL·CM/SEC·CM ²
		264PSI	66PSI	
NYLON 6	79-80	57-82	155-165	5.2
NYLON 6/6	80	75-88	232-246	5.8
NYLON 6/12	80-83	66-85	185-190	5.8
NYLON 6/9	85	52-60	166-171	5.9
NYLON 11	100	54	149	8
NYLON 12	28-70	35-57	70-150	5-7
NYLON 6,66	78	78	221	5.5

CAPÍTULO III.

Obtención de Poliamidas.

Existen 3 reacciones de condensación empleadas en la síntesis de poliamidas:

- (1) La reacción de cloruros ácidos con aminas.
- (2) deshidratación de sales de amina de ácidos carboxílicos.
- (3) La menos común la aminólisis de ésteres.

A pesar de que un gran número de poliamidas han sido sintetizadas y estudiadas a nivel laboratorio, solo un limitado número han tenido éxito industrial y comercial y estas son las poliamidas hechas de las condensaciones de las siguientes mezclas.

- 1) Hexametilendiamina y ácido adípico (Nylon 6,6).
- 2) ε-caprolactama (Nylon 6)
- 3) Hexametilendiamina y ácido sebáico (Nylon 6,10)
- 4) Polimerización de aceites vegetales ácidos y poliatiquen poliaminas (Nylon Amorfo)
- 5) 11 ácido aminoundecanoico (Nylon 11)
- (6) Hexametilendiamina, ε-caprolactama, ácido adípico y ácido sebáico. (Nylon 6/6,6) (Nylon 6/6,10).
- (7) Hexametilendiamina y ácido adípico, modificado con formaldehído y metanol (Nylon 6.6)

Todas estas poliamidas proveen un ancho rango de propiedades y usos, estos varían de líquidos a sólidos cristalinos y son usados en la industria para la fabricación de fibras, filamentos, películas, extrusión y moldeo de piezas industriales y adhesivos.

1.- OBTENCIÓN DE NYLON 6,6. ⁽²²⁾

En la manufactura de Nylon 6,6 es importante usar lo más cerca posible equivalentes exactos de ácido adípico y hexametilendiamina, para

obtener un polímero de alto peso molecular. También es importante que los reactivos sean lo más puros posible. La sal de Nylon es preparada por la formación de una solución acuosa de ácido adípico y la adición de hexametildiamina para neutralizar el ácido. La sal de Nylon puede ser formada en agua o solución acuosa-alcohol o alcohol. El pH de neutralidad está entre 7.5 y 7.8 para la mayoría de las sales, la solución de agua es concentrada en un evaporador y calentado bajo presión a 250-300°C en un autoclave, mientras el ducto es gradualmente ventilado para permitir el escape de vapor. El agua de la solución y el agua de deshidratación de la sal se eliminan. Los grupos amida son formados. Las etapas de la reacción son llevadas a cabo bajo una atmósfera de nitrógeno puro o hidrógeno para prevenir la oxidación de las resinas a altas temperaturas. La mezcla es mantenida bajo presión reducida las etapas finales de condensación para producir un polímero de alto peso molecular.

Después de que el polímero ha sido formado, éste es extraído, fundido y enfriado con agua, el sólido es cortado o pelletizado en pequeñas partes, éstas son mezcladas con otros lotes de producción. En esta etapa las hojuelas de Nylon tienen una humedad de cerca del 1%.

Pueden ser usados catalizadores en la manufactura de Nylons tales como: óxidos, carbonatos de naturaleza alcalina, sales de halógeno, metales polivalentes y ácidos.

2.- OBTENCIÓN DE NYLON 6.

El Nylon 6, es manufacturado por varios procedimientos, uno de los más típicos es como sigue: Una combinación de 90 partes de ϵ -caprolactama y 10 partes de agua más 1% de ácido acético, son cargados dentro de un reactor continuo y entran a la zona de calentamiento y son mantenidos a una temperatura cercana a 250°C Durante la polimerización en presencia de agua a alta temperatura, algunas moléculas de ϵ -caprolactama son hidrolizadas a ácido aminocaprónico, siguiendo esta etapa otras moléculas de caprolactama se adicionan para producir una molécula de más largo tamaño o cadena larga.

La presencia de pequeñas cantidades de ácido acético ayuda a controlar el tamaño del polímero, actuando como terminador de la cadena. El producto es purificado y la mezcla obtenida es aproximadamente 90% de polímero y 10% de monómero de lactama. La lactama sirve para plastificar la mezcla y reducir resistencia.

Otro proceso para la fabricación de Nylon es con ϵ -Caprolactama fundida, conteniendo de 1 a 5% de iniciador, es calentada de 240°C hasta por 8 horas, el iniciador puede ser agua, sal de Nylon 6,6, ácido aminocaprílico u otro aminoácido dentro de una atmósfera inerte. El vapor se escapa mientras el proceso de polimerización ocurre a una temperatura de polimerización de 265°C; existe un equilibrio en el cual existe el 90% de polímero con un peso molecular promedio de 17000 y el 10% de monómero.

Otra polimerización ha sido hecha con la acción de un catalizador metal alcalino.

Otro método de polimerización de ϵ -caprolactama es descrito como un proceso de polimerización continuo. La velocidad de polimerización es controlada por ajuste del espesor de la masa de reacción, como ejemplo una mezcla de ϵ -caprolactama con 5% de agua y 0.1% de ácido fosfórico es introducida dentro de una cámara de reacción a una velocidad de alimentación de 10Kg por hora, el tiempo de polimerización es cerca de 24hrs y la temperatura es de 240°C. Se puede aumentar el tiempo de polimerización a 6 horas más a 240°C si una poliamida lineal es descargada a una velocidad de 10Kg por hora.

3.- OBTENCIÓN DEL NYLON 11. (23)

El Nylon 11 es manufacturado por la polimerización de ácido aminoundecanóico.

El ácido aminoundecanóico es manufacturado por reacción de ácido undecilénico y bromuro de hidrógeno, seguido por la reacción con amoníaco. El ácido undecilénico es hecho a través de la pirólisis de metilresinoleato de metilo, el cual puede ser obtenido a partir del

aceite de castor y metanol, por consiguiente el Nylon 11 está basado en la agricultura, materia prima renovable.

La polimerización es por calentamiento del monómero ácido a altas temperaturas, mientras se obtiene un subproducto de agua formado en la reacción. Catalizadores pueden ser usados si se desea. El proceso de polimerización es relativamente simple y requiere sólo de un vaso adecuado para calentar materiales de los cuales un subproducto de agua es removido.

Etapas laterales de la reacción son conducidas bajo presión reducida para producir un polímero de alto peso molecular. La reacción de polimerización es llevada a cabo a temperaturas que exceden ligeramente los 200°C hasta que la condensación esté completa. El polímero y monómero tienen el mismo punto de fusión (189°C). El polímero no requiere de lavado.

4.- OBTENCIÓN DE VERSAMID POLIAMIDAS. (22)

Versamid poliamidas son hechas por la condensación de la polimerización de aceites vegetales y poliaminas, tienen su base en materiales de agricultura.

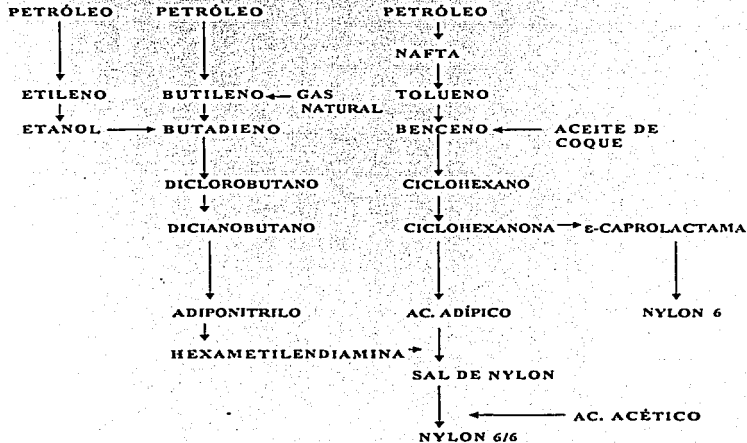
El método de manufactura consiste en mezclar los reactantes a baja temperatura, en una autoclave con un eficiente agitador y aumentando la temperatura gradualmente a punto donde el agua de reacción comience a formar y pueda ser destilada y eliminada. Cuando la destilación del subproducto (agua) alcance la etapa donde ésta es muy lenta y puede ser insignificante a la temperatura de reacción, entre 150°C a 250°C, puede ser aplicado vacío para forzar a la reacción a una avanzada condensación. Cuando la reacción está virtualmente completa, el vacío es sustituido con gas inerte y el producto es removido del reactor.

Algunos grados de resinas versamid son preparadas con materias primas líquidas a temperatura ambiente o con materias primas que funden a 185°C.

5.- MATERIAS PRIMAS PARA PRODUCIR POLIAMIDAS.

El petróleo es la fuente principal de las materias primas utilizadas en la producción de Nylons 6 y 6/6. Para otros Nylons como el versamid y el Nylon 11 y 12, su fuente principal está basada en productos aceites vegetales.

La ruta de transformación de las materias primas para la obtención del Nylon 6 y 6/6 a partir del petróleo, es como sigue:



MATERIA PRIMA UTILIZADA PARA LA PRODUCCION DE NYLONS
6/6, 6/9, 6/10, Y 6/12.

HEXAMETILENDIAMINA
ÁCIDO SEBÁSICO
ÁCIDO ADÍPICO
ÁCIDO SUBÉRICO
ÁCIDO AZELÁICO
ÁCIDO GLUTÁRICO
ÁCIDO DODECANÓICO

MATERIA PRIMA UTILIZADA PARA LA OBTENCIÓN DE NYLON 11.

ACEITE DE CASTOR
↓
ALCOHÓLISIS
↓
RESIOLANATO DE METILO
↓
CRACKING
↓
UNDECILONATO DE METILO
↓
ADICION DE ÁCIDO BROMHÍDRICO
↓
ÁCIDO 11-BROMOUNDECANÓICO
↓
AMINACIÓN
↓
ÁCIDO AMINOUNDECANÓICO
↓
NYLON 11

MATERIAS PRIMAS PARA LA OBTENCIÓN DE AMIDAS AMORFAS:

DIMETILÉTER

ÁCIDO TEREFTÁLICO

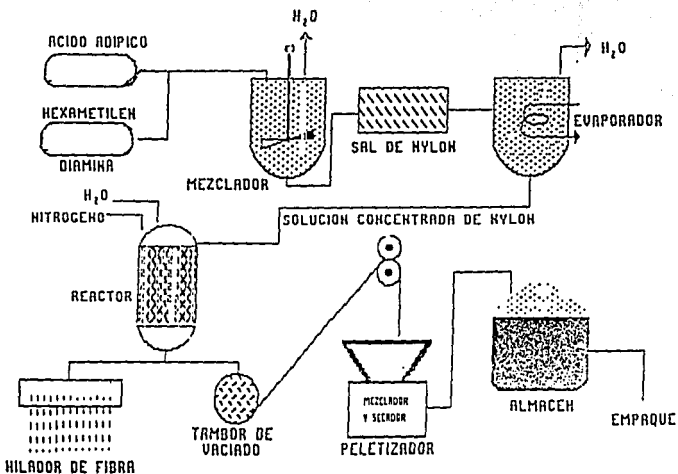
COMPUESTOS CICLOALIFÁTICOS

COMPUESTOS AROMÁTICOS

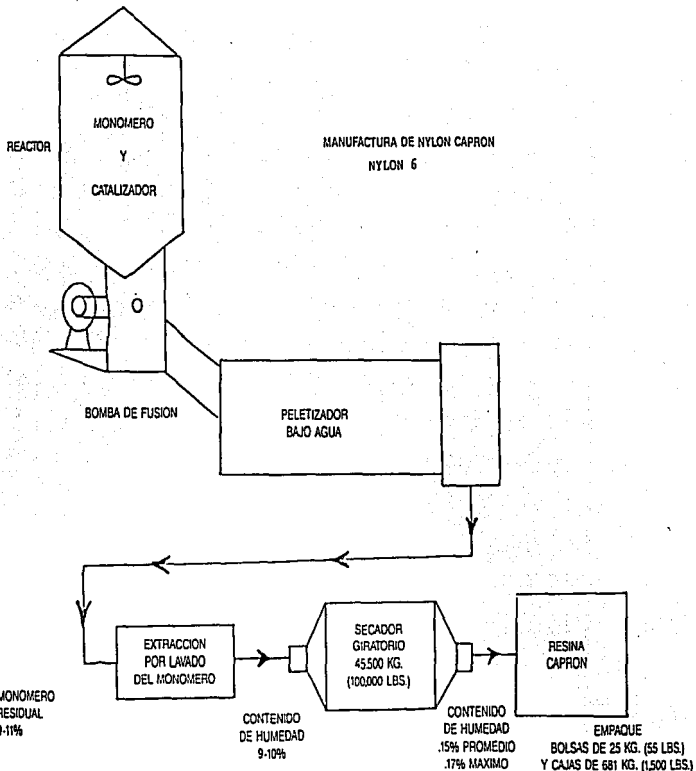
MEZCLA DE ÁCIDOS DE 6 Y 7 CARBONOS

4,4 BIFENILISOCIANATO

PRODUCCION DE POLIAMIDAS



PRODUCCION DE NYLÓN 6.6



CAPÍTULO IV.-

EFICIENCIA DE LAS POLIAMIDAS CONTRA OTROS PLÁSTICOS Y MATERIALES.

