

102



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

FACTIBILIDAD ECONOMICA PARA EL MONTAJE E INSTALACION DE UNA PLANTA DE NYLON - 6,6

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERA QUIMICA
P R E S E N T A :
K A T I A R I C O P R I E T O



MEXICO, D. F., CIUDAD UNIVERSITARIA

1994

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



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 está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

**JURADO ASIGNADO**



**EXAMENES PROFESIONALES  
FAC. DE QUÍMICA**

Presidente Prof. Ernesto Perez Santana  
Vocal Prof. Alejandro Iñiguez Hernandez  
Secretario Prof. Carlos Galdeano Bienzobas  
1er. suplente Prof. José Agustín Texta Mena  
2do. suplente Prof. Ricardo Perez Camacho

Lugar donde se desarrolló el tema:

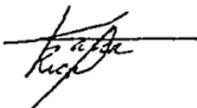
Biblioteca Facultad de Química

Asesor del tema:



Ing. Carlos Galdeano Bienzobas

Sustentante:



Katia Rico Prieto

**A mis padres.**

**A Daniel.**

**A mis abuelos.**

**A mi familia y amigos.**

**A todos los que de una y mil  
formas me han enriquecido**

## ÍNDICE

	PAG.
<b>Capítulo I.</b>	
<b>Revisión Histórica y Generalidades del Plástico</b>	<b>1</b>
<b>I.1 Definición</b>	<b>1</b>
<b>I.2 Antecedentes Históricos</b>	<b>3</b>
I.1.a El Siglo XIX	3
I.1.b El Siglo XX	7
I.1.c El Concepto Macromolecular de Herman Staudinger	10
<b>I.3 Características</b>	<b>18</b>
<b>I.4 Clasificación y Diferencias entre los Plásticos</b>	<b>20</b>
<b>Capítulo II.</b>	
<b>Antecedentes Históricos Del Nylon, Clasificación y Panorama Internacional y Nacional</b>	<b>38</b>
<b>II.1 Historia del Nylon</b>	<b>38</b>
<b>II.2 Clasificación</b>	<b>41</b>
<b>II.3 Panorama Nacional e Internacional</b>	<b>46</b>

<b>Capítulo III.</b>	
<b>Método de Obtención</b>	<b>74</b>
III.1 Materia Prima	74
III.2 Obtención de la Sal de Nylon-6,6	77
III.3 Policondensación	78
<b>Capítulo IV.</b>	
<b>Estudio Económico de la Instalación</b>	<b>83</b>
IV.1 Introducción	83
IV.2 Procedimiento de cálculo	84
IV.2.1 Estimación de la Capacidad de Producción	84
IV.2.2 Estimación de la Inversión Fija	86
IV.2.3 Estimación de los Ingresos por Ventas	89
IV.2.4 Estimación de los Costos Anuales de Producción	90
IV.2.5 Estimación del Capital de Trabajo	92
IV.2.6 Preparación de Balances Generales y Estados de Resultados	93
IV.2.7 Herramientas Financieras	94
<b>Capítulo V.</b>	
<b>Conclusiones y Recomendaciones</b>	<b>97</b>

## INTRODUCCIÓN

El propósito de este trabajo es el proporcionar los elementos necesarios que permitan evaluar a una empresa que actualmente produzca Nylon-6 si es conveniente empezar a producir Nylon-6,6. Este tipo de nylon no se produce actualmente en México, sino que es importado en su totalidad de diversos países. Este producto es muy utilizado en el sector eléctrico-electrónico, en el automotriz, en el de monofilamentos, en el de electrodomésticos, entre otros. Debido a la expansión e integración que se está dando en la industria transformadora, sería conveniente que se empezase a producir en México.

A principios de este siglo se empezó a reconocer la gran importancia que tienen los plásticos debido a que éstos ofrecen una gama de propiedades que les permiten sustituir a materiales como el vidrio, madera y metales.

Se ha preferido utilizar plásticos que al aplicarles calor se funden y pueden ser moldeados es decir, que son reciclables. A esta categoría pertenece el nylon. Este es un nombre genérico que incluye varios tipos de nylon, el 6, 11, 12, 6,6, 6,10 y 6,12. Las propiedades del Nylon-6,6 lo hacen superior debido a que resiste temperaturas mayores.

Este producto es producido básicamente en Europa, Estados Unidos y Japón. El consumo mundial ha ido aumentando constantemente en los últimos años, previéndose un aumento entre el 9 y 10%.

# **CAPÍTULO I**

## **REVISIÓN HISTÓRICA Y GENERALIDADES DE LOS PLÁSTICOS**

### **I.1 DEFINICIÓN**

Los plásticos son materias artificiales formadas por macromoléculas de compuestos orgánicos obtenidos sintéticamente o bien por transformación de productos naturales.

El término propuesto por la IUPAC (International Union Pure and Applied Chemistry) para denominar este tipo de productos es el de plástomeros; a esta categoría pertenecen las materias primas que mezcladas con los adecuados reactivos o aditivos, dan las materias plásticas de las cuales se obtienen los semielaborados y los productos finales.

Los plástomeros son producto de la química orgánica; es decir, su componente principal es el carbono (junto con nitrógeno, hidrógeno, oxígeno y azufre ) y pertenecen a la familia de los polímeros.

Los polímeros son compuestos orgánicos, naturales o sintéticos, que tienen una estructura muy grande y que por lo tanto tienen un alto peso molecular. Están formados por la reacción de moléculas elementales reunidas entre sí en cadenas lineales o ramificadas llamadas monómeros.

Un monómero es un compuesto químico no saturado, cuyas moléculas contienen carbono y en donde los átomos de carbono están unidos por un doble enlace, su estructura es sencilla y de bajo peso molecular.

Los polímeros pueden ser homogéneos o mixtos, según el tipo de monómeros de que se componen; ya que pueden ser todos iguales entre sí, es decir, pertenecer al mismo compuesto químico, o bien a dos, tres (o más) compuestos químicos o monómeros diversos.

Dependiendo del tipo de proceso por el cual tuvo lugar la agregación de las moléculas se les conoce como polímeros (policondensados) o copolímeros (copolicondensados). Los primeros son producto de un proceso conocido como polimerización; y los segundos de un proceso conocido como policondensación. La diferencia entre polimerización y policondensación radica en el hecho de que durante el segundo proceso la agregación molecular tiene lugar con eliminación de una parte de la molécula, p. ej., bajo forma de agua.

Los polímeros y copolímeros poseen gran resistencia al ataque de los ácidos, bases, disolventes orgánicos y agentes atmosféricos, y buenas propiedades mecánicas, como resistencia a la rotura y desgaste.

Los polímeros se dividen en dos grandes clases: naturales y artificiales o sintéticos. Los polímeros naturales comprenden los betunes, las resinas o gomorresinas y las ceras. Los betunes se presentan en forma de impregnaciones en rocas calcáreas, dolomíticas y esquistosas, o en carbón de tipo bituminoso. Las resinas pueden ser de origen animal, como la goma laca, de origen vegetal, producidas por secreciones de plantas, y de origen mineral,

como el ámbar. Las ceras como las resinas pueden ser tanto de origen animal como vegetal.

## **I.2 ANTECEDENTES HISTÓRICOS**

El uso de los polímeros naturales por el hombre se inicia cuando este utiliza productos como son la gutapercha, el ámbar, la goma laca y el petróleo. Los egipcios, por ejemplo, utilizaban el petróleo para embalsamar muertos o impregnar textiles con el fin de proporcionarles mayor resistencia. Los fenicios también conocían la utilidad de los polímeros naturales como la brea que fundían para rellenar las aberturas de sus naves.

Al transcurrir el tiempo se tuvo la necesidad de modificar los polímeros naturales para lograr una mayor diversificación, surgiendo así los polímeros semisintéticos que se producen mediante un tratamiento químico y/o físico de la resina natural, aumentando así sus propiedades.

### **I.2.a El siglo XIX**

No es sino hasta el siglo XIX cuando diversos investigadores, en su mayoría, alemanes y norteamericanos se dedicaron a estudiar las propiedades de los polímeros así como métodos para sintetizar polímeros artificiales o sintéticos. En las siguientes páginas mencionaré los pasos que se dieron para obtener algunos de los polímeros que han sido de mayor importancia; ya sea

por los conocimientos que brindaron a la comunidad científica o por ser sumamente utilizados.

Una de las mayores contribuciones fue hecha a principios del siglo XIX por un científico inglés, ciego llamado John Gough. Los resultados que obtuvo de tres experimentos conforman las bases de la teoría moderna de la elasticidad del hule, siendo estos:

- \* Al estirar el hule éste se calienta. El efecto térmico es reversible.
- \* Un pedazo estirado de hule al ser calentado se contrae.
- \* En agua caliente el hule retiene su propiedad retráctil, pero en agua fría pierde un poco esta propiedad.

En 1832 Liedershoff calentó el hule natural con azufre para lograr que éste conservase su elasticidad, impermeabilidad y resistencia química tanto en frío como en caliente. Este proceso es conocido actualmente como vulcanización.

En 1838 Nathaniel Hayward patentó el uso de azufre como aditivo para reducir la viscosidad del hule natural.

Charles Goodyear compró esta patente y de manera accidental dejó esta mezcla toda la noche en una estufa caliente, obteniendo así un producto más versátil al que llamó vulcanita. El producto que se obtuvo fue más resistente a los cambios de temperatura y a los esfuerzos mecánicos. Otros materiales de este tipo son la caseína para botones, la parkesina, la ebonita

(hule duro) y el celuloide. Este cobró gran importancia cuando nació la cinematografía.

A principios del siglo XIX, el investigador Franz Ernst Neuman, físico y matemático alemán obtuvo el monómero de estireno por la destilación de ambar líquido. El estireno es utilizado actualmente como caucho sintético y para síntesis orgánicas y se obtiene del benceno y del acetileno entre otros. A pesar de la disponibilidad y claridad de este frágil estireno, el monómero de estireno permaneció como una curiosidad de laboratorio por más de un siglo. No fue sino hasta que el investigador Tschunker de la industria IG Farbenindustrie, produjo el copolímero de estireno-butadieno (Buna-S), que los químicos de esta industria reinvestigaron los homopolímeros de estireno y varios copolímeros más como el de estireno-coacrilonitrilo. El poliestireno es el producto que se obtiene al polimerizar el estireno se utiliza como material de moldeo, para hacer juguetes, como aislante eléctrico, para fabricar botellas y en pinturas. El poliestireno fue producido en Alemania comercialmente en 1925.

La compañía norteamericana Dow se interesó también en la producción de poliestireno. Esta compañía inicio la producción y comercialización del poliestireno en Estados Unidos en 1935.

El celuloide, el primer termoplástico hecho por el hombre, no se inventó sino hasta después de 1850. J. Parker Maynard obtuvo una solución al disolver nitrato de celulosa en una mezcla equimolar de éter y etanol en 1847 a la que llamó Collodion. En 1862 Alexander Parkes patentó el proceso de recubrimiento de telas con Collodion. El le dió forma a altas temperaturas y presiones, a este derivado de celulosa al que llamó parkesina.

F. Scott Archer utilizó Collodion, como rollo fotográfico y Christian Friedrich Schönbein utilizó esta solución para que el papel fuese impermeable.

La industria textil también se vió modificada por la aparición de los polímeros artificiales, como ejemplo de esto está el rayón. L. H. Despaissis patentó el proceso cobre-amonio para la producción de celulosa regenerada (rayón) a partir de una solución de celulosa e hidróxido de cobre-amonio en 1890.

Charles Frederich Cross produjo celulosa regenerada al acidificar una solución de xantato alcalino de celulosa en 1892. El nombre de rayón fue aceptado por todos los productores de fibras de celulosa regenerada en 1894.

Otro producto que modificó la industria textil fue el poliéster. Louis Joseph Gay-Lussac en 1833, Jöns Jakob Berzelius en 1847, Bemmelen en 1856, Lourenco en 1863 y Watson Smith en 1899 investigaron la formación de poliésteres. Los poliésteres es el nombre genérico para denominar los compuestos formados por esterificación de ácidos dicarboxílicos y alcoholes polivalentes. Se usan como plastificantes y en la industria de pinturas así como en la fabricación de carrocerías de coche, embarcaciones deportivas, laminados para tejados y barnices. Este tipo de polímero no fue comercializados sino hasta los inicios del siglo XX.

Los avances logrados en el siglo XIX se vieron limitados por factores económicos y por falta de conocimientos en el área de los polímeros. Pero a pesar de esto se empezaron a introducir conceptos que sentarían las bases para el mayor desarrollo y conocimiento de los polímeros en el siglo XX. Como

ejemplo de esto: Friedrich Kekule sugirió que las proteínas, los almidones y la celulosa estaban formados por cadenas. Lourenco utilizó el término "altamente condensados" al referirse a los poliésteres en 1863. Hlasiwetz y Habermann utilizaron el término "solubles y desorganizadas" para diferenciar las pequeñas moléculas de polímeros insolubles y organizados en 1871.

La mayoría de las preparaciones poliméricas del siglo XIX fueron hechos aislados. El cloruro de vinilo y el estireno, por ejemplo, fueron aglutinados en forma de gel por efecto de la luz solar y no se les dió mayor importancia.

## 1.2.b El siglo XX

El principio del siglo veinte coincidió con el reconocimiento, especialmente en Alemania, de la inmensa importancia de la química orgánica; y por lo mismo sentó las bases para el descubrimiento de procesos que proveerían una gran cantidad de monómeros a precios económicos. Esto se debe a que los plásticos sintéticos ofrecen una gama de propiedades que les permiten sustituir a materiales como el vidrio, madera y a ciertos metales. En este periodo se lograron sintetizar miles de nuevos compuestos que no habían existido en el pasado. Estos descubrimientos condujeron a una serie de aplicaciones altamente benéficas en muchos sectores de la vida, como es la agricultura, medicina e higiene. Tuvieron también un gran impacto en la industria textil, papelera, de transporte y de empaques.

Emil Fischer, quien recibió el premio Nobel en 1902, invirtió una gran parte de su carrera en la investigación de monómeros, polímeros, polimerización y depolimerización. Trabajó con materiales complejos mucho antes del desarrollo de técnicas e instrumentos modernos. Sintetizó carbohidratos con altos pesos moleculares a partir de monómeros de aldehídos. Contempló también la síntesis de almidones y celulosa.

Las investigaciones de Emil Fischer dieron pauta a una mayor comprensión de los polímeros. Herman F. Mark dijo años más tarde que los fundamentos de la teoría de los polímeros estaban dados en 1905 en el Instituto Emil Fischer en Berlín. El trabajo que Emil Fischer realizó con azúcares y aminoácidos aclaró completamente la composición, estructura y estereoquímica de estas sustancias y abrió el camino para la síntesis de especies moleculares progresivamente mayores. Sus ayudantes exploraron en todos los campos de la polimerización: polisacáridos, polipéptidos y polihidrocarburos, adentrándose particularmente en el estudio del hule.

En 1907 el Dr. Leo Baekeland descubrió un compuesto de fenol-formaldehído al cual denominó baquelita y que se comercializó en 1909. Este material presenta gran resistencia mecánica, aislamiento eléctrico y resistencia a elevadas temperaturas por lo que se utiliza en receptores telefónicos, conectores eléctricos y asas para utensilios. Independientemente de la importancia de este descubrimiento, se tuvo un gran avance en la química de ese tiempo ya que el Dr. Leo Baekeland concluyó que los productos de las reacciones no tenían que ser líquidos puros o cristalinos para ser considerados valiosos y que los materiales amorfos no debían ser rechazados como productos inservibles. Como producto de sus investigaciones se llegó a la

"Patente de calor y presión" para resinas fenólicas que ha permanecido como la base para la producción de baquelita. Por otro lado, Leo Bakeland tuvo la visión de sugerir que este tipo de materiales podían tener aplicaciones industriales.

Por la necesidad de encontrar un barniz de revestimiento que hiciera que las alas de los aereoplanos en la primera guerra mundial se mantuviesen rígidas, los hermanos Dreyfus descubrieron una fibra de éster, la cual fue llamada "Celanese". Los compuestos de acetato de celulosa fueron muy importantes ya que a diferencia de la baquelita, estos compuestos eran fáciles de moldear por ser termoplásticos.

A principios de la década de los veinte Eichengrün desarrolló un proceso de moldeo por inyección. Gracias a este proceso los compuestos de acetato de celulosa cobraron mayor importancia debido a su alta estabilidad a temperaturas muy elevadas. Hasta la segunda guerra mundial el acetato de celulosa era el único material disponible para ser modelado y por lo mismo se le dieron muchos usos, únicamente fue superado por el polietileno y el poliestireno, materiales desarrollados muchos años después.

A pesar de todas las investigaciones que se hicieron en el campo de los polímeros, la confusión que existía en cuanto al tipo de moléculas con las que se estaba trabajando retrasó el progreso hasta que el Nobel Hermann Staudinger introdujo el verdadero concepto macromolecular a principios de 1920.