Existen diferentes tipos de plásticos, así como hay diferentes tipos de metales y cerámicos. El ingrediente esencial de cada plástico es un alto peso molecular, en una larga cadena conteniendo miles de repetidas moléculas o unidades. La mayoría de los polímeros comerciales son sintetizados de las más simples moléculas o monómeros, tales como el etileno o estireno.

Las largas cadenas de moléculas de los plásticos usualmente consisten de átomos de carbono enlazados y algunos como los acetales y silicones tienen átomos de oxígeno en la cadena.

La mayoría de los plásticos son derivados del petróleo crudo o gas natural, pero también pueden venir de arena, carbón y aire. Por ejemplo, las materias primas para producir poliestireno son benceno y etileno, los cuales son derivados del petróleo. El poliestireno es uno de los llamados polímeros de adición, los cuales constituyen las familias de plásticos como: poliolefinas, poliestirenos, acrílicos, vinilos, fluoroplásticos y otros.

En cambio, otros polímeros como algunos Nylons son hechos por la reacción de dos diferentes moléculas, las cuales tienen dos grupos reactivos terminales. Al crecimiento de la cadena, la formación de enlaces, es acompañada por la producción de moléculas de agua, la cual debe ser removida para llevar a cabo un alto grado de polimerización por lo que son llamados polímeros de condensación.

Clases de plásticos.

Existen dos clases de plásticos, los termoplásticos y los termofijos.

Los termoplásticos solidifican con enfriamiento y pueden ser refundidos repetidamente. Los termofijos en su condición de fluidos son físicamente reactivos y endurecen por la intervención de un catalizador llamado agente de encadenamiento cruzado y no pueden ser fundidos una vez ya sólidos, ya que pierden su estructura de enlaces

cruzados; entre estos, tenemos a las resinas fenólicas, urea-formaldehído, resina epoxi, poliéster y la mayoría de los poliuretanos.

1.-Plásticos contra otros materiales.

Antes de 1930 la mayoría de los componentes industriales eran hechos de metales, madera, vidrio, cuero, hule y papel. Pero los plásticos han ido sustituyendo esos componentes, porque son fácilmente moldeables en formas complejas, son de bajo peso y costo, comparando contra los metales.

Tradicionalmente el diseño de piezas de ingeniería era basado en la deflexión permitible o la resistencia al rompimiento.

El acero tiene el más alto módulo deflexión de los metales; el cinc, latón y aluminio tienen un tercio del módulo del acero. ¿Como es posible que los plásticos compitan con los metales?. Para muchas aplicaciones donde el peso y costo de la estructura, está en consideración la densidad, que es mucho más relevante que el módulo de resistencia, además de que los plásticos son más fáciles de moldear que los metales siendo mucho más económicos.

Los metales tienen que galvanizarse, pintarse o recubrirse para darle acabado y darles protección contra la corrosión, ya que sufren descomposición por el mismo ambiente, la humedad y la no resistencia a muchas sustancias; en cambio, los plásticos se pueden pigmentar y se puede seleccionar un plástico que tenga resistencia a predeterminadas sustancias.

Los plásticos reforzados con fibra de vidrio y cargas minerales aumentan su módulo de resistencia, haciéndolos competitivos para partes no muy voluminosas.

Hay una gran variación entre los polimeros clasificados como plásticos, esto hace difícil discutir las ventajas y desventajas entre éstos. Sin embargo, se puede generalizar sobre ventajas y desventajas de cada plástico.

La mayoría de los plásticos pueden ser fácilmente fabricados y moldeados en formas especiales; por otra parte, los plásticos son difíciles de reparar cuando se rompen. No todos los plásticos son necesariamente baratos como usualmente se piensa, en realidad hay

algunos tan caros que son limitados para uso en tecnologías sofisticadas.

Los plásticos no son tan fuertes como los metales y son más propensos a cambios dimensionales, especialmente bajo carga. Ellos pueden sobrepasar altas y bajas temperaturas como otros materiales. Sin embargo los plásticos son generalmente menos pesados y su relación peso-resistencia es altamente favorable. Los plásticos son buenos aisladores térmicos y amortiguadores mecánicos. Son muy resistentes a la corrosión y ataques químicos.

Los hay desde transparentes, translúcidos y opacos en un ancho rango de colores y tintes y poseen excelentes características de resistencia eléctrica.

Estas generalizaciones indican algunas de las ventajas y desventajas de los plásticos. Muchos de los usos finales dependen de las características antes mencionadas y de cada plástico.

2.-Nylons contra otros plásticos.

Lo que distingue a los Nylons sobre otros plásticos es su excelente módulo de propiedades, ya que como plástico de ingeniería, compiten con los requisitos de resistencia mecánica, química y térmica. Compiten con otros plásticos de ingeniería como los acetales, poliésteres, policarbonatos. Sin embargo son los Nylons los que tienen mayor participación en el mercado entre los plásticos de ingeniería, ya que tienen mayor versatilidad en sus propiedades, además de que su costo es medio, comparado con otras resinas más caras o baratas, en comparación, las poliolefinas, estirenos y otros. Las poliamidas son muy superiores en cuanto a sus propiedades mecánicas, químicas y térmicas.

Los Nylons están considerados como una de las resinas que más aplicaciones han desarrollado y seguirán desarrollando, debido a las excelentes propiedades antes mencionadas.

A continuación, mostramos una tabla comparativa de los plásticos más comunes en la industria.

TABLA No. 11
 TABLA COMPARATIVA DE DIVERSOS PLÁSTICOS.

RESINA	COSTO KG	RESISTENCIA A ALTAS TEMPERATURAS	RESISTENCIA AL ESFUERZO	RESISTENCIA QUÍMICA	PROCESABILIDAD
POLICARBONATO	medio	8-9	10	1	6
POLIÉSTERES	medio	10	4-6	9	3
NYLON	medio	8-9	8-9	10	8-9
A B S (ACRIBUTADIENO ESTIRENO)	medio	5	5	1	9-10
POLIOLEFINAS (POLIPROPILENO POLIETILENO)	bajo	1	3-10	10	8-9
ESTIRENO	bajo	1	1	1	10
ACETO DE CELULOSA	medio	8	7	7	3
PPS (POLIFENILSUFITO)	bajo	10	2	10	2
PVC CLORURO DE POLIVINILO	bajo	1	8	5	1
PEEK (POLIETER- ETERCETONA)	alto	8	2	10	2

10-BUENO
 01-MALO

TABLA No. 12

TABLA COMPARATIVA DE PROPIEDADES DE DIFERENTES PLÁSTICOS. (9)

POLÍMERO	PROPIEDADES FÍSICAS			PROPIEDADES MECÁNICAS			PROPIEDADES TÉRMICAS			PROPIEDADES ELÉCTRICAS			
	Gravedad Específica	Absorción de Agua	Encogimiento al Moldeo	Resistencia a la Tensión	Modulo de Flexión	Resistencia al Impacto Izón	Dureza Rockwell	Temperatura de Deflexión	Coef. de Expansión Térmica Lineal	Flamabilidad	Resistencia Dieléctrica	Constante Dieléctrica 60Hz-10 ⁶ Hz	Factor de Disipación 10 ⁶ Hz
	g/cc	%	in/in	psi	10 ³ psi	ft.lb.in	-	°F	10 ⁶ in/in	-	Volts/mill.	-	-
ATM	D792	D570	D958	D638	D790	D256	D785	D648	D696	U.L.	D149	D150	D150
ABS	1.28	0.14	0.001	14,500	1,100	1.44-7	M2RH24	220	1.6	94HB	-	-	-
SAN	1.21	0.10	0.0005-0.001	17,000	1,500	1.03-4	M2RH23	215	1.8	94HB	-	-	-
POLIESTIRENO	1.28	0.05	0.0005-0.001	13,500	1,300	1.03-3	S192	215	1.9	94HB	550	2.81-2.81	0.0007-0.0008
POLIETILENO HDPE	1.17	0.015	0.0030	10,000	900	1.1-8-9	R85	260	2.7	94HB	-	-	-
POLIPROPILENO	1.13	0.03	0.004	9,800	800	1.65-6	M5RH11	295	2.0	94HB	475	2.30-2.20	0.001-0.003
NYLON 6	1.37	1.1	0.0035	23,000	1,200	2.3-20	M2RH21	420	1.7	94HB	450	4.20-3.60	0.009-0.018
NYLON 6/12	1.30	0.20	0.0035	22,000	1,100	2.4-20	M2RH20	415	1.5	94HB	440	4.20-3.50	0.013-0.015
NYLON 6/10	1.30	0.20	0.0035	21,000	1,100	2.4-20	M2RH20	420	1.5	94HB	440	4.20-3.50	0.013-0.015
NYLON 6/6	1.37	0.9	0.004	26,000	1,300	2.0-17	M2RH21	490	1.8	94HB	440	4.20-3.50	0.009-0.0180
NYLON AMORFO	1.35	0.19	0.003	21,500	1,150	1.2-6-8	R119	285	1.8	94HB	-	-	-
ACETAL	1.63	0.30	0.003	19,500	1,400	1.8-8-10	S26	330	2.2	94HD	525	3.95-3.95	0.0035-0.0065
PPS	1.56	0.04	0.002	20,000	1,600	1.4-8-9	R121	500	1.3	94VO	510	3.88-3.78	0.003-0.007
PBT	1.52	0.06	0.003	20,000	1,200	2.6-16-18	M2RH19	430	1.2	94HB	510	3.60-2.00	0.002-0.020
POLICARBONATO	1.43	0.07	0.001	18,500	1,200	3.7-17-15	M2RH18	300	1.3	94VJ	480	3.50-3.43	0.0010-0.0075
POLISULFONA	1.45	0.20	0.002-0.003	18,000	1,200	1.8-14	M22L28	365	1.4	94VO	480	3.55-3.49	0.0019-0.0049
POLIESTER SULFONA	1.60	0.34	0.002-0.003	20,000	1,225	1.5-10	S28	415	1.8	94VO	460	3.80-3.76	-
PPO	1.28	0.06	0.001-0.002	18,500	1,150	1.79-10	S23	310	1.4	94HB	550	2.90-2.90	0.0010-0.0015
POLIURETANO	1.46	0.25	0.004	8,200	190	9.528-29	D65	170	2.5	94HB	-	-	-
POLIÉSTER	1.42	0.17	0.003	8,500	320	5.0-16	D70	340	2.5	94HB	-	-	-

CAPÍTULO V

PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE LAS POLIAMIDAS.

Los procesos de transformación de las poliamidas son los siguientes:

- Inyección
- Extrusión
- Vaciado
- RIM

Los sistemas de moldeo más utilizados son la inyección en un 55% y la extrusión en un 45%. Por lo que respecta al vaciado y al RIM, estos son procesos donde la materia prima no parte del Nylon en sí, sino de materias primas, como lactamas o hexametildiamina, que dentro del proceso se llevan a sistemas de polimerización para la formación de las piezas.

Las poliamidas (Nylon) pueden sufrir una serie de tratamientos posteriores, mediante la aplicación de procesos secundarios como:

Acabado
Maquinado
Barnizado o pintado
Metalizado
Impresión y grabado
Pegado
Soldado

1- INYECCIÓN: ⁽²⁷⁾⁽²⁸⁾

a).- CARACTERÍSTICAS DE MAQUINARIA.

Husillo.- El diseño del husillo se realiza en función del tipo de poliamida que se va a transformar.

Husillo para poliamida 6 y 6/6.- Para las poliamidas 6 y 6/6 se necesita un husillo de tres zonas de calentamiento con una relación L/D de 20:1 y una relación de compresión de 2.2:1. Cuando se manejan

grados con lubricantes internos, la zona de compresión del husillo varía de 25 a 31%. El husillo tiene que poseer una válvula de antirretorno.

Husillo para poliamida 11 y 12.- Para las poliamidas 11 y 12 se puede utilizar un husillo de uso general con una relación (L/D) longitud-diámetro de 18:1 a 20:01 y un paso constante de un diámetro. El claro existente entre el husillo y el cañón, por lo general es de 0.04mm, con el fin de evitar cualquier indicio de abrasión sobre el equipo. Este husillo también debe tener una válvula de antirretorno o un anillo de seguridad.

b).- ARRANQUE DE MÁQUINA.

Al iniciar el moldeo del material se debe limpiar el husillo y el cilindro, purgando con polietileno de alta densidad, poliestireno o acrílico. Si se procesó PVC o acetato con anterioridad, se debe limpiar la máquina con un perfil de temperaturas bajo para evitar explosiones.

A excepción de estos 2 casos, la purga se realiza a las condiciones de operación del material empleado para la misma.

La purga se efectúa llevando hacia atrás de la platina la unidad de inyección e incrementando la presión de sostenimiento. Se hace correr el husillo a velocidades altas para hacer salir todo el material y con él, el que hubiera quedado de una anterior operación.

Después de la purga, se fijan las temperaturas del material a procesar y se puede iniciar el ciclo.

Cuando la máquina está vacía los pasos a seguir son:

1. Fijar la temperatura del cilindro a 30°C abajo de la temperatura de fusión del material y la de la boquilla a 10°C abajo, calentando durante 20 minutos.
2. Fijar el perfil de temperaturas de acuerdo al tipo de Nylon a trabajar.
3. Checar la temperatura de la boquilla.
4. Hacer girar el husillo y abrir la alimentación de la tolva.
5. Asegurar que se funde la carga; si no, aumentar la temperatura del cilindro o velocidad de husillo.

6. Hacer disparos de material y revisar su consistencia, chequeando la temperatura del fundido. Hacer los ajustes necesarios para obtener la temperatura adecuada del material fundido.
7. Llevar la unidad de inyección hasta la platina fija para iniciar el ciclo de moldeo a presión baja.

c).- MOLDEO.

Secado.- Las poliamidas presentan el problema al absorber humedad con gran facilidad, la cual acarrea problemas de ráfagas y burbujas en la pieza terminada; además de bajar la viscosidad del material por lo que se vuelve más fluido y puede presentar escurrimiento.

Cuando el material se adquiere directamente del proveedor; éste viene en bolsas herméticamente selladas, por lo que no han absorbido humedad pero, al abrir la bolsa y dejarla expuesta a la intemperie o cuando la tolva no se tapa, el material absorbe humedad y se presentan los problemas anteriormente mencionados.

Las poliamidas deben tener un contenido de humedad del 0.1 al 0.2%. Con menor humedad se pueden rigidizar a tal grado que sea muy difícil su procesamiento.

El tiempo de secado depende de la humedad relativa del aire. Se busca un punto de rocío de -18°C para evitar el aumento del tiempo de secado. Este tiempo depende de la temperatura, que se recomienda sea de 80°C , porque a 95°C durante más de 3 horas éste se decolora perdiendo propiedades mecánicas. Por esto, la temperatura de secado es de 80°C , por un tiempo de 2 a 48 horas con respecto a la humedad absorbida.

Existen tres procesos básicos de secado:

- Aire sobre la resina.
 - Aire a través de un dehumidificador y de la tolva.
 - Secado en hornos.
- Aire sobre la resina.

Es un sistema eficiente de secado que consiste en el reciclado de aire húmedo, el cual se introduce a un dehumidificador y después se

pasa, como aire seco, por encima de la resina, para reiniciar nuevamente el ciclo.

— Aire a través de un dehumidificador y de la tolva.

Consiste en hacer circular aire a través de un dehumidificador y llevarlo a calentar, para hacerlo pasar a través de la resina en la tolva. El aire utilizado regresa al dehumidificador, pasando antes a través de un filtro para eliminar cualquier tipo de partícula suspendida.

— Secado de Hornos.

Se realiza en hornos al vacío o en hornos oscilantes giratorios al vacío. El proceso es a vacío donde la temperatura se eleva para alcanzar la humedad deseada en el polímero.

— Proceso de Transformación.

Es muy importante controlar la temperatura en la zona de alimentación del husillo, debido a que debe ser lo suficiente alta para fundir el material y evitar un esfuerzo de torque excesivo, no debe sobrepasar un límite en el cual pueda presentarse un reblandecimiento de los pellets prematuro donde se decolore el Nylon y provoque una aglomeración de pellets parcialmente fundidos, que se adhieren al husillo impidiendo su funcionamiento correcto.

El perfil de temperaturas es mucho más alto de lo normal, debido a que se trata de un material cristalino, que requiere de una mayor energía que desordene sus moléculas. A esta energía extra requerida se le conoce como "calor de fusión", la cual es capaz de desordenar las moléculas para posteriormente fundirlas.

Es importante fijar y controlar las temperaturas a lo largo del cilindro, controlar la temperatura del material fundido (temperatura del melt), ya que al controlar la temperatura del cilindro se conoce la temperatura del metal, pero no la del material plastificado.

La temperatura del fundido se regula con pirómetro de punta y realizando una serie de purgas antes de iniciar el procesamiento. Esta temperatura se genera por la interacción del diseño del husillo, perfil

de temperaturas en el cilindro, tiempo que tarda en regresar el husillo, presión de inyección y de sostenimiento, así como la capacidad que está proporcionando la máquina.

La temperatura del fundido puede modificar el tiempo total del ciclo y el tiempo que permanece en contacto la boquilla con el molde.

Tiempo de retención.- Cuando se están trabajando poliamidas 6, si la temperatura del cañón se encuentra en los 280°C, el tiempo máximo de retención es de 4 a 5 minutos en el caso extremo de que la temperatura sea 310°C, el tiempo de retención no debe de exceder de 1 a 2 minutos, porque el material se amarillea y en ocasiones hasta se oscurece proporcionando una pieza manchada.

Cuando se trabaja con poliamidas 6/6, los parámetros son muy parecidos, con la única variante de que la temperatura de operación se encuentra en los 320°C. El tiempo no debe de exceder los 3 minutos, porque el material se degrada provocando una fragilización de la pieza y la pérdida total del color. Para las poliamidas 11 y 12, el promedio de temperatura de retención es de 290°C, (no debe de exceder de los 3 o los 4 minutos) y 300°C (no se debe de exceder de los 2 a los 3 minutos).

Presión de inyección.- La presión que se trabaja normalmente es de 500 a 1400 Kg/cm² (10.000-21.000 psi), ya que el llenado de la cavidad debe de ser rápido, no excediendo nunca la fuerza de cierre de la máquina. Otra limitante es el propio diseño del molde que en ocasiones, cuando hay grandes presiones se genera piezas con esfuerzos.

El ciclo de presión presenta 2 etapas.

- Iniciar la inyección a alta velocidad.
- En la etapa de sostenimiento reducir la presión.

La presión de inyección a trabajar depende del espesor de la pieza y del flujo del material procesado.

Velocidad de inyección.- Este parámetro depende de la geometría y tamaño de la pieza, de la forma y tamaño del punto de inyección y la temperatura del melt. Usualmente se recomienda velocidades altas de

inyección, aunque depende de la pieza final.

Cuando se moldean piezas delgadas, se recomiendan velocidades altas y cuando son piezas gruesas, se recomiendan velocidades bajas.

Para obtener un brillo superficial adecuado, la velocidad debe ser alta, de ahí el principio que para moldear Nylon debe ser en "caliente y rápido".

Tiempo de Husillo Adelantado.- Es el tiempo que transcurre desde que inicia el husillo su avance hasta su retroceso; se involucra el tiempo de inyección y de sostenimiento. Lo ideal es que este valor se minimice y optimice, esto se logra al mantener el ciclo constante y que el peso de las piezas resultantes también lo sea.

Si el valor es demasiado largo, el punto de inyección se puede congelar antes de terminar el llenado o bien si todavía no está congelado y se continúa el empaquetamiento, aumenta el encogimiento y se pueden presentar deformaciones. Por ello, además de minimizar el tiempo de alimentación y sostenimiento, se debe regular éste y compararlo con el tiempo de enfriamiento del punto de inyección.

Velocidad de Husillo.- La velocidad del husillo, depende mucho del diseño del mismo, ya que con el diseño óptimo aun cuando se incrementa un poco las (RPM) revoluciones por minuto, no tendrá efecto en las características del material plastificado; en cambio si se emplea un husillo de una zona de compresión baja, cuando se incrementan las (RPM) revoluciones por minuto, la temperatura del melt disminuye.

Por lo general, para cualquier tipo de poliamidas, se tienen husillos con diámetros de 40mm y se recomienda que giren a razón de 238 (RPM) revoluciones por minuto, con el fin de proporcionar un área superficial de 0.5 m/seg. Si por el contrario, tenemos husillos que van a estar girando a razón de 200 (RPM) revoluciones por minuto, se necesita que las dimensiones del diámetro sean de 48mm.

d).- PARO DE MÁQUINA.

Se recomienda:

- Mientras está el ciclo de moldeo, cerrar la alimentación de la tolva y vaciar el material contenido en ella.

- Llenar la tolva con polietileno de alta densidad, poliestireno o acrílico remolido.
- Abrir la alimentación de la tolva, procesar este material y limpiar el cilindro.
- (con este proceso se realizan purgas posteriores).
- Al terminar de vaciar el cilindro dejar el husillo adelantado.
- Apagar las bandas calefactoras, enfriar primero el cilindro y después el adaptador y la boquilla.

e).- EMPLEO DE RECLICLADO.

En las poliamidas es factible utilizar material reciclado sin pérdida de propiedades; sin embargo, hay que tener los siguientes cuidados:

- No emplear coladas decoloradas (Esto indica que el material está degradado).
- Proteger el regranelado de la humedad.
- Las piezas, coladas o rotas, deben ser recicladas tan pronto se extraigan de la máquina.
- Mantener constante la proporción de material virgen y reciclado (30%).
- Mantener el tamaño de partícula uniforme, ya que los finos absorben rápidamente humedad.

f).- DISEÑO DEL MOLDE.

Bebedero.- Para facilitar la remoción del bebedero en el momento del desmolde se recomienda un diseño en ángulo. Este ángulo puede variar de 0.5 a 1.5°, debe estar perfectamente pulido y libre de marcas.