## 1.2.c El concepto macromolecular de Hermann Staudinger

Se pueden distinguir tres factores que contribuyeron al gran desarrollo que se observó a partir de 1920 en el área de los polímeros. El primero de ellos fue el incremento en la investigación en el área química, segundo, la aceptación del concepto macromolecular producto de las investigaciones de Staudinger y por último el gran impulso que se le dio a la producción de plásticos en los años treinta así como en los años de la segunda guerra mundial por parte de Alemania por la necesidad de materiales para reemplazar aquellos que les fueron negados por los aliados, particularmente el hule.

En 1920 Staudinger publicó "La polimerización Ueber" donde resumió en doce páginas los resultados obtenidos en sus investigaciones, hizo referencia a una serie de reacciones donde pequeñas moléculas se combinaban para dar lugar a mayores moléculas. Sugirió que se utilizase el término "Polimerización" exclusivamente cuando se tratase de pequeñas unidades que se unen a otras mayores por medio de un enlace covalente. Al final de este informe planteó tres fórmulas que por su simplicidad y lógica marcaron un inicio para el posterior desarrollo de "Hochmolekulare Polymersitionsprodukte", polímeros de alto peso molecular. Las tres fórmulas fueron de poliformaldehído, poliestireno, poliisopreno (estas fórmulas son válidas hoy en día). El producto de la polimerización del formaldehído se basaba en la ruptura de un doble enlace de carbono y oxígeno para dar lugar a una cadena de átomos de carbono y oxígeno, sin sustituyentes. El material es duro, opaco (cristalino) y difícilmente soluble.

Otra resina sintética, el poliestireno, fue estudiada con gran interés en esa época. Ésta se produjo por la continua ruptura del doble enlace de carbono para dar lugar a una cadena de carbon con el grupo fenilo como sustituyente. Este material es duro, brillante, transparente (amorfo) y fácilmente soluble. El tercero era una sustancia natural, el hule. Se habían hecho múltiples intentos para sintetizarlo, sin lograrlo. Hermann Staudinger dijo que el hule tenía una estructura de cadena que contenía átomos de carbón enlazados por un doble enlace con el grupo  $\text{CH}_3$  como sustituyente. Este material es blando, transparente y fácilmente soluble en solventes orgánicos. Indicó que las propiedades de éste estaban directamente relacionadas con su alto peso molecular. Estas tres macromoléculas cubrían un amplio rango de resinas: sintéticas y naturales, blandas y duras, cristalinas y amorfas, con cadenas carbono-carbono y cadenas carbono-oxígeno. Se postuló el mismo principio estructural para estas resinas. El principio unificador, largas cadenas, proporcionó la clave del comportamiento, mientras que los sustituyentes controlaban las propiedades específicas.

Un principio unificador una vez expuesto y aceptado crea orden donde la confusión reinaba y comprensión donde la incertidumbre prevalecía. Para entender la importancia del trabajo de Staudinger quizá sea bueno recordar como se vio influenciada la química por las ideas de Lavoisier y Mendeleev.

Aproximadamente al mismo tiempo en que Staudinger publicó sus resultados, R.O. Herzog y W. Jancke en el Kaiser Wilhelm Institute comprobaron que al menos una parte de la celulosa es cristalina. Utilizando la difracción de rayos X, obtuvieron patrones que no eran ni áreas totalmente claras, ni totalmente sombreadas. Al no poder descifrar los patrones que habían

obtenido, le encargaron a Michael Polyanyi esta tarea. La interpretación que dio Polyanyi a estos patrones fue la segunda aportación de mayor peso a la teoría moderna de los polímeros. Las conclusiones que se obtuvieron fueron que el diagrama de difracción indicaba estructuras del tipo de cadenas glucosídicas o anillos de dímeros.

Entre 1922 y 1930 Staudinger publicó 19 ensayos sobre el hule y continuó con la sistemática preparación de otros polímeros.

Staudinger propuso en 1922 el término genérico de "macromoléculas" para toda clases de sustancias ya fueran estas naturales o sintéticas. A pesar de todos sus esfuerzos, distinguidos representantes de la Química Orgánica de esos días como M. Bergmann, K. Hess, P. Karrer, H. Pringsheim y R. Pummerer se oponían a la teoría de Staudinger. Manifestaron que el comportamiento del hule, de la celulosa y de las proteínas se podía explicar como pequeñas unidades que se mantenían unidas por medio de fuertes fuerzas intermoleculares, no por enlaces covalentes.

Staudinger decidió experimentar con hule natural ya que C. Harries y R. Pummerer habían postulado que el hule estaba constituido por pequeñas unidades cíclicas de isopreno que estaban asociadas mediante "valencias parciales" surgidas del doble enlace del hule. Si los dobles enlaces del hule se removiesen por hidrogenación, estas valencias desaparecerían y lo que resultaría sería un hidrocarburo de bajo peso molecular similar al aceite lubricante. Los resultados del experimento mostraron que el hule hidrogenado era muy parecido a la muestra original, quizá un poco menos elástico y que daba soluciones de gran viscosidad. Se obtuvo un material similar al material

hidrogenado al reintroducir el doble enlace. Se hicieron experimentos similares de hidrogenación y deshidrogenación con poliestireno y poliindeno mediante los cuales se obtuvo información adicional acerca de la estabilidad de estos compuestos. Esto mostraba nuevamente la existencia de enlaces químicos normales en las cadenas de estos materiales.

Se presentaron los resultados de los experimentos así como observaciones hechas al analizar una serie de polioximetilenos en tres importantes congresos internacionales: Innsbruck 1924, Zurich 1925, y Duesseldorf 1926. En los tres congresos se mostró gran renuencia de parte de los que apoyaban la teoría de la agregación además de los que defendían la clásica teoría de la cristalización. Los argumentos que utilizaban era que la viscosidad no era una medida legítima del verdadero tamaño de las moléculas, podría muy bien ser el resultado de la agregación coloidal. Las reacciones químicas con polihidrocarburos: hule, poliestireno y otros no eran suficientes para sacar conclusiones aplicables a polímeros naturales de tanta importancia como celulosa, almidón o proteínas.

Staudinger prosiguió sus investigaciones dirigiéndolas principalmente a las áreas que causaron mayor polémica en los tres congresos.

Se hicieron estudios sistemáticos con la celulosa y sus derivados entre 1929 y 1959. Se prepararon series homólogas de polímeros con amplios rangos de pesos moleculares. Estos estudios permitieron también estudiar las relaciones entre composiciones químicas y entre propiedades como solubilidad y cristalización.

Se tomaron medidas de la viscosidad de múltiples soluciones de acetato de celulosa, nitrato de celulosa y poliestireno al igual que se hicieron estudios utilizando una ultracentrifugadora. Así se pudo concluir que existen moléculas cuyos pesos atómicos son de cientos de miles y que es posible determinar con la ayuda de medidas de viscosidad el peso molecular.

A fines de la década de los veinte, Staudinger probó el concepto macromolecular por medio de reacciones químicas de polímeros, por medio de los estudios de rayos X de celulosa, seda, hule y quitina, por medio de medidas sistemáticas con la ultracentrifugadora y quizá más que nada gracias al brillante trabajo de síntesis de W. H. Carothers en los laboratorios de la compañía DuPont. Él pudo triunfar en la preparación de poliésteres y poliamidas y determinar su peso molecular de manera exacta y reproducible.

Dado lo anterior, Staudinger publicó en 1932 en Verlag Springer en Berlín un resumen donde presentaba el concepto de las macromoléculas y planteaba el surgimiento de una nueva rama de la química orgánica.

La siguiente década hasta el inicio de la Segunda Guerra Mundial fue un periodo dedicado a hacer estudios sistemáticos en polímeros sintéticos como poliestireno, poliisobutileno, polivinilo y derivados de poliacrílicos, así como de polielectrolitos. Al mismo tiempo, los estudios en polioximetilenos y óxidos de polietileno continuaron. El área de investigación de Staudinger se fue ampliando así como el número de colaboradores.

Inmediatamente después de la guerra, Staudinger continuó con su trabajo como investigador, prueba de ello son los tres volúmenes que presentó:

"Química Macromolecular y Biología" (1947), "Química Orgánica Coloidal" (1950), "Arbeitseinnerungen" (1961).

Otra importante aportación de Staudinger fue el crear una revista de divulgación de esta nueva rama de la química orgánica llamada "Die Makromolekulare Chemie". Uno de los grandes logros de Staudinger fue el de transmitir tanto sus conocimientos así como su interés por el área de las macromoléculas a múltiples estudiantes.