Coladas.- Las coladas o canales por donde correrá el material, deben de cumplir con las siguientes características:

- Ser lo más compactas posible.
- Se recomienda coladas de longitud corta (3-6mm).
- Las coladas deben estar balanceadas, es decir, recorrer el mismo camino para llegar a la pieza.

El material debe de cubrir igual distancia de recorrido para llegar a cada una de las piezas. Las dimensiones de éstas son de 3 a 6mm.

Las coladas redondas son las más recomendables, ya que presentan la menor área superficial por unidad de volumen, cumpliendo con presentar la mínima pérdida de calor y presión.

La colada trapezoidal es preferida a la rectangular, ya que la pieza se puede extraer más fácilmente al tener un ángulo de salida de 5°.

Punto de inyección.— El punto de inyección regula el flujo que llega a la cavidad, así como la solidificación de éste, cuando deja de fluir el material.

Existen puntos de inyección redondos y rectangulares y de acuerdo a su tamaño es el flujo de material logrado, algunos de los empleados son:

PUNTO DE INYECCIÓN

Rectangular

Abanico.

Con hendidura (flash)

Diafragma

Punta

Submarina (0.75-2mm).

APLICACIÓN

Convencional

Llenado uniforme de partes delgadas y largas.

Llenado y enfriamiento rápido para partes delgadas o anchas para evitar líneas de unión.

Elimina líneas de unión y le proporciona redondez a las cilíndricas.

Para piezas de 0.25 a 1.5 mm de tamaño.

Donde la apariencia es crítica.

En puntos de inyección rectangulares, el espesor debe ser del 65% del espesor de la pieza, siendo no mayor a 1mm. Para puntos de inyección redondos esta relación cambia al 55%.

Venteo.— Los orificios de venteo deben salir de la línea de partición como ranuras de 3.2 a 6.4 mm, de ancho y 0.013 a 0.019 mm de profundidad, extendiéndose de la cavidad hasta un recorrido de 1.6 mm después la profundidad cambia de 0.13 a 0.25 mm, hasta llegar a la salida del molde.

Enfriamiento/Calentamiento.- Deben de diseñarse las líneas de enfriamiento correctamente, además de controlar la diferencia de temperaturas entre el líquido que entra y el que sale, como agente refrigerante, que no sea mayor a 5°C, porque esto señalaría que el enfriamiento no es uniforme.

2.- EXTRUSIÓN.

El moldeo por extrusión de poliamidas se utiliza para la fabricación de alambre y cable, tubería, varilla, filamentos, monofilamentos, barras, perfiles y películas para empaque.

Para este proceso, es importante escoger adecuadamente el tipo de resina, ya que deben tener el valor de viscosidad adecuado en función del artículo final.

Resinas de Alta Viscosidad.- Destinadas a producir tuberías, perfiles y película soplada.

Resinas de Viscosidad Media.- Películas por dado plano y recubrimientos.

Resinas de Baja Viscosidad.- Recubrimiento para alambre y cable.

El desarrollo más fuerte dentro de la extrusión de las poliamidas, es la producción de película, ésta se puede manufacturar mediante los siguientes procesos:



Si por algún motivo se emplea poliamida amorfa, ésta no requiere de los sistemas de secado, ya que su absorción de humedad es relativamente baja en comparación a las poliamidas cristalinas.

a).- Extrusión Tubular.

Se recomienda un extrusor con L/D de 24:1 con zona de alimentación de 8D, zona de compresión de 8D y zona de mezclado de 8D. La relación de compresión sugerida es de 3.5:1 a 4:1.

El plato rompedor debe estar alineado entre el final del husillo y el adaptador, además de soportar el peso de las mallas, las cuales se recomienda sean 2 de 80 o de 120.

Se utiliza una válvula check para evitar el escurrimiento del material.

Para incrementar la contrapresión, se puede incrementar el número de mallas o instalar una válvula de presión de tipo positivo.

TABLA No. 13

GUÍA DE ARREGLO DE PROBLEMAS (TROUBLE SHOOTING GUIDE)⁶⁵

PROBLEMAS RELACIONADOS CON EL EXTRUSOR.

Problemas	Causa Probable	Corrección.
Pulsación (Surging)	Perfil de temperatura de fusión inadecuado en el extrusor.	Modifíquese el perfil para obtener una presión de cabeza y amperaje de motor uniformes.
Pérdida de alimentación	Temperaturas de la sección de alimentación muy altas, causando fusión prematura.	Redúzcanse las temperaturas de la sección de alimentación y aumentese la velocidad de enfriamiento de la garganta de alimentación.
Alta presión de cabeza (head pressure) y velocidad de extrusión reducida.	Malla tapada.	Cámbiense elementos de filtración.
Burbujas o agujeros en la película	Resina muy húmeda.	Cámbiense el suministro de resina al de un empaque sin abrir.
Ojos de pescado o gels	Temperaturas de procesamiento de la resina muy bajas.	Aumentese las temperaturas del cilindro del extrusor.
Puntos negros	Resina carbonizada o contaminantes de corridas anteriores.	Cámbiense el suministro de resina y limpie el sistema si es necesario.

TABLA No. 14

PROBLEMAS CON PELÍCULA DE DADO PLANO ²⁵

Problemas	Causa Probable	Corrección
Espesor no uniforme de película	Ranura del dado mal ajustada.	Vuélvase a ajustar la ranura del dado.
	Flujo de aire no uniforme de la cuchilla de aire	Ajústese la apertura de la cuchilla de aire.
	Perfil de temperatura del dado no uniforme o termopar o calentador defectuosos	Reajústese de nuevo el perfil de temperatura o reemplácese el termopar o calentadores.
Líneas o rayas en la dirección de la máquina.	Ranura del dado o zonas de calentamiento mal ajustadas	Reajústese de nuevo la ranura del dado o el perfil de temperatura
	Material colgando en el interior del dado	Enséchese el dado para purgar el material atrapado.
	Temperatura no uniforme del rollo receptor de la película (casting roll)	Cámbiense las temperaturas del rodillo o velocidad de enfriamiento para dar lugar a temperatura uniforme de superficie.
Bandas o rayas en la dirección transversal de la película	Rollo receptor de película marcado o sucio	Límpiese o reemplácese el rodillo defectuoso.
	velocidad variable de arrastre	Verifíquense los sistemas motrices y las relaciones de arrastre entre segmentos de máquina.
	El extrudado no se despega del rodillo receptor	Inspecciónese si la superficie del rodillo está contaminada o cámbiense la temperatura del rodillo para asegurar desprendimiento uniforme.
Arrugas	El extrudado se pega al rodillo receptor	Redúzcase la temperatura de fusión o la temperatura del rodillo receptor (casting roll)
	Temp. de rodillo receptor incorrecta	Auméntese la temp. del rodillo para aumentar la adherencia a éste.
Superficie áspera de la película	Las relaciones de arrastre no han sido ajustadas correctamente	Fíjense de nuevo las velocidades del rodillo
	Muy baja temp. del dado o del fundido	Auméntese la temp. del dado o del fundido
Alta turbidez	La película se enfría muy lentamente	Redúzcase la temp. del rodillo receptor o redúzcase la velocidad del sistema o de la línea (line)
Bajo brillo	Mezcla incorrecta o inadecuada	Modifíquese el perfil de temp. y auméntese la contrapresión (backpressure)

TABLA No. 15

PROBLEMAS CON PELÍCULA TUBULAR (25)

Problemas	Causa Probable	Corrección
Espesor desigual de la película	Fijación desigual del labio	Ajústese la apertura del dado
	Variación de temperatura del dado	Modifíquese el perfil de temp. del dado
Costuras o rayas	Desigual flujo de aire del conjunto del anillo de aire	Ajústese el flujo de aire
	Temp. del fundido muy baja para permitir una correcta unión del fundido	Auméntese la temp. del fundido
Arrugas durante el colapso o plegamiento	La burbuja muy fría y rígida	Auméntese la temp. de fusión o la velocidad del sistema
	Enfriamiento desigual a través del anillo de aire	Ajústese la abertura y la velocidad del aire
	El sistema estabilizador balanceado incorrectamente	Ajústese la burbuja del sistema estabilizador
Anchura variable del tubular plegado (lay-flat)	Velocidades de rodillo desequilibradas	Ajústese la velocidad del rodillo
	El sistema estabilizador no ha sido fijado correctamente	Ajústese el sistema estabilizador
	Velocidad de extrusión muy alta	Redúzcase la velocidad de producción
	Línea de escarchado (frost line) incorrectamente fijada	Ajústense las temps. de procesamiento y la velocidad del sistema

- EXTRUSIÓN DADO PLANO.

Chill Roll.- El dado plano consiste en hacer pasar la resina fundida a un rodillo conocido como "Chill Roll", el cual enfría la película. Este rodillo está enfriado internamente con corrientes de agua y su pulido espejo le confiere transparencia y brillantez al producto. Se utilizan corrientes de aire para mantener las orillas de la película adheridas al rodillo y minimizar las ondulaciones. Algunas veces es necesario utilizar otra corriente de aire a baja velocidad, para forzar que la resina se distribuya uniformemente sobre el rodillo enfriador. Se debe tener cuidado que esta corriente de aire no alcance los labios del dado, ya que provoca el enfriamiento repentino del material con posibles deformaciones.

Las temperaturas del extrusor son semejantes a los valores de la extrusión tubular.

Con este material se pueden fabricar laminaciones ó coextrusiones, combinándolo con polipropileno, polietileno, papel, aluminio, ionómero y alcohol polivinílico de acuerdo a las cualidades que se deseen en el producto final. Se emplea para la protección de carnes, quesos, embutidos y comida preparada.

TABLA No. 16

TEMPERATURA DEL CILINDRO (°C)

C. de Op.	TIPO	a	b	c
		Nylon 6	Nylon 6/6	Nylon 6/12
Parte posterior		232-238	207-288	232-271
Central posterior		232-238	271-282	227-266
Central anterior		221-232	266-282	221-260
Parte anterior		221-232	260-277	221-260
Cabeza		227-232	266-277	216-254
Dado		221-227	266-277	218-257

a Temperatura de fusión 230-238°C

b Temperatura de fusión 302°C

c Temperatura de fusión 221-260°C

También se pueden modificar las cualidades de la película en la siguiente forma:

* Incremento de la temperatura de fundido.

- Incrementa el brillo y transparencia.
- Disminuye la turbidez.
- Incrementa resistencia al impacto.

* Incremento del espacio de caída (air gap)

- Aumenta la turbidez.
- Disminuye la transparencia y brillo.

Baño de Agua Fría.- Este proceso es exactamente igual al dado plano con chill roll, con las mismas condiciones de operación y con la

diferencia de que en lugar de utilizar rodillos de enfriamiento se emplea un baño de agua fría donde cae la película extruída.

La película cae en un ángulo de 90° sobre la superficie del agua y pasa por rodillos que la transportan a velocidad controlada para calibrarla.

Las propiedades de la película son semejantes a las de dado plano a excepción de la cristalinidad y rigidez que son mayores, lo cual la convierte en una película más opaca. Se pueden mejorar sus propiedades ópticas, bajando la temperatura del baño.

3.- VACIADO.

El vaciado es un proceso que se utiliza para la obtención de barras, placas, perfiles y tubos.

Las materias primas usadas son lactamas, que se polimerizan en presencia de catalizadores y en ocasiones hasta cocatalizadores. La función principal de los catalizadores es iniciar la polimerización de las lactamas y el cocatalizador se encarga de mantener un control en la velocidad de reacción.

Una vez que se ha logrado la polimerización del monómero, el polímero fundido se vierte al interior de unos moldes que han sido previamente calentados y colocados en un horno de postpolimerización y curado. En este momento el polímero adquiere la forma del molde. Ya logrado el curado, el polímero sufre una etapa de post-curado, donde mediante sistemas de enfriamiento, se liberan los esfuerzos internos y se estabiliza para mantener las propiedades finales intactas.