Alrededor de 1925 J. R. Katz notó que en el hule al ser estrechado se podía observar material parcialmente cristalizado; ésto dio sustento al concepto de altos pesos moleculares. En 1926 E. A. Hauser y Herman Mark resaltaron este concepto al revisar los avances logrados por Katz. En ese mismo año O.L. Sponster y W.H. Dore presentaron una descripción completa de la molécula de celulosa. Propusieron una estructura en forma de cadena de anillos de glucosa unidos por enlaces covalentes.

En su estudio en el mundo de los polímeros obtuvo mucha información acerca de los polímeros, la hidrogenación, viscosidad, puntos de fusión y solubilidad. Reportó sobre la conversión de poliestireno a polihexahidroestireno y poliindeno a polihexahidroindeno sin que hubiese perdida en sus propiedades. Sostuvo que ésto probaba que estos monómeros estaban unidos por enlaces covalentes.

Herman Mark analizó la celulosa con difracción de rayos X y concluyó que "estaba unida por fuerzas comparables por el tipo y magnitud a las fuerzas

internas de la molécula y que la totalidad de la estructura cristalina aparecía como una gran molécula".

En 1928 Kurt Heinrich Meyer y Herman Mark publicaron un extenso informe sobre la celulosa. Propusieron una estructura comparable a la que es actualmente aceptada. Ellos propusieron un modelo amorfo de celulosa de corteza con cadenas de celulosa de alto peso molecular uniendo la corteza con regiones altamente cristalinas y ordenadas. Este modelo era un intermedio entre la teoría de la asociación y la de las macromoléculas de Staudinger. Staudinger disintió en dos puntos; estos eran que él consideraba que sus cadenas principales no eran lo suficientemente largas y que no era válido el concepto de que estuvieran unidas zonas amorfas con zonas cristalinas.

El debate siguió en Alemania, otros científicos de otros países empezaron a investigar para tener una mayor comprensión. Wallace Carothers en DuPont en los Estados Unidos inició una serie de investigaciones en 1928 que establecerían la teoría moderna de los polímeros. Su objetivo desde el principio fue el de preparar polímeros de estructura conocida a través de reacciones orgánicas previamente establecidas. Hasta antes de su muerte en 1937, él estudió la preparación y las propiedades de poliésteres, poliamidas, polianhídridos y policloroprenos. Como resultado de sus investigaciones, en los que amplió y verificó los conceptos manejados por Staudinger, Meyer y Mark mediante un razonamiento meticuloso y gran información, el concepto de pesos moleculares altos fue aceptado.

En 1928 en Estados Unidos se hizo por primera vez el copolímero de cloruro de vinilo y acetato de vinilo.

En 1938 y 1939 Henry Victor Regnault y E. Simon describieron polímeros como cloruro de vinilo, cloruro de vinilideno, estireno y otros.

Surgen una gran variedad de materiales y este desarrollo se ve acelerado entre los años 40's y 50's, cuando se descubre un nuevo material cada 3 ó 5 años. La aceptación de este tipo de materiales ha sido tal, que en casi todos los sectores encontramos aplicaciones de plástico tales como en: construcción y decoración, en electrónica, en el hogar, en medicina, en la industria automotriz, en la agricultura, en artículos para papelería.

Este período de tiempo nos da una lista de más de 50 materiales diferentes, que se utilizan en diversas áreas y que a últimas fechas todavía son modificados. Por lo que si en algún tiempo de la vida humana se le llamó la Edad de Piedra y la Edad de los Metales, por ser los, materiales que más se utilizaban, a nuestra época se le debería de llamar la EDAD DEL PLÁSTICO.

Actualmente la mayoría de los plásticos parten del petróleo, pero esta no es la única fuente que pueden tomar para su fabricación, ya que el carbón con cal da lugar al carburo de calcio que procesándose sirve para obtener acetileno y a partir de él, etileno y vinilo, monómeros utilizados para la elaboración de polietileno y PVC.

### **1.3 CARACTERÍSTICAS**

Las características fundamentales de las materias plásticas son: mecánicas, térmicas, ópticas, químicas y dieléctricas.

#### **1) Características mecánicas**

Mediante pruebas especiales puede examinarse el comportamiento del material cuando se somete a tratamientos particulares de tracción, compresión, flexión, resistencia al choque, al desgaste, etcétera. Como todos los materiales, son influidos con el tiempo por la acción de factores externos, temperatura, humedad, radiaciones y factores atmosféricos.

#### **2) Características térmicas**

Las materias plásticas experimentan una disminución de sus características mecánicas cuando son sometidas a un aumento de temperatura. El coeficiente de conductibilidad térmica es muy bajo, mientras que el de dilatación térmica es relativamente elevado, de modo que en el caso de montajes industriales es necesario trabajar con las debidas precauciones para prever los adecuados dispositivos de compensación.

#### **3) Características ópticas**

La transparencia es una característica fundamental de algunas materias plásticas, como son los metacrilatos, el poliestireno y las resinas alílicas. Con otras materias plásticas es posible obtener grados diferentes de transparencia (hasta la opacidad) y coloraciones que pueden hallarse comprendidas dentro de una gama muy amplia de tonalidades.

#### 4) Características químicas

Una de las principales características de las materias plásticas es la resistencia a la corrosión. Al contrario que los metales, en general son electricamente aislantes. Con frecuencia la acción de los disolventes orgánicos conduce a aumentos de volumen y de peso en lugar de pérdidas de volumen y de peso, fenómeno que toma el nombre de hinchamiento. El comportamiento de las materias plásticas es muy diverso, ya que se pasa de algunas que son solubles en disolventes y aceites, a otras que no lo son o lo son de modo mínimo. Esta propiedad (inercia química) se acentúa en algunos polímeros, como el cloruro de polivinilo y el polietileno.

#### 5) Características dieléctricas

La mayor parte de las materias plásticas, tanto termofijas como termoplásticas, presentan buenas características dieléctricas. Las principales son: resistencia superficial, resistencia transversal o de volumen, resistencia interna o de aislamiento, constante dieléctrica y factor de potencia.

## **I.4 CLASIFICACIÓN Y DIFERENCIAS ENTRE LOS PLÁSTICOS**

Para una mejor comprensión de las características y diferencias entre los plásticos, es conveniente clasificarlos. Estos se pueden clasificar tanto por su estructura química, según el proceso por el cual ha tenido lugar la agregación de las moléculas, así como por la manera en que son empleados.

### **I) Estructura Química**

- \* Comportamiento al calor
- \* Morfología
- \* Presencia de monómeros
- \* Tacticidad

### **II) Consumo**

- \* Comodities
- \* Vesátiles
- \* Técnicos
- \* Especialidades

### **III) Proceso de agregación de las moléculas**

- \* Policondensación
- \* Polimerización

## l) Estructura Química

En cuanto a su estructura química el parámetro más importante es su comportamiento frente al calor , ya que los plásticos pueden ser termoplásticos o bien, termofijos.

Los termoplásticos son materiales formados por polímeros lineales que se reblandecen o funden por la acción del calor, pueden fundir sin descomponerse y entonces se moldean. Es decir, su punto de reblandecimiento es inferior a su temperatura de descomposición. El proceso de fusión y moldeo es reversible; el material no se descompone y puede formarse para una nueva fabricación. Las macromoléculas lineales pueden unirse añadiendo un plástico termoendurente o una sustancia que pueda construir una red tridimensional, como en la formación de poliésteres reticulados y en la vulcanización del caucho.

Los termofijos son polímeros tridimensionales, los cuales, una vez adquirida la rigidez por moldeo a una temperatura determinada, no pueden volverse a trabajar. Ésto se debe a que su punto de reblandecimiento es muy superior a su temperatura de descomposición, o sea que primero carbonizan antes de ablandarse, resultan pués, infusibles, insolubles, incombustibles e imputrescibles. Otros nombres con los que se conocen son: termoendurecibles, termofragantes o termoestables. En las formulaciones de plásticos para su transformación comercial, se añaden plastificantes que dan fluidez al material; estabilizadores, para evitar efectos destructivos de la luz.

## TERMOPLÁSTICOS

ABS Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno  
POM Poliacetales  
PVC Cloruro de polivinilo  
PA Poliamidas  
PC Policarbonato  
PET Polietilentereftalato  
PS Poliestireno  
PEAD Polietileno de alta densidad  
PEBD Polietileno de baja densidad  
PMMA Polimetilmetacrilato  
PP Polipropileno

## TERMOFIJOS

EP Epóxicos  
PF Fenol-Formaldehído  
MF Melamina-Formaldehído  
UP Poliéster insaturado  
PUR Sistemas de poliuretano  
UF Urea-Formaldehído

## II) Consumo

### COMODITIES

- \* Se consumen en volúmenes altos
- \* Su proceso es de fácil integración
- \* Mínimos requerimientos de asistencia técnica
- \* Procesamiento y equipos relativamente simples
- \* Bajos márgenes de ganancia
- \* Precio de acuerdo a costos
- \* Competencia por precio
- \* Ejemplos:

**Polietileno, cloruro de polivinilo, polipropileno, poliestireno.**

## **VERSÁTILES**

- \* Se consumen en volúmenes medios
- \* Poca tecnología en producción y transformación
- \* La creatividad y el diseño es la base de su desarrollo
- \* No existe suficiente difusión de aplicaciones
- \* Satisfacen mercados definidos
- \* Precio de acuerdo a funcionalidad
- \* Ejemplos:

Poliuretanos, fenólicas, polimetilmetacrilato, resinas poliéster insaturadas, epóxicas y uréicas.