4.- RIM.

El proceso de RIM (Reaction Injection Molding), consiste en hacer reaccionar, en el momento en que son inyectados, los reactivos dentro de la cavidad del molde cerrado.

En el RIM para poliamidas, se funde la caprolactama en ausencia de oxígeno atmosférico, mientras se le van agregando los activadores y

catalizadores. Posteriormente la masa fundida se vierte dentro de moldes donde se lleva a cabo la polimerización. Este proceso da lugar a piezas semiacabadas, engranes u otras piezas moldeadas, así como tubos y cuerpos huecos complicados.

5.- ACABADO.

El maquinado puede llevarse a cabo con las técnicas normales de metales. Las herramientas deben ser de acero de alta dureza y con el suficiente ángulo de salida para eliminar fácilmente la rebaba.

Para obtener maquinados uniformes con mayores velocidades de corte, debe utilizarse el refrigerante adecuado, como agua, aceite soluble, solución acuosa de jabón al 1% y aceites de uso general.

Para trabajos de corte puede emplearse la sierra cinta, sierra con plantilla, sierra circular para madera o plásticos y sierras vaivén para metal con 4-6 dientes triscados por pulgada. La presión máxima para la maquinación de las piezas de poliamidas es de 0.038 a 0.127 mm.

b.- IMPRESIÓN Y GRABADO.

La impresión y grabado se realizan sobre placas y tubos, aunque pueden realizarse sobre la película directamente.

Los métodos más comunes son:

- ESTAMPADO AL CALOR
- FLENOGRAFÍA
- HELIOGRAFÍA
- OFF-SET
- PANTALLA DE SEDA

El estampado al calor se utiliza cuando se requiere de una impresión duradera. Consiste en presionar una placa o cilindro caliente sobre una película de plástico teñida (sustrato) y finalmente sobre el material.

Los otros métodos presentan en común el empleo de cilindros o ruedas para transportar la tinta, el material y el cilindro impresor, las cuales trabajan de manera independiente. A veces están sincronizadas de acuerdo a la velocidad del material a imprimir.

De todos estos métodos, el off-set es el más ampliamente utilizado por ser más barato y más fácil de controlar, sin embargo, la calidad obtenida con el método heliográfico o con pantalla de seda es muy superior.

c). LACADO Y METALIZADO.

Debido a que las poliámidas presentan un carácter ligeramente polar, no es necesario un tratamiento previo. Sin embargo, cuando la absorción de agua llega al 5-8% conviene dar un tratamiento de secado antes del laqueado. Algunas veces puede prescindirse de este secado cuando se utilizan lacas a base de isocianato, las cuales "ligan" el agua, por ser hidrófilas, como por ejemplo, lacas de endurecimiento al ácido. Las poliámidas presentan una considerable emisión de gases al vacío por lo que el vaporizado se realiza en cantidades reducidas. Una de las aplicaciones de piezas metalizadas de poliámidas es para lámparas interiores de coches.

d).- PEGADO Y SOLDADO.

El pegado se puede llevar a cabo con las siguientes sustancias:

- ÁCIDO FÓRMICO
- SOLUCIONES FENÓLICAS
- ADHESIVOS POLIMERIZABLES.

Y el soldado puede realizarse por:

- Ultrasonido
- Fricción
- Contacto Térmico
- Radiación

TABLA No. 17

PERFIL DE TEMPERATURAS DE PROCESO DE NYLONS.

TIPO Cond. de operación	NYLON 6	NYLON 6/6	NYLON 6/12	Reforzado con carga mineral	Nylon 6/6 reforzado con fibra de vidrio	Nylon 6/12 reforzado con fibra de vidrio
Temp. de Cilindro (°C)						
Alimentación	243	282	238	293-299	288-299	282-293
Compresión	232	274	230	288-293	277-282	271-277
Dosificación	227	271	227	282-288	271-277	266-271
Boquilla	227	260-299	232	203-304	277-293	277-293
Temperatura de Melt (°C)	227-288	280-304	232-288	293-304	289-310	282-304
Vel. de Llenado	Moderada	moderada a rápida	moderada a rápida	moderada a rápida	rápida	rápida
Vel. de Huellfo	Baja o moderada	baja a moderada	baja a moderada	baja	baja	baja
Presión de Inyección (kg/cm ²)	552-1380	345-1380	346-1380	662-1380	345-1380	345-1380
Temp. de Superficie del molde	38-93	38-93	38-93	66-99	66-121	66-121

CAPITULO VI.

Aplicación de las poliamidas en la industria del plástico.

Las poliamidas están consideradas como materiales tenaces, por eso son usadas en una gran variedad de propósitos, para la fabricación de piezas que son sometidas a grandes esfuerzos, a fricción constante, resistencia química, esfuerzos térmicos prolongados, propiedades aislantes, barreras de oxígeno. A continuación enfatizaremos la aplicación en cada industria.

1.- APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA DEL EMPAQUE. (7X19X22)

Película de Nylon.

El campo de películas de plástico flexible para empaque, esta concentrada en polietileno, polipropileno y celofán. Existen otros como el hule clorado, vinil, cloruro de vinilideno, poliéster, acetato de celulosa y poliestireno.

El costo de los Nylons es superior a algunos de los materiales antes mencionados y esto es obstáculo para el desarrollo más amplio en la industria del empaque a pesar de que el Nylon ofrece mejor resistencia mecánica y química. Sin embargo en el mercado de alimentos es necesario usar películas con alta barrera al oxígeno, la mayoría de las sustancias pueden ser almacenadas en empaques con Nylon y éstas tendrán poca pérdida de sus propiedades esenciales.

Las películas de Nylon se pueden manipular en un ancho rango de temperaturas, sin ser afectadas desde temperaturas negativas de congelación a temperaturas de más 150°C, las películas son totalmente resistentes a moldes y microorganismos. Las películas de Nylon no se fracturan al ser dobladas a temperaturas de congelación, estas pueden ser esterilizadas a 115°C y a 15psi de vapor repetidamente sin sufrir daño alguno. las películas son auto extingüibles cuando se exponen a la flama.

Las películas de Nylon se pueden fabricar por extrusión tubular o plana.

Las películas de Nylon no son tan transparentes como el celofán, pero si tienen una mayor transparencia que el polietileno ó polipropileno, no es necesario algún tratamiento para darle buena impresión, en pantalla de seda, rotograbado o flexografía.

Las películas de Nylon pueden ser selladas con calor hasta grosores de 2.5 milésimas, para mayores espesores, selladores de alta frecuencia son necesarios.

Los polímeros de mayor atracción en el mercado de películas son el Nylon 6, 6/6 y 11, el Nylon 11 tiene gran ventaja sobre los otros por su radio de transmisión de vapor de agua. El alto costo del Nylon 11, ha limitado su aplicación. El Nylon 11 puede ser cortado en franjas y usado en la manufactura de cables para remplazar al papel.

Las Películas de Nylon 6, tienen ventajas sobre el Nylon 6/6, de más transparencia y flexibilidad, aunque el Nylon 6/6 tiene más propiedades de barrera y resistencia al calor, el Nylon 6, tiene un costo más bajo que el Nylon 6/6, es por esto la mayor aplicación en película. Como ya habíamos mencionado antes, los tipos mas comunes de película son hechas con Nylon 6 y 6/6 y el Nylon 6 presenta mayor participación en el mercado de película de Nylon.

El Nylon 6 se usa cuando se requieren barrera al oxígeno, flexibilidad y termoformado. Debido a su baja temperatura de fusión, el Nylon 6 también se utiliza muy bien en la coextrusión. El Nylon 6/6 se usa cuando se requiere resistencia a la temperatura y se usa cuando se requiere un punto más bajo de fusión y compatibilidad en la coextrusión.

El principal uso del Nylon, está en el empaque flexible de alimentos, primordialmente para productos de carnes procesadas y quesos. El Nylon se puede combinar con otros materiales que mejoran el comportamiento de su propiedad de barrera, dando la protección requerida para asegurar la preservación y frescura de los contenidos del empaque.

Las películas de Nylon son de gran interés en la formación de bolsas para usos especiales, uno de estos usos es para la esterilización de

equipo de hospitales donde la transmisión de vapor de agua es una ventaja, bolsas de Nylon pueden someterse a ebullición o congelación, sin sufrir daño alguno, por ésta razón se usan en el empaque de pescado, café, salchichas, jamón, quesos y otros alimentos. También se utilizan para el empaque de naftaleno, cosméticos, partes de maquinaria, cuando el alto costo de empaque puede ser tolerado y un empaque superior es necesario.

Cojines de burbuja son fabricados con Nylon, mostrando gran resistencia al impacto, para proteger computadoras, aparatos eléctricos, etc. Otro importante uso es el empaque de medicamentos para prolongarles la vida de almacén.

Películas Laminadas.

Las estructuras recubiertas o laminadas, que contienen Nylon, pueden ser selladas al calor para formar bolsas o termoformarias, para dar lugar a cavidades donde se colocan salchichas, rebanadas de cárnicos procesados, quesos y productos alimenticios similares, buscando su exhibición estética y atractivo de ventas en el mercado.

La orientación mejora la barrera inherente y las propiedades mecánicas de la película de Nylon, muestra mejoras significativas en la resistencia y módulo de tracción, en la resistencia al impacto, a la perforación y a las grietas por flexión, así como en la barrera al oxígeno y al aroma.

Durante el procesamiento, manejo y transporte, los empaques, están sujetos a fuerzas que pueden ocasionar que los materiales usados para empaques flexibles causen grietas por flexión o pequeños agujeros. Cualquier rotura en el material de empaque obviamente destruye las propiedades de barrera, que han sido diseñadas para el propio empaque.

Las películas de Nylon, así como proporcionan barrera a muchos gases, aromas y sabores, son higroscópicas, comúnmente, las películas tanto de Nylon orientado como no-orientado, son combinadas con materiales con barrera a la humedad, para así obtener protecciones óptimas al gas y al vapor de agua. El recubrimiento con (PVDC) cloruro de polivinilideno, también mejora las propiedades de barrera, para aumentar la vida de anaquel en los supermercados.

Otra técnica para mejorar el comportamiento de barrera de las películas es su impregnación al vacío de una capa metálica delgada, usualmente aluminio, este proceso se llama metalización al vacío.

Aplicaciones de empaque donde mejor se comportan las películas orientadas, donde se utilizan recubrimientos de (PVDC) cloruro de polivinideno, laminaciones con laminilla de aluminio (Aluminium Foil), películas de polietileno, monómero y/o estructuras metalizadas.

Estas aplicaciones comprenden bolsas y empaques de café, galletas suaves, empaques para bocadillos (snack food).

Adicionalmente al empaque de alimentos, el Nylon orientado, también se usa considerablemente en empaques para cosas distintas a los alimentos, donde los gases migratorios y los olores, son contenidos, ya sea dentro del empaque o impedida la entrada de productos adyacentes a dicho empaque, ejemplos de estos empaques comprenden bolsas de paredes múltiples para transportar materiales impregnados con derivados del petróleo y productos químicos industriales y agrícolas.

Las películas de fotografía también son empacadas en películas que contienen Nylons.

Las películas de Nylon son resistentes a las grasas y aceites, su capacidad de soportar temperaturas hasta 176°C las convierten en excelentes, para empacar sustancias llenadas en caliente, debido a que los Nylon son cristalinos, el control del nivel de la cristalinidad en la película de Nylon, puede mejorar sus características de termoformado, las cuales son vitales para muchos empaques comerciales.

La mayoría de los fabricantes de película de Nylon ofrecen ahora más películas amorfas, especialmente útiles para producir cavidades y formas de termoformado profundo. Otro beneficio reciente para los empaques es la capacidad de formar éstos a temperaturas menores que las temperaturas de formado.

Ya se a desarrollado el copolímero 6/66 el cual ofrece mayores ventajas de procesamiento en muchas áreas de aplicación, ya que se forma a temperaturas por debajo de aquellas de Nylon 6 y 6/6.

2.- INDUSTRIA TEXTIL. (22)

La fabricación de hilo textil de materiales fibrosos antecede tiempos bíblicos, en los tiempos de antes las primeras fibras fabricadas, fueron naturales de materiales como lino, lana, algodón y seda, pero por el año de 1938 la primera fibra sintética que apareció fue la fibra de Nylon, la cual ha crecido enormemente en el mercado mundial. Esta fibra posee un alto grado de propiedades textiles como: Alta tenacidad, alta resistencia a la humedad, alta elasticidad, buena resistencia a la abrasión y alto punto de fusión.

Los últimos años la investigación de las fibras sintéticas se ha dedicado ha igualar a las fibras naturales, en especial a la seda y lana, la similitud entre estas fibras y la fibra de Nylon, es muy grande. Las tres fibras están clasificadas como poliamidas, el Nylon es un polímero con grupos amida. La lana y seda son polímeros de naturaleza proteica, también contienen grupos amida. La resinas de Nylon, pueden ser usadas como fibra y aplicarse en gran variedad de usos principalmente el textil donde se ocupan el mayor volumen de poliamidas para la producción de telas de confección, fibras de soporte industrial.

En la industria de las fibras se utiliza mucho el término denier que significa el tamaño de la fibra y equivale a el peso en granos de 9000 metros de hilo.

De las fibras sintéticas que han tenido éxito en la industria textil, están los Nylons, poliésteres y los poliacrílatos, sin embargo la más comercial y exitosa de las fibras sintética, ha sido la fibra de Nylon y continúa su mejoramiento y desarrollo de mercado, ya que el costo de la fibra Nylon es más bajo que las otras fibras sintéticas de calidad, lo que las ha mantenido como la fibra número uno en el mundo.

La fabricación de Nylon de alta tenacidad, mejor conocidas como cuerdas de alta tenacidad las cuales han tenido gran éxito en la industria huleira, textil, concreto, automotriz, en la fabricación de redes e hilos de pesca, cuerdas para instrumentos musicales y lonas.

Las fibras de Nylon has sido usadas para la fabricación de muchos tipos de textiles, como por ejemplo la lencería para damas, mezclas con

otras fibras han aparecido en el mercado, para lencería, corsetería, tobilleras, ropa interior, batas, camisas, ropa deportiva, cortinas, sombrillas, impermeables, medias, suéteres, etc.

En el campo militar, han sido usados para hacer, paracaídas, tiendas de campaña, lonas, sacos, cuerdas para equipo de uso rudo.

Uno de los usos de fibra de Nylon que ha crecido mucho, es en la fabricación de tapetes y alfombras. Existen varias razones del porque del éxito de los Nylons en este mercado. La primera, el crecimiento de producción de alfombras en los últimos años, la escasez de lana y su alto costo, han causado que las fibras de Nylon estén ocupando cada vez más los sitios de la fibra de lana. Sin embargo la fibra de lana sigue siendo la número uno en la producción de alfombras. La tercera razón del crecimiento de los Nylon en este mercado, es debido a sus excelentes propiedades, de alta tenacidad, buena resistencia a la abrasión.

Monofilamentos de Nylon:

Los monofilamentos de Nylon de varios tamaños, están siendo usados en la producción de mangueras, pantallas resistentes a corrosión y cerdas para la fabricación de cepillos para dientes, para el cabello, para brochas de pintura, escobas, en todos estos usos, la duración es mayor con respecto a otras fibras, redes y línea para pesca, es un mercado

que ha crecido mucho, ya que los Nylons ofrecen alto grado de resistencia.

3.- INDUSTRIA HULERA:

Los nylon ocupan un pequeño porcentaje del mercado de cuerda para la industria hulera, y es uno de los más importantes usos para la producción de llantas o neumáticos.

Sobre un 65% del Nylon usado para la fabricación de llantas es Nylon 6/6.

El Nylon compete con las cuerdas de Poliéster y rayón. Las fibras de poliéster muestran mayor resistencia que las de Nylon y rayón. Sin embargo su alto costo las limita, la cuerda de rayón es la de menor calidad y tiende a desaparecer su uso en llantas.

- En la fabricación de bandas transportadoras, las cuerdas de Nylon tienen gran aplicación, ya que aumentan la resistencia a la tensión del hule.

Otro de los grandes usos de la fibra de Nylon está en la producción de cinturones de seguridad para la industria automotriz y la fabricación de bolsas de aire protección contra accidentes automovilísticos.

4.- INDUSTRIA ELÉCTRICA.

En la actualidad en la industria eléctrica, exigen materiales que cumplan con las especificaciones de calidad y seguridad para la fabricación de piezas eléctricas, pues ya que éstas operan bajo extremas condiciones de temperatura y estrés eléctrico, es una combinación de propiedades aislantes, con resistencia mecánica y al calor.

Enchaquetado de Conductores de Electricidad.

El Nylon es usado como aislante secundario para cables para construcción y cables para comunicación. El Nylon se utiliza cuando los cables van a estar expuestos a ataques de aceites, grasas o gasolina.

Entre la clasificación de los cables para construcción, se encuentra los cables THWN que son de uso general y los cables THHN que se utilizan para exponerlos con gasolina, aceite y grasas.

El Nylon es extruido sobre un cable de acero o cobre previamente cubierto por pvc. El espesor del enchaquetado de Nylon puede ser de 1/16 a 1/4 de pulgada de espesor.

El Nylon usado de cumplir con los requerimientos de alta flexibilidad y durabilidad, ha sido demostrado que el tiempo de vida de un cable, puede ser incrementado 4 o 5 veces, usando Nylon 6/10 y sobre 8 a 12 veces utilizando Nylon 6.

El Nylon 6 es el Nylon utilizado en la producción de cables, ya que es el que ofrece un mejor producto a un costo competitivo.

Características del Nylon 6 para cables.

- Resistencia a grasa, aceite e hidrocarburos.
- Higroscópicidad pierden o ganan humedad según las condiciones ambientales.
- Muy definido punto de fusión, los polímeros de Nylon 6 tienen un punto de fusión de 220°C.
- Los grados de polímeros Nylon 6 estabilizados al calor, tienen una temperatura máxima de uso continuo de 121°C.
- Formación cristalina. En estado de fusión el Nylon es casi amorfo lo que quiere decir que no hay contenido cristalino. Desde su fusión y hasta el enfriamiento a 71°C se formarán cristales en el producto.

El Nylon es usado para la fabricación de piezas aislantes y se moldea para fabricar:

- Clavijas
- Enchufes
- Conectores Eléctricos
- Componentes Electrónicos
- Partes Telefónicas
- Interruptores
- Tira de Material Aislante
- Carretes
- Bobinas

Nylon 6 y 6/6, son los polímeros más usados para moldear piezas eléctricas, Nylon 11 es muy apropiado para este uso, sin embargo su alto costo lo limita.

5.- INDUSTRIA DE MAQUINARIA Y EQUIPOS. (23)(4)

— Engranés.

El Diseño de Engranés con Nylon, es adecuado para engranes de pequeños dientes con suficiente poder para transmitir energía.

La ecuación de Lewis puede ser adaptada para el uso de Nylon en diseño de engranes.

Engranés de Nylon son usados para máquinas pulidoras donde suave operación es aplicada y mínimo mantenimiento es necesario, engranes de máquinas lavadoras y otros enseres electrodomésticos, Nylon son usados también para moldear sujetadores de engranes, arrancadores de motor, cajas de monedas de autobuses, bandas transportadoras y embobinadores de cable, entre otras cosas engranes para motores de limpia parabrisas, carretes de pesca, etc.

— Soportes y conexiones de Nylon.

Existe un gran número de aplicaciones de Nylon, como soportes o conexiones de equipo, maquinaria o enseres electrodomésticos ya que los Nylons ofrecen varias ventajas sobre los metales Nylon tienen bajo peso que es muy importante para equipo portable.

Además las piezas de Nylon pueden ser formadas rápida y eficientemente, bajando los costos; también ofrece la oportunidad para la manufactura y diseño de piezas que puede ser difícil o imposible fabricar con metal.

Las resinas de Nylon, tienen un gran número de aplicaciones para enseres electrodomésticos como: licuadoras, batidoras, lavadoras de platos, secadora de pelo, extractor de jugos, planchas, abridores de lata, aspiradoras, pulidoras, cuchillos eléctricos, rasuradora, etc., y estos Nylon se aplican en engranes, soportes, conexiones y carcazas.

La propiedad de los Nylon de amortiguar vibraciones y reductor de sonido, los hacen adecuados para los usos mencionados anteriormente.

Equipo Industrial.

Los nylons son también muy aplicados en equipo industrial, ya que sus propiedades de amortiguación de vibraciones, reductor de sonido, resistencia al impacto y resistencia a super esfuerzos (Shocks) los hacen adecuados para la producción de carcazas de sierras motorizadas, taladros, carcazas de motores eléctricos, desarmadores y herramienta industrial en general.

Las propiedades de resistencia a altas y bajas temperaturas, resistencia a la abrasión, peso ligero y cualidades lubricantes, los hacen excelente para un alto rango de partes de maquinaria, no solo engranes y soportes, si no en teclas de calculadoras y sumadoras, carcazas de bulbos eléctricos, codos de manguera, poleas, tornillos, válvulas, agujas, hidráulicas, carcaza de bombas de vacío y compresores. Otros usos industriales en guías para maquinaria textil y máquinas embobinadoras.

6.- INDUSTRIA AUTOMOTRIZ.

Los Nylons han tenido un gran éxito en la fabricación de piezas automotrices y cada vez tienen mayor participación en esta industria sustituyendo al metal.

El 30% de el consumo de resinas de Nylon, es utilizado en la industria automotriz, en una gran variedad de piezas.

Entre 1930 a 1960 la mayoría de las piezas automotrices eran fabricadas de metal, vidrio, papel, cuero y hule, pero los plásticos han invadido este mercado, porque estos son moldeados en las formas mas complejas y a un costo más bajo de producción que los metales. A continuación, lista de partes automotrices que se pueden fabricar con Nylons.

APLICACIONES AUTOMOTRICES DE RESINAS DE NYLON.

Aplicaciones de Nylon en el exterior de autos.

- Parrillas Reforzadas.
- Rejillas de Ventilación.
- Limpiadores de Parabrisas.
- Soportes de Equipaje.
- Rieles de Porta equipaje.
- Carcazas de Luz de Alto.
- Defensas Delanteras.
- Defensas Traseras.
- Tapones de Gasolina.
- Manijas de Puerta.
- Carcazas de Espejos.
- Tapones y Tapas de Ruedas.
- Abrazaderas.

APLICACIONES EN EL INTERIOR DE AUTOS

- Manijas de Puertas.
- Guías de Ventanas y Puertas.
- Elevadores de Ventana.
- Palancas Control Luces y Limpiadores.
- Palanca de Velocidades.
- Manijas de Control de Cofre.
- Manijas de Control de Asientos.
- Carcazas de Motor.
- Componentes de Ventilación.
- Pedales de Acelerador.
- Pedales de Embrague.
- Bolsas de Aire.
- Cajas de Luces Interiores.
- Caja de Fusibles.
- Sujetadores.

APLICACIONES AUTOMOTRICES DE NYLON EN EL MOTOR.

- Tomador de Aire.
- Cubiertas de Motor.
- Cubierta de Punterías.
- Cubierta de Transmisión.
- Cubierta de Cadena de Tiempo.
- Carcazas de Ventilador.
- Reservorio de Dirección Hidráulica.
- Reservorio de Frenos.
- Reservorio de vacío.
- Válvulas de Aire.
- Conductos de Aire.
- Carcaza de Limpiado de Aire.
- Tubos.
- Tubos Corrugados.
- Cable Enchaquetado.
- Tableros de Control Eléctrico.
- Tapón de Aceite.
- Sujetadores.
- Abrazaderas.