## **TÉCNICOS**

- \* Se consumen en bajos volúmenes
- \* Márgenes altos de ganancia
- \* Procesamiento y equipo especializado
- \* Satisfacen mercado automotriz y eléctrico-electrónico
- \* Se venden con asistencia técnica
- \* Sustituyen partes mecánicas
- \* Ejemplos:

Acilonitrilo-butadieno-estireno, poliamidas, policarbonatos, polietilentereftalato, acetales, polibutilentereftalato y algunas aleaciones.

## **ESPECIALIDADES**

- \* Se consumen en volúmenes mínimos
- \* Son casi desconocidos en México
- \* Presentan combinación de excelencia en propiedades
- \* Obligada asistencia técnica
- \* Se transforman cerca de los 300°C o por arriba de ellos
- \* Márgenes elevados de ganancia
- \* Equipo especial para la transformación
- \* Satisfacen mercados especiales como automotriz y aéreo-espacial
- \* Ejemplos:

Polímeros de cristal líquido, polimida, polisulfuro de fenileno, poliéster éter cetona, poliéster sulfona, poliéster imida.

### III) Proceso de agregación de las moléculas

#### POLICONDENSACIÓN

La policondensación es un proceso de agregación molecular que tiene lugar mediante eliminación de un residuo de la reacción (generalmente agua) en la formación de macromoléculas. Estas se disponen según retículos tridimensionales; si las moléculas elementales presentan más de dos funciones reactivas, los materiales resultantes son termofijos.

Entre los principales polímeros obtenidos por policondensación pueden citarse las resinas fenólicas, amínicas y alquílicas.

Las resinas fenólicas se obtienen por policondensación de fenoles con aldehidos (formaldehido, acetaldehido, furfuraldehido). Las resinas fenolformaldehídicas son las más importantes de esta familia. Su preparación se efectúa por reacción en caliente del fenol y del formaldehido en presencia de un catalizador ácido o alcalino. En el proceso más comúnmente usado, con catalizador alcalino, la reacción parece tener lugar en tres tiempos; al final de cada uno de ellos se obtiene un producto de condensación con características netamente diferentes.

Las resinas urea-formaldehídicas derivan de la urea y del formaldehido haciéndolos reaccionar en presencia de catalizadores ácidos o básicos. Según el tiempo de reacción y el tipo de catalizador, las resinas obtenidas se

presentan con viscosidades diferentes de líquidas a sólidas. Las resinas son de color claro o transparentes.

Las resinas melamina-formaldehídicas se obtienen al hacer condensar la melamina con el formaldehído en caliente. Son resinas transparentes e incoloras.

Las resinas alquílicas son los productos de condensación de ácidos polibásicos o anhídridos poliácidos con alcoholes polivalentes. Los anhídridos poliácidos más usados son el ftálico, el maleico, succínico y el cítrico; los alcoholes polivalentes, la glicerina, el glicol y la pentaeritrita.

Las poliamidas se obtienen por condensación de poliaminas con ácidos dicarboxílicos. Tienen comportamiento termoplástico. Generalmente se conocen bajo el nombre de Nylon; las dos materias básicas más utilizadas son la hexametilendiamina y el ácido adípico, o la exametilendiamina y el ácido sebácico (Nylon-6,10) y caprolactama (Nylon-6). El color de estas resinas es amarillo claro semejante al ambar; son traslúcidas.

## **POLIMERIZACIÓN**

La mayor parte presentan comportamiento termoplástico. Los principales compuestos fundamentales para la preparación de polímeros por polimerización son: acetileno, etileno, propileno, butilenos o butenos, butadieno, acrilonitrilo, estireno, cumarona e indeno. Entre los polímeros más importantes pueden citarse:

El cloruro de polivinilo que se obtiene del monómero del cloruro de vinilo ( $\text{CH}_2=\text{CHCl}$ ) el cual puede polimerizar ya sea en solución o en emulsión. El monómero se obtiene por síntesis a partir del acetileno y del ácido clorhídrico.

Por cloración del etano y sucesiva dechlorhidratación térmica del tricloroetano formado se obtiene el monómero, o sea, el cloruro de vinilideno ( $\text{CH}_2=\text{CCl}$ ). Éste es un líquido incoloro volátil, que se descompone al aire y a la luz. Puede polimerizarse incluso a temperaturas poco superiores a  $0^\circ\text{C}$ , dando lugar a un polímero que tiene una inercia química superior a la del cloruro de polivinilo.

Para obtener el acetato de vinilo ( $\text{CH}_3\text{-COO-CH=CH}_2$ ) con el que se formará acetato de polivinilo se hace una síntesis a partir del acetileno y de ácido acético en presencia de catalizadores (sales de mercurio). Es un líquido incoloro muy móvil que en presencia de peróxidos, en solución, en emulsión o en masa se polimeriza dando lugar a productos de viscosidad y pesos moleculares diversos.

El alcohol vinílico ( $\text{CH}_2=\text{CHOH}$ ) no existe en estado libre; el polímero, alcohol polivinílico, se obtiene indirectamente mediante la hidrólisis en medio ácido o alcalino del acetato o del cloruro.

El cloruro-acetato de vinilo se prepara con diferente contenido de cloruro, que puede incluso ser superior al 95%; tiene características intermedias respecto a los dos polímeros básicos, por lo que respecta a la solubilidad y a la

capacidad de trabajarse en los procesos tecnológicos de transformación. Las resinas se caracterizan por su transparencia y brillantez.

El polietileno (...-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-...) es un polímero del etileno que se divide en polietileno de alta presión o baja densidad y polietileno de baja presión o alta densidad, según las condiciones de polimerización. Estos dos tipos de polietileno presentan características notablemente diferentes entre sí. El polietileno posee un aspecto similar a la cera, blanco y translúcido. La cristalinidad disminuye al aumentar la temperatura y desaparece cerca del punto de fusión; no es muy sensible a la humedad y tiene una considerable inercia química.

El poliestireno (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>-(CH-CH<sub>2</sub>)-)<sub>n</sub> se fabrica a partir del monómero básico que es el estireno, o sea, el vinilbenceno; éste se prepara por cloración del etilbenceno. Las características del polímero varían con el grado de polimerización alcanzado. Se presenta en forma de una masa sólida, córnea, vítrea y transparente.

Las resinas acrílicas están constituidas esencialmente por los ésteres del ácido acrílico y metacrílico, que toman también los nombres de acrilatos y metacrilatos. El más importante de estos productos de polimerización es el polimetilmetacrilato.

Las resinas de silicona son productos de polimerización cuya estructura fundamental está constituida por cadenas de silicio-oxígeno, llamadas también polímeros organosiloxanos. Las propiedades esenciales de las siliconas son la resistencia a la temperatura (dentro de un margen muy amplio), a la oxidación,

al envejecimiento y a los agentes químicos corrosivos, manteniendo las características eléctricas incluso a temperaturas elevadas.

Poliésteres es el término que se utiliza para indicar aquellos polímeros de los ésteres preparados por condensación de diácidos con polialcoholes. Además de usarse en el terreno de los artículos moldeados, se utiliza también en las fibras textiles y en las pinturas.

Para la fabricación de polímeros, existen cuatro métodos principalmente:

- a) Método directo
- b) Método en solución
- c) Método en suspensión
- d) Método en emulsión

#### **a) MÉTODO DIRECTO**

En este método se hace reaccionar el monómero puro con aditivos y son mezclados en un reactor agitador. El calor de reacción hace generalmente que el polímero se mantenga en estado fundido. El calor exotérmico es ordinario incluso mayor de lo que sería deseable, por lo que se hace necesario refrigerar, este método exige una gran vigilancia en el control de temperatura y es por ello que sólo tiene aplicación económica cuando se requieren polímeros especiales de alta calidad. En éste método el polímero se obtiene en "bloque" no como polvo ni grano.