Entre los Nylon más usados en la industria automotriz, se encuentra el Nylon 6/6, que se utiliza desde natural hasta reforzado con 10, 15, 25 o 33% de Fibra de vidrio, el Nylon 6/6, es más recomendado para uso en partes de motor, ya que resiste altas temperaturas y se puede moldear hasta formas muy complejas.

El Nylon 6, es recomendado para piezas exteriores o que no estén muy cerca del motor. Las piezas fabricadas con Nylon 6, presentan una apariencia con mayor estética o superficie suave, por esto se utilizan mucho para fabricación de piezas que requieren buena apariencia y están a la vista del acabado de un automóvil como manijas, guías, palancas, etc.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

7.- OTRAS APLICACIONES.

Los Nylons también tienen aplicación en la fabricación de tubos, ya que los hace resistentes a la corrosión y tienen mejor resistencia a la abrasión que los metales, estos son fáciles de cortar y tienen mayor resistencia a la fatiga de vibraciones, estos tubos pueden fácilmente ser doblados y formados con calor, estos pueden usarse para transportar gases, líquidos, gasolina, aceites, fluidos hidráulicos, álcalis y la mayoría de los solventes se pueden combinar con conexiones de cobre y acero y trabajan muy bien. Uno de los Nylons más usados para tubo es el Nylon 11 por su bajo módulo de flexión y su baja absorción de agua.

Los Nylons 11, 6-10, 6/6 y 6, son extruidos para la fabricación de tubo para líneas neumáticas, líneas de aire, líneas antifricción, líneas aislantes, líneas de combustible, líneas de aceites, líneas de agua.

Los Nylons también tienen gran aplicación en la producción de adhesivos sellados con calor para paquetes de cigarrillos, sopas, alimentos, cajas de cartón y envolturas de pan. En general puede decirse que los adhesivos base Nylon pueden usarse en los materiales como papel, glassine, celofán, hoja de aluminio y película de acetato de celulosa. Existen formulaciones especiales para adhesivos para piel y cuero y latas de estaño.

Existen muchos tipos de fórmulas, para unir con metal, para uso general a baja temperatura, para adhesión sensible al tacto o al calor, etc.

La base de poliamida o Nylon de estos adhesivos, son los versamid, que son fabricados por la condensación de la polimerización de aceites vegetales. Otras de las aplicaciones de Nylon es en la fabricación de tintas para flexografía, fotograbado y barnices, la base de estas tintas es el versamid para uso de impresión sobre polietileno tratado, polipropileno, celofán, saran, acetato de celulosa y otras películas de plástico, tales como: papel y hoja de aluminio.

CAPÍTULO VII. 00

EL MERCADO DE LAS POLIAMIDAS.

El ciclo natural de la industria del plástico ha declinado en los últimos dos años ya que durante 20 años se observó un crecimiento gradual en los plásticos, 1993 y 1994 no fue un buen año para las potencias productoras de plástico, como Europa, EUA y Japón. Sin embargo con respecto a los Nylons, desde 1939 han mostrado un crecimiento asombroso convirtiéndose en el plástico de ingeniería más utilizado.

Se anuncian crecimientos de 7% a 8% anual.

El crecimiento del Nylon ha continuado. Nuevas aplicaciones y nuevos desarrollos han contribuido al crecimiento. Se calcula un consumo mundial de resina de Nylon para fabricación de piezas de alrededor de 1,224,000 TM al año y de fibra de aproximadamente 5,033 millones de toneladas.

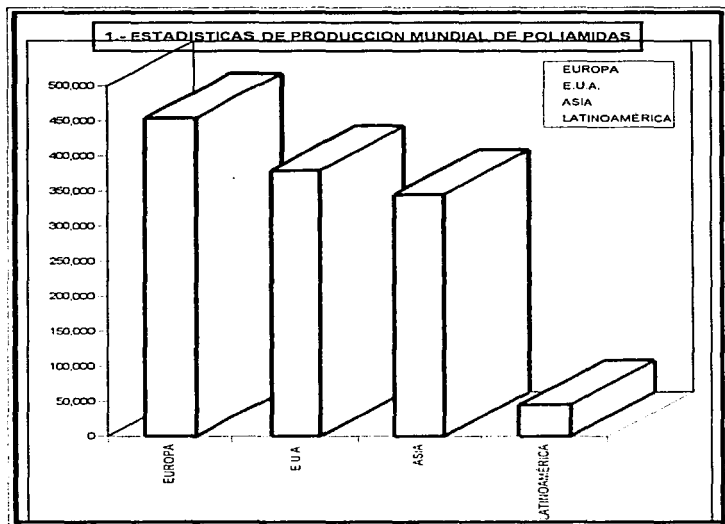
Consumo de resina de Nylon en México.

México es productor únicamente de Resina de Nylon 6 y tiene una capacidad de producción de 7,300 TM/annual entre Celanese, Akra y Polímeros Crisol. Se importan alrededor de 4000 TM anuales principalmente Nylon 6/6 ya que éste no se produce en México, se calcula un consumo anual de aproximadamente 9,500 TM de Resina de Nylon.

Con respecto a las Fibras o hilos que México produce sólo de Nylon 6 y se calcula una producción anual de 51,839 TM anuales.

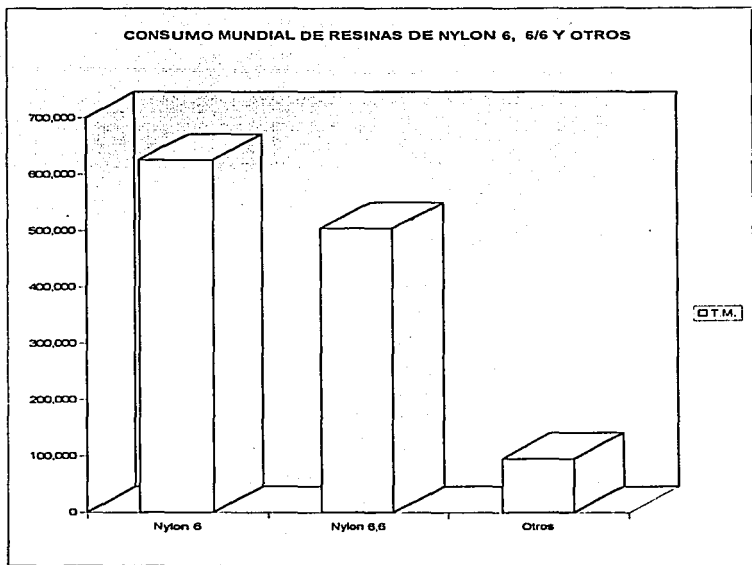
Los productores Nacionales de Fibras de Nylon son, Celanese Mexicana, Nylon de México, Fibras Químicas y Kímax.

GRAFICA No. 1



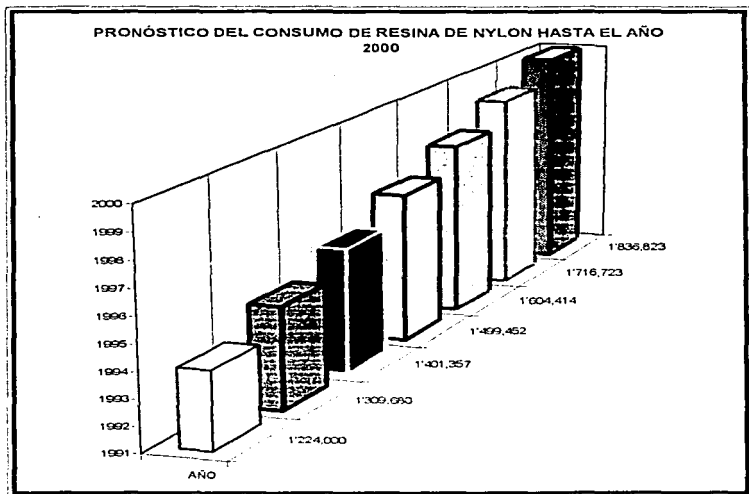
EUROPA	TM
E.U.A.	454,104
ASIA	379,440
LATINOAMÉRICA	345,168
TOTAL	45,288
	1,224,00

GRAFICA No. 2



	T.M.	%
Nylon 6	625,000	51.1
Nylon 6,6	504,000	41.2
Otros	95,000	7.7
Total	1,224,000	100

GRAFICA No. 3



MT	AÑO
1'224,000	1994
1'309,680	1995
1'401,357	1996
1'499,452	1997
1'604,414	1998
1'716,723	1999
1'836,823	2000

PRODUCCIÓN DE FIBRA DE NYLON EN EL MUNDO. (9)(14)

MILLONES DE TONELADAS MÉTRICAS

ASIA	1,678
NORTEAMÉRICA	1,497
EUROPA OCCIDENTAL	907
EUROPA ORIENTAL	725
SUDAMÉRICA	<u>226</u>
	5,033
	=====

ESTADÍSTICAS DE FIBRAS DE NYLON EN MÉXICO
1994 TM

	FILAMENTO TEXTIL	FILAMENTO INDUSTRIAL	FIBRA CORTA ⁽²⁾
PRODUCCIÓN	28,826	22,693	320
IMPORTACIÓN	1,356	1,331	370
EXPORTACIÓN	5,056	8,794	0
C. APARENTE	25,125	17,317	690
INCREMENTO %	3.7	26.7	-58.1
CAP. INSTALADA	35,500	2,300	320.0

TABLA No. 18

2.- PRODUCTOS Y MARCAS COMERCIALES A NIVEL MUNDIAL

COMPAÑIA	NYLON 6	NYLON 6/6	NYLON 6/10	NYLON 6/12	NYLON 11	NYLON 12
AKZO	AKULON ELECTRAFIL NYLAFIL	AKULON ELECTRAFIL FIBERFIL NYLAFIL PLASLUBE XYLON	NYLAFIL	ELECTRAFIL NYLAFIL		
ALLIED-SIGNAL CORP.	CAPRAN CAPRON NYTEL					
ATOCHEM POLYMERS					MB-3000 RILSAN	RILSAN
BAYER	DURETHAN	DURETHAN				
BASF	ULTRAMID	ULTRAMID	ULTRAMID			
E.I. DU-PONT		MINLON ZYTEL		ZYTEL		
HOECHST CELANESE	CELANESE					
UBE INDUSTRIES LTD.	UBE	UBE				UBE
UNITIKA AMERICA, CO	UNITIKA					
WELLMAN, INC.	WELLAMID	WELLAMID				
MITSUBISHI CHEM.	NOVAMID					
ADELL PLASTICS, INC.	ADELL	ADELL				
ASHLEY POLYMERS	ASHLENE	ASHLENE		ASHLENE		
BIDDLE-SAWYER CORP.	POTICON	POTICON				
BUDD COMPANY	BUDD CAST	AQUALOY				
COMALLOY INTL. CORP.	COMALLOY COMTUF HILOY LUBRICOM VOLEN	COMALLOY COMTUF HILOY LUBRICOM VOLEN VOLOY		COMALLOY COMTUF HILOY LUBRICOM VELEX		
COMMERCIAL PLASTIC	COMCO	COMCO				
CTI	CTI		CTI	CTI	CTI	CTI
CUSTOM RESINS	CRI					
DENTER PLASTICS	DENTER RPI	DENTER RPI				
EMSER INDUSTRIES	GRILON	GRILON		GRILON		GRILAMID
ENICHEM AMERICAS	NYLONPLAST					
ERTAL INCORPORATED	ERTALON					
FERRO CORPORATION	RNY	RNY				