#### **b) MÉTODO EN SOLUCIÓN**

En este caso el monómero se diluye en un solvente con el catalizador. Al no poderse recuperar muchas veces el disolvente, el procedimiento resulta caro y únicamente se utiliza cuando no se desean materias sólidas, sino sólo disoluciones. En este proceso la temperatura puede elevarse mucho por lo que es necesario un reactor con agitación. Cuando se halla llevado acabo la reacción el producto de la polimerización, precipita formándose un polvo fino pudiéndose aislar cuando se seca.

### **c) MÉTODO EN SUSPENSIÓN**

Esta polimerización en suspensión o en perlas suministra un producto de alta calidad y es muy utilizada, siendo además de utilización muy sencilla. Aquí se mezclan el monómero y el iniciador dispersándose en agua, mediante un sistema de agitación que mantiene esta suspensión a lo largo de la reacción, controlándose también de este modo la temperatura. El producto obtenido tiene la apariencia de pequeñas perlas.

### **d) MÉTODO EN EMULSIÓN**

Aquí el monómero finamente dividido se emulsiona, es decir, se dispersa en agua o en otro líquido. Cuando se opera una gran cantidad de agua, a la que se le ha adicionado el monómero junto con un aditivo emulsionante, puede controlarse bastante bien la temperatura. El desarrollo de la reacción es mucho más rápido que en los demás tipos de polimerización y se pueden obtener polímeros de mayor peso molecular

### Consumo Mundial de Plásticos (M Ton)

	Crecimiento (1987-89) %	Crecimiento (1990-92) %
<i>COMODITIES</i>		
PEBD	4.4	5.0
PVC	4.0	4.0
PP	7.7	8.5
PEAD	5.0	4.5
PS	4.2	4.6
<i>VERSATILES</i>		
PUR	6.8	6.0
PF	4.2	3.0
UP	9.1	4.0
PMMA	5.6	5.0
EPÓXICAS	6.0	4.5
<i>TÉCNICOS</i>		
ABS	5.1	5.0
PET	12.8	12.0
PA	9.0	9.0
PC	9.0	9.0
POM	6.7	8.0

En el mercado mundial los plásticos técnicos y las especialidades mostrarán en los próximos años un mayor crecimiento al promedio del sector de los plásticos.

El consumo mundial de plásticos técnicos y especialidades ascendió en 1989 al orden de los 2.15 millones de toneladas, (excluyendo PET grado botella y ABS). Estos polímeros se han caracterizado principalmente por su retención de propiedades mecánicas y eléctricas aún a temperaturas sobre 200°C y su inherente resistencia a la flama, aunada a su utilización en la producción de mezclas y aleaciones.

De entre los principales plásticos técnicos tenemos a las Poliamidas, Policarbonato, Poliacetales, Óxido de Polifenilo y el Poliester Termoplástico.

### Propiedades Físicas de las Fibras

Propiedad	Acrílico	Modacrílico	Nylon	Polyester	Poliolefinas	Algodón	Lana
Gr. sp	1.14-1.19	1.28-1.37	1.14	1.38	0.9-1.0	1.54	1.28-1.3
<b>Tenacidad,</b>							
<b>N/tex</b>							
Seca	0.9-0.33	0.13-0.25	0.40-0.53	0.40-0.49	0.26-0.70	0.18-0.44	0.09-0.1
Húmeda	0.14-0.24	0.11-0.23	0.35-0.68	0.40-0.49	0.26-0.70	0.21-0.53	0.07-0.1
De nudo	0.09-0.30	0.11-0.19	0.35-0.46	0.30-0.36	0.26-0.37	-	-
<b>Resistencia a</b>							
<b>extenderse, %</b>							
Seca	25-45	25-45	26-32	20-30	10-30	<10	25-35
Húmeda	29-61	-	30-38	20-30	10-50	-	25-50
<b>Módulo</b>							
<b>inicial, N/tex</b>							
Seca	3.5-4.9	2.6-3.5	-	97	-	-	-
Húmeda	3.1-4.9	-	-	-	-	-	-
<b>Recuperación</b>							
<b>elástica, %</b>							
2% de	99	95-100	-	97	-	74	99
estiramiento							
10% de	-	70-93	99	80	93	-	-
estiramiento							
20% de	-	-	-	-	-	-	65
estiramiento							

Resistencia eléctrica	Alta	Alta	Muy alta	Alta	Alta	Baja	Baja
Flamabilidad	Moderada	Baja	Autoextingue	Moderada	Moderada	Espontánea	Autoextin
Carboniza/derrite	Derrite	Derrite	Derrite, gotea	Derrite, gotea	Derrite	Carboniza	Carboniz
Resistencia a la luz solar	Excelente	Excelente	Baja, debe ser estabilizado	Buena	Baja, debe ser estabilizado	Suficiente (degrada)	Suficient (degrada)
Resistencia al ataque químico	Excelente	Excelente	Buena	Buena	Excelente	Atacado por ácidos	Atacado p álcalis y agentes oxidantes reductore
Resistencia a la abrasión	Moderada	Moderada	Muy buena	Muy buena	Excelente	Buena	Moderad
Índice de doble refracción	0.1	-	0.6	0.16	-	-	0.01
Recuperación de humedad	1.5-2.5	1.5-3.5	4-5	0.1-0.2	0	7-8	13-15

**Las características del Nylon aunado a la baja gravedad específica hacen a esta fibra ser preferida sobre el acrílico o poliéster.**

En las páginas anteriores se muestra una tabla comparativa de las propiedades de las diferentes fibras. Para una mejor comprensión se definirán a continuación las propiedades utilizadas como parámetros.

La tenacidad es una de las propiedades mecánicas que más interesa conocer. La tenacidad está caracterizada por la carga límite de elasticidad. Es la carga de rotura  $R$ , el grado de alargamiento, que indica la elongación del material por unidad de longitud antes de su rotura, y el grado de estricción, que expresa la proporción en que se estrecha o se reduce la sección de rotura.

La resistencia a extenderse es la dificultad que opone un material a ser elongado por fuerzas de tracción.

Módulo Inicial es el coeficiente de proporcionalidad entre la deformación alcanzada y el esfuerzo empleado.

Recuperación elástica es la propiedad que posee un material de adquirir las dimensiones iniciales una vez que se vió sujeto a fuerzas de deformación.

Resistencia eléctrica es la dificultad que opone un conductor al paso de la corriente, que se mide dividiendo la diferencia de potencial  $U$  entre los extremos del conductor y la intensidad  $I$  de la corriente que circula:  $R=U/I$ , que constituye la expresión de la Ley de Ohm.

Flamabilidad es la propiedad que nos indica que tanto puede un material encenderse.

Resistencia a la luz solar es la propiedad que tiene un material de resistir, de oponerse a los efectos de un agente externo como es la luz solar, es decir, de no manifestar los efectos debidos a los rayos tanto infrarrojos como ultravioletas cuyo efecto en los plásticos es el de degradarlos.

Resistencia al ataque químico es la propiedad que tiene un material, en este caso un plástico de ser alterado al ponerse en contacto con un agente químico como puede ser un solvente.

Resistencia a la abrasión es la habilidad de los materiales a resistir acciones mecánicas tales como frotamiento, raspado o erosión que tienden a remover progresivamente al material de su superficie de apoyo. Esta resistencia es afectada por muchos factores, entre ellos las propiedades físicas de los materiales polímeros en particular dureza, resiliencia y tipo y grado de carga añadida; por la naturaleza del abrazor; y su acción sobre el área abrazada, y por el desarrollo y disipación del calor; en última instancia depende de la calidad del material y los datos proporcionados dependen de la habilidad al evaluarlos; traduciéndose en resultados cualificables en el mantenimiento de la calidad óptica de los plásticos.

Índice de doble refracción es aquel que nos indica el cambio en la dirección de propagación de un rayo incidente sobre determinado material.

## CAPÍTULO II

### ANTECEDENTES HISTÓRICOS, CLASIFICACIÓN, PANORAMA NACIONAL E INTERNACIONAL DEL NYLON.

#### II.1 HISTORIA DEL NYLON

El Nylon según la definición de la casa DuPont es:

"Un término genérico para cualquier amida polímera sintética de cadena larga, que tiene grupos amídicos que se repiten como parte integrante de la cadena polímera principal, y que puede ser convertida en filamentos en los que los elementos estructurales están orientados según la dirección del eje."