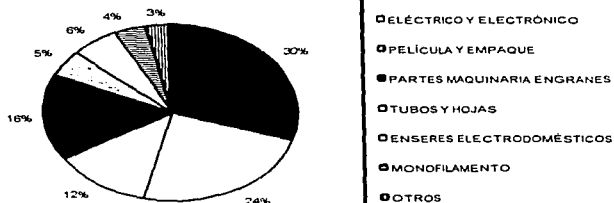
Continuación

2.- PRODUCTOS Y MARCAS COMERCIALES A NIVEL MUNDIAL

COMPASIA	NYLON 6	NYLON 6/6	NYLON 6/10	NYLON 6/12	NYLON 11	NYLON 12
PETRARCH SYSTEMS		RIMPLAST PFA				
PLASTIC MATERIALS		66 G	610			
POLYFIL, INC.	POF	PSC PNF	PMF			
POLYMER COMPOSITES	N6GL	N66				
POLYMER CORP.	NYLATRON	NYLATRON		NYLATRON		
POLYMER RESOURCES	PRI-NYLON	PRI-NYLON				
POLYMER SERVICE	NYLAMID	NYLAMID				
RESIN ENCILANGE		RN14-100				
PHONE POLLENG, INC.	TECHNYL	TECHNYL	TECHNYL			
RTP COMPANY	RTP	RTP	RTP	RTP	RTP	
A. SCHULMAN, INC.	SCHULMAN	SCHULAMID				
TEXAPOL CORP.	TEXALON	TEXALON				
THERMOFIL, INC.	N11 N13	N3 N5 N7	N15	N6	N8	N9
TORAY INDUSTRIES	AMILAN	AMILAN	AMILAN			
HULS AMERICA				VESTAMID		VESTAMID
LNPE ENGINEERING	MGNKCOMP NY-KON THERMOCOMP VERTOM	EMBX SARANYL NY-KON RIMPLAST STATKON THERMOCOMP VERTOM	NY-KON RIMPLAST VERTOM	NY-KON THERMOCOMP	THERMOCOMP VEKTON	THERMOCOMP
MOBAY CORP.	NYDUR					
MODIFIED PLASTICS	MN 6-FG	MN 6/6-FG		MN 6/12-FG		
MONTEDISON U.S.A. INC.		SAHAPLAST				
MRC CHEMICAL, INC.		PA66				
NORTON PERFORMANCE	VEKTON	VEKTON				

GRAFICA No. 4

3.- DISTRIBUCION POR SEGMENTO DE LAS RESINAS DE NYLON MUNDIAL



	MUNDIAL %
AUTOMOTRIZ	30
ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO	24
PELÍCULA Y EMPAQUE	12
PARTES MAQUINARIA ENGRANES	16
TUBOS Y HOJAS	5
ENSERES ELECTRODOMÉSTICOS	6
MONOFILAMENTO	4
OTROS	<u>3</u>
	100

4.- EFECTO DEL TRATADO DE LIBRE COMERCIO DE NORTEAMÉRICA.

Descripción del tratado.

Los objetivos de este acuerdo, son elaborar principios o reglas más específicas entre los tres países México, E.U.A. y Canadá y está vigente a partir del 1o. de Enero de 1994.

- Eliminar barreras y aranceles de comercio y facilitar el movimiento de mercancías entre las fronteras de los países del tratado.
- Promover condiciones de competencia justa en áreas libres de comercio.
- Incrementar substancialmente oportunidades de inversión.
- Proveer adecuada y efectiva protección de los derechos intelectuales.
- Crear procedimientos efectivos para la implementación y aplicación del acuerdo.

El TLC elimina la mayoría de las tarifas arancelarias de las mercancías intercambiadas entre México, EUA, Canadá, durante un período de transición de 15 años, para algunas de las mercancías se han reducido los aranceles a cero inmediatamente.

La clasificación arancelaria de importación se reduce a 3 categorías:

Categoría A:

A las mercancías que se clasifican en esta categoría se les ha eliminado completamente, las tarifas a partir del 1o. de Enero de 1994.

Categoría B:

A las mercancías clasificadas se les reducirá el arancel de acuerdo a las siguientes etapas.

1 Enero 1994	20%	reducción de Tarifa.
1 Enero 1995	20%	reducción de Tarifa.
1 Enero 1996	20%	reducción de Tarifa.
1 Enero 1997	20%	reducción de Tarifa.
1 Enero 1998		Eliminación completa de la Tarifa, es decir la tarifa, será eliminada en 5 años.

Clasificación C:

A las mercancías que entran en esta clasificación se les reducirán las tarifas en 10 años, es decir el 10% por año efectivo en Enero 1o. de 1995.

Tarifas de Exportación:

La clasificación para exportación es mucho mas complicada y abarca 15 clasificaciones A,B,BA,CO,CH,C8,C10,BP,BY,B+,B8,C,C12,CT y C15, pero la mayoría de las mercancías están clasificadas dentro de la letra A en mayor porcentaje (exentas de arancel y la letra B y C) (reducción gradual de arancel).

Con respecto a las poliamidas, debido a que México sólo produce Nylon 6 tanto en Resina como en Fibra, solamente la importación de Nylon 6 ha sido protegido, dando una clasificación C (reducción de arancel en 10 años efectivo Enero 1994).

La clasificación arancelaria es como sigue:

POLIAMIDAS EN FORMAS PRIMARIAS ^(B)

Fracción Nylon 6, 11, 12, 6/6, 6/9, 6/10, 6/12 (RESINAS)

FRACCIÓN	TIPO DENYLONS	TASA BASE	E.U.A.	CANADÁ
39.08.10.01	Nylon 12	10	A	A
39.08.10.02	Nylon 6/6	10	A	A
39.08.10.03	Nylon 11	10	A	A
39.08.10.04	Nylon 6	15	C	C
39.08.10.05	Nylon excepto Fracción 01 a 04	15	B	B
39.08.10.99	Otras	15	A	A

FIBRAS DE NYLON

FRACCIÓN	NYLONS	TASA BASE	E.U.A.	CANADÁ
5501.10.01	Nylon Fibra Corta	10	B6	B+
54.02.10.01	Hilo alta tenacidad	15	B6	B+
54.07.1001	Hilo Industrial	15	C	B+

(B6) Reducción de Tarifa en 6 años.

(B+) Reducción de Tarifa en 7 años.

(C) Reducción de Tarifa en 10 años.

CONCLUSIONES.

Después de haber recopilado, actualizado y analizado la información sobre Nylons o Poliamidas, encontramos que los Nylons se encuentran entre los plásticos de más éxito desde que comenzó la era de los plásticos, para sustituir a materiales, como lo metales, madera, cerámica, etc. Lo que los clasifica como materiales de alta tecnología. Sus excelentes propiedades mecánicas, químicas, físicas y térmicas han determinado su alto desarrollo y diversidad de aplicaciones que actualmente tienen, con el transcurso de los años, nuevas aplicaciones se han encontrado y continua la investigación de nuevos tipos de Nylon, que se pueden combinar con otras resinas para obtener productos para uso en condiciones extremosas. Aunque el mayor enfoque de la tesis fue hacia las resinas de Nylon moldeables, la aplicación de los Nylons en la producción de fibras abarca el mayor volumen de producción mundial, que se traduce a cifras de millones de toneladas, sin embargo las resinas moldeables se destacan por su especialidad de aplicaciones, entre la más destacada, la industria automotriz e industria de maquinaria y equipo, donde se requiere de materiales de alta calidad, sobre todo de resistencia a esfuerzos extremos, ya que como plástico de ingeniería, sustituye a los metales trabajando con resultados excelentes.

Entre los Nylons mas comerciales que existen Nylon 6, 6/6, 6/6,6, 7/9, 6/10, 6/12, 10, 11, 12 y 12/12. Podemos concluir que el Nylon 6 y el Nylon 6/6 son los de mayor éxito y que ocupan volumen de producción mundial, esto de debe a su gran competitividad, tanto de sus propiedades como por su costo que es más bajo que los demás Nylons. Por las mismas razones mencionadas anteriormente, los Nylons son los más exitosos polímeros entre los plásticos de ingeniería como, poliéster, policarbonato, acetales, etc.

Este trabajo puede ser utilizado como un Manual de referencia o consulta sobre los Nylon y su aplicación en la industria que contiene información actualizada que contempla los puntos más importantes sobre los diferentes tipos de Nylons, con lo cual es un texto objetivo y

de fácil comprensión para alumnos que cursan carreras en el área de Ciencias Químicas o bien carreras técnicas. Este trabajo me ha enriquecido y ampliado los conocimientos técnicos y comerciales de los Nylons y servirá de soporte para aplicar los conocimientos en la industria del plástico.

IV. BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Modern Plastics
Encyclopedia Issue
Mid October, 1994.
- 2.- Allied Signal Plastic, Inc.
Bulletin Nylon, Petra.
Automotive application
Morristown, N.J: USA, 1989.
- 3.- Plastics Chemistry and Technology.
Driver, Walter E.
New York, Van Nostrand Reinhold, 1979.
- 4.- Plastics.
Dubois, Jhon Harry.
New York, 6a. edición. Van Nostrand Reinhold, 1981.
- 5.- Plastics Material and processes.
Swarts, Seymour.
New York, Reinhold, 1982.
- 6.- Allied Chemical Corp.
Nylons Family.
Engineering Plastics, 1990.
- 7.- Packaging Food with Plastics.
Jenkins, Wilmer.
James P. Harrington. Tecnomia, 1991.
- 8.- Allied Signal
Worldwide Nylon Resins
Marke Morristown N.J.
1995.

- 9.- **Polymer handbook**
Brandrup & E.H. Immergut.
3rd. edition
New York, 1989.
- 10.- **Polymer Material & Introduction for Technology & Scientifics.**
Hall, Christopher.
2nd. edition
New York, 1990.
- 11.- **Polymer Chemistry and Introduction.**
Stevens, Malden.
2nd. edition
New York, Oxford University, 1990.
- 12.- **Allied Signal, Inc.**
Capran Polyamide Film-Technical Data.
Bulletin C.D.T. 4064, 1990.
- 13.- **Engineering Resins-The Keys To New Markets.**
Berringer, L.
Plastics World, June 1975, 33(6):24-31.
Bulletin NIA, 1973.
- 14.- **Modern Plastics**
Worldwide Plastics Statistics 1995
- 15.- **Comparison of Material Cost.**
Bulletin E-21912, May 1978.
Zytel ST. Super Tough Nylon Resin.
Bulletin E-12230, February 1977.
- 16.- **New Nylons: Toughened, Heat Stabilize, Reinforced and Lubricated.**
Modern Plastics.
July 1978, 55(7): 68-70

- 17.- Key Densig Properties of Leading Engineering Resins.
Plastics Engineering.
December 1974, 30(12):33-40
- 18.- Whats New In Nylons Plastics. Materials in Design Engineering.
Hauck, J.E.
July 1966,64(1):92-95
- 19.- Nylons, from plastics in packaging. Plastics Engineering
October 1978, 34(10):41-42
- 20.- Banco de Comercio Exterior
Estadísticas de Importación y
Exportación de Nylons.
- 21.- Engineering Thermoplastics
in the Automotive Industrie.
Young J.D.
Papal presentation Chemical Marketing
and Economics Division, 1990.
- 22.- Polyamide Resins.
Floyd D.F.
Plastic Application series.
Reinhold Publishing Corporation N:Y., 1982
- 23.- Anuario Estadístico de la Industria
Química Mexicana.
Asociación Nacional de la Industria Química.
(ANIQ), 1995.
- 24.- Allied Signal Plastics.
Industrial Resins.
Nylon, Pet.
Morristown, N.J. USA., 1989

- 25.- Allied Signal Plastics.
Nylon Resin Properties and
Film processing.
Bulletin. Technical center. 1995
Morristown, N:J:, USA.
- 26.- Allied Signal Plastics.
Nylon extrusion operating manual SFF-08
Morristown, N:J: 1991
- 27.- Allied Signal Plastics.
Nylon Injection Moulding
ERG-26 Morristown, N:J: USA, 1993.
- 28.- North American Free Trade Agreement.
George J. Weise Commissioner of Customs.
Nov. 1993.
- 29.- Allied Signal Plastics.
Nylon, Pet
Worldwide Fiber Statistics 1995.