Este material fué sintetizado en 1934 por el Dr. Wallace H. Carothers, (investigador de E.I. DuPont de Nemours) y comercializado en 1938; fabricado y comercializado como termoplástico de ingeniería en 1942. El Dr. Wallace H. Carothers era un brillante Químico orgánico en la Universidad de Harvard que decidió trabajar en la industria. El programa en el que él participó era de investigación básica, sin miras a la comercialización inmediata. Inicialmente el interés del Dr. Carothers se centró en la investigación de polímeros. El objetivo inicial era el de investigar como afectaba la estructura de los polímeros las características de los mismos. Fue un descubrimiento sorprendente el que algunos de los polímeros recién sintetizados formas en fibras, más no era éste el objetivo de la investigación original. En 1928 cuando el Dr. Carothers inició la investigación, los polímeros eran de escaso interés. Químicamente, no se podían fundir, no eran reactivos y eran insolubles (muy diferentes a las sustancias con las cuales estaban acostumbrados a manejar los químicos). En

un principio trabajó con fibras de poliéster, pero éstas no eran muy fuertes y por lo mismo habían grandes problemas en cuanto a la experimentación. Dadas las circunstancias se llegó a pensar en dejar la investigación a un lado. El Dr. Carothers se percató de que la solución al problema residía en la sustitución de poliésteres por poliamidas. Inmediatamente se vieron resultados positivos por lo que se prosiguió con la investigación. El resultado fue que si era posible producir fibras fuertes; estas fibras a diferencia de otras eran completamente sintéticas.

Las largas cadenas de polímeros se habían construido en el laboratorio a partir de moléculas simples. Se habían producido fibras tales como nitrocelulosa, viscosa y acetato pero éstas eran producidas a partir de un monómero que provenía de la naturaleza como es la molécula de la celulosa del algodón o de la madera. El Dr. Wallace H. Carothers sintetizó el polímero; el Nylon fue la primera fibra completamente sintética que se produjo. Este hallazgo fue realmente sobresaliente. En 1938 DuPont construyó una planta piloto de Nylon-6,6 (se prefirió el Nylon-6,6 debido a que éste tiene un punto de fusión alto 265°C) y la primera fibra comercial se produjo el 16 de Julio de 1938.

La mayoría de la producción de Nylon-6,6 se empleó en la manufactura de medias elásticas. La primera venta de medias de Nylon fue en Washington el 24 de octubre de 1939. El Nylon-6,6 también fue empleado como monofilamentos para raquetas, aislante de cables eléctricos y fibras para cuerdas, correas y cinturones de seguridad de los paracaídas. A partir de este momento se empezaron a construir nuevas plantas. En 1941 cuando se pusieron restricciones en la venta de seda, las facilidades para manufacturar hilo de Nylon se vieron incrementadas. Hubo un aumento considerable en 1942

y 1943 cuando prácticamente toda la producción de Nylon se destinó para artículos militares. Posteriormente los filamentos de Nylon sirvieron para aligerar la escasez de cerdas de cerdo para diferentes tipos de cepillos que generalmente se importaban de Oriente. En 1944 a pesar al continuo aumento en la producción de Nylon, la demanda seguía siendo superior.

## II.2 CLASIFICACIÓN

Los Nylons o poliamidas pueden ser monovalentes, cuando son obtenidos de aminoácidos y divalentes, cuando son obtenidos de un ácido dibásico y de una diamina. Para expresar la composición química de las poliamidas se emplea hoy día un sistema numérico muy práctico: una combinación de dos cifras indica una poliamida obtenida a partir de una diamina y de un ácido dicarboxílico, y cada cifra indica el número de átomos de carbono que tienen, respectivamente, las cadenas de la diamina y del ácido; primero se escribe el número referente a la diamina. Cuando la poliamida se deriva de un  $\alpha$ -aminoácido se indica con una sola cifra, que también señala el número de átomos de carbono de la cadena.

- **De aminoácido**
  - \* Nylon 6
  - \* Nylon 11
  - \* Nylon 12
  
- **De ácido dibásico y diamina**
  - \* Nylon 6,6
  - \* Nylon 6,10
  - \* Nylon 8,12

El Nylon-6 es producto de la condensación del ácido  $\epsilon$ -aminocaproico ( $\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_5\text{COOH}$ ).

El Nylon-11 es producto de la condensación del ácido  $\omega$ -aminoundecanoico ( $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$ ).

El Nylon-12 es producto de la condensación de la lactama del ácido aminododecanoico ( $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_{11}\text{COOH}$ ).

El Nylon-6,6 es producto de la reacción de condensación de hexametildiamina ( $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2$ ) con ácido adípico ( $\text{HOOC}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$ ).

El Nylon-6,10 es producto de la reacción de condensación de hexametildiamina ( $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2$ ) con ácido sebacico ( $\text{HOOC}(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$ ).

El Nylon-6,12 es producto de la reacción de condensación de hexametildiamina ( $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2$ ) con ácido ( $\text{HOOC}(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$ ).

Cualquiera de estos tipos, presenta propiedades muy parecidas que son : excelente tenacidad , bajo coeficiente de fricción y una elevada resistencia a la abrasión, por lo que son utilizados en la fabricación de piezas corredizas y deslizables.

Una de las características que más afecta la elección de uno u otro Nylon es la temperatura en la cual funde. A continuación se muestra una tabla comparativa.

TIPO DE NYLON	T °C
Nylon-6,6	265
Nylon-6	226
Nylon-6,10	216
Nylon-6,12	206
Nylon-11	184
Nylon-12	179

De esta gran variedad, los más comunes son el Nylon 6 y 6,6. Estas dos fibras son bastante similares por lo que la preferencia por una u otra depende más de las características del mercado que de factores técnicos. Al hacer un balance general se puede afirmar que las propiedades del Nylon-6,6 son superiores. La producción de Nylon-6,6 está dominada por cuatro productores quienes tienen por política el mantener el precio de este por encima del del Nylon-6 aprovechándose de las propiedades superiores del Nylon-6,6 como puede ser la mayor resistencia a altas temperaturas. El oligopolio existente en el mercado del Nylon-6,6 ha generado que quienes quieren entrar en el mercado de las poliamidas se inclinen por el Nylon-6.

El Nylon-6,6 y el -6 son muy parecidos en muchas de sus propiedades e igualmente competitivos en muchas de sus aplicaciones, a pesar de éstos presentan áreas donde se prefiere a uno sobre el otro. En muchas ocasiones es difícil determinar donde estriban las diferencias, ya que puede ser por características inherentes a las fibras o por los métodos empleados para su

fabricación. La estabilidad térmica, por ejemplo, depende del estabilizador térmico utilizado por el productor y por otro lado, la adhesión y fatiga al ser flexionado depende tanto del acabado de la fibra como de la estructura química intrínseca.

La fibra de Nylon es parcialmente cristalina, por lo mismo está compuesta por varios cristales, cada uno de ellos está rodeado por una región amorfa. Las propiedades físicas están controladas en gran medida por el porcentaje de cristales existentes en una fibra, el tamaño promedio del cristal, el grosor e interconexión de las regiones amorfas rodeando el cristal, la orientación del cristal con respecto al eje de la fibra y la orientación de la región amorfa. Las tensiones morfológicas, especialmente las ligadas a la orientación, pueden ser generadas en la fibra en el proceso de manufactura. El calentar una fibra con tensión interna puede conllevar a un cambio en sus dimensiones, generalmente al encogimiento. Este encogimiento es producto de la tensión liberada. El poner una fibra bajo un esfuerzo produce generalmente incrementa las tensiones internas.

Cuando se estira una fibra de Nylon, los cristales actuando como "eslabones" se oponen a la extensión. Los puentes de hidrógeno así como las fuerzas de van der Waals en las zonas amorfas se oponen también a la extensión pero con una magnitud menor. Estas fuerzas actuando conjuntamente proporcionan una elasticidad de corto rango que permite al Nylon recuperarse casi totalmente de estiramientos de cerca del 5-8%, si la extensión es mantenida por periodos cortos de tiempo. La recuperación elástica del Nylon es asombrosa.

Cuando el estiramiento es superior al 8%, la fibra sufre una serie de transformaciones morfológicas y la configuración de la cadena se ve alterada ya que no está totalmente en equilibrio. La orientación de la región amorfa se ve incrementada debido a la formación de nuevos puentes de hidrógeno entre las cadenas estiradas. Cuando se elimina el estiramiento, la fibra no regresa completamente a su longitud original.

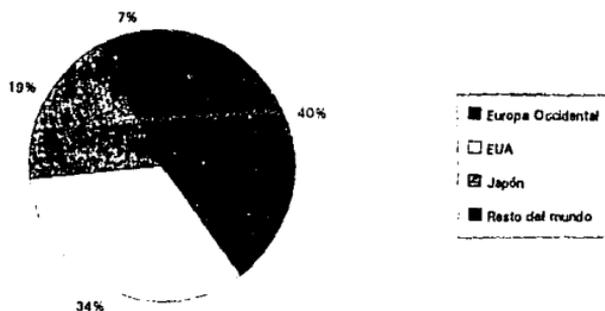
El punto de fusión determina la resistencia térmica y en el caso de que la fibra sea utilizada en la industria textil, la temperatura segura para que la tela sea planchada.

## II.3 PANORAMA NACIONAL E INTERNACIONAL.

### LAS POLIAMIDAS A NIVEL MUNDIAL

La capacidad instalada de poliamidas a nivel mundial en 1989 se estima en 950,000 toneladas, localizada principalmente en Europa Occidental, Estados Unidos y Japón.

CAPACIDAD INSTALAD A NIVEL MUNDIAL

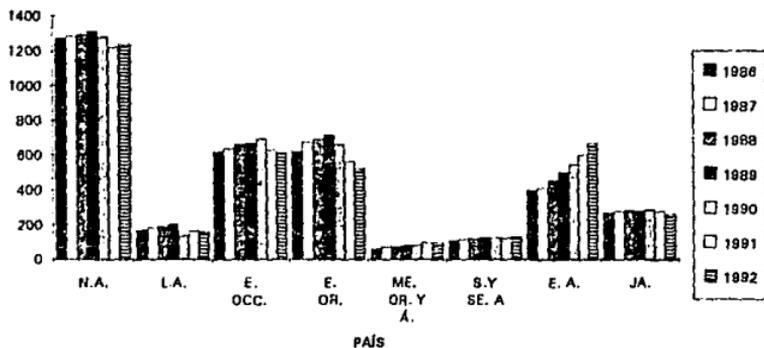


Actualmente la mayoría de las plantas existentes trabajan entre el 80 y 90 % de su capacidad.

Producción mundial de fibras sintéticas (1000 Ton)

	Poliéster			Poliamidas			Acrílicos		
	1991	1992	+/- %	1991	1992	+/- %	1991	1992	+/- %
Europa	1085	1115	+3	643	705	+10	860	867	+4
Occidental									
Europa Oriental	579	505	-13	499	484	-3	238	147	-38
E.U.A.	1547	1621	+5	1150	1159	+1	206	199	-3
América Latina	468	511	+9	165	178	+8	194	204	+5
Japón	729	751	+3	279	267	-4	367	374	+2
China	1129	1225	+9	113	117	+4	132	150	+14
Otros	3624	4107	+13	697	752	+8	414	435	+5
Total	9161	9835	+7	3546	3662	+3	2381	2376	+/-0

PRODUCCIÓN MUNDIAL DE FIBRAS DE POLIAMIDAS 1986-1992 (MTON)



NORTEAMÉRICA	N.A.
LATINOAMÉRICA	L.A.
EUROPA OCCIDENTAL	E. OCC.
EUROPA ORIENTAL	E. OR.
MEDIO ORIENTE Y ÁFRICA	ME. OR. Y Á.
SUR Y SURESTE DE ASIA	S. Y S.E. A.
ESTE DE ASIA	E. A.
JAPÓN	JA.

## EMPRESAS PRODUCTORAS

### EUROPA OCCIDENTAL

EMPRESA	TIPO DE PA
AKZO	PA 6
BASF	PA 6,6; PA 6, 10
BAYER	PA 6
C.W. HÜELS	PA 6
CAPROL	PA 6
ICI	PA 6, 6
RHONE POULENC	PA 6, 6; PA 6, 10
SERQUIGNY	PA 6
TECHNO POLIMERI	PA 6

### ESTADOS UNIDOS

EMPRESA	TIPO DE PA
ALLIED-SIGNAL CORP.	PA 6
DUPONT	PA 6, 6; PA 6, 12
HOECHST CELANESE	PA 6, 6
MONSANTO CHEMICAL	PA 6; PA 6, 9

## JAPÓN

EMPRESA	CAPACIDAD (M TON)	TIPO DE PA
UBE KOSAN Co.	48	PA 6
	3	PA 12
TORAY INDUSTRIES	19	PA 6
INC.	14	PA 6,6
ASHAI CHEMICAL Co.	25	PA 6,6
MITSUBISHI GAS	20	PA 6
CHEMICAL		

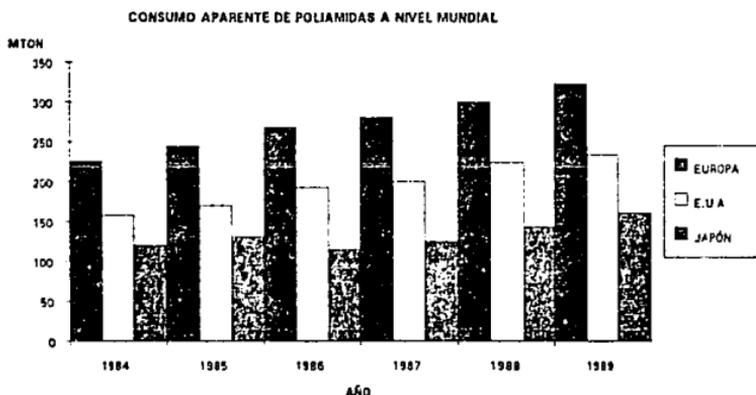
## CONSUMO APARENTE

Las poliamidas representaron en 1989 el 37% del consumo mundial de plásticos técnicos y especialidades, principalmente en Nylon 6 y 6,6.

La tendencia global mostrada en dicho periodo hace preveer que la demanda continúe aumentando a índices importantes, dado que se trata de materiales con un amplio potencial en importantes segmentos de consumo.

En el sector automotriz se emplea el Nylon 6 y 6,6 en diversas piezas del sistema del motor como son: ruedas dentadas del árbol de leva, partes del radiador, tapa de punterías, abrazaderas para cables depósitos para líquido de frenos, engranes de la caja de velocidades, empaques, filtros, partes de platinos y tapones para las llantas. Así mismo en partes internas como piezas del tablero, manivelas, bisagras, palancas y exteriores en spoilers, rejilla protectora de radiador, compartimiento de faros y molduras protectoras.

Las excelentes propiedades del Nylon en el aspecto de aislamiento eléctrico y resistencia térmica permiten que se apliquen con gran éxito en elementos de aislantes de alta tensión, armaduras de bobinas, interruptores y conectores, recubrimiento de alambre y cable y tapas para cajas eléctricas.



El consumo mundial de Poliamidas se incrementó en 1989 aproximadamente a 790,000 toneladas, representando Europa Occidental, Estados Unidos y Japón el 91% del consumo (718,000).

El mayor consumidor de Poliamidas a nivel mundial es Europa Occidental, mostrando un crecimiento anual durante el período 1985-1989 del 7.3%, en Estados Unidos el crecimiento anual fue del 8.3% y Japón un índice menor del 5.3%.

**El consumo mundial en el periodo 1985-1992 se vio incrementado.**

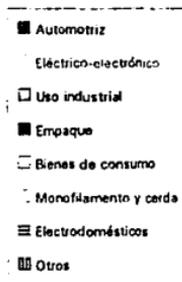
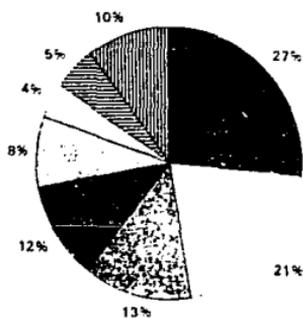
<b>Europa Occidental</b>	<b>7.3 %</b>
<b>EUA</b>	<b>8.3 %</b>
<b>Japón</b>	<b>5.3 %</b>

**En Europa Occidental los países que absorben principalmente el consumo de Poliamidas en la región son: Alemania Occidental 37%, Francia 19%, Italia 17%, Reino Unido 10% y España con el 7%.**

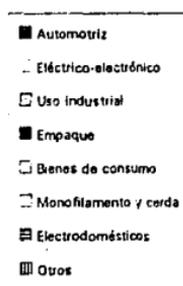
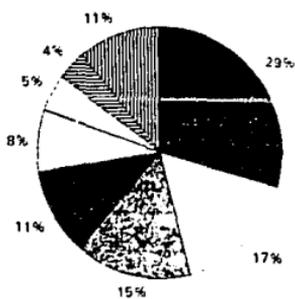
**El consumo mundial se vió distribuido de la siguiente manera.**

<b>Automotriz</b>	<b>26%</b>
<b>Eléctrico-electrónico</b>	<b>18%</b>
<b>Uso industrial</b>	<b>13%</b>
<b>Empaque</b>	<b>10%</b>
<b>Bienes de consumo</b>	<b>8%</b>
<b>Monofilamento y cerda</b>	<b>7%</b>
<b>Electrodomésticos</b>	<b>6%</b>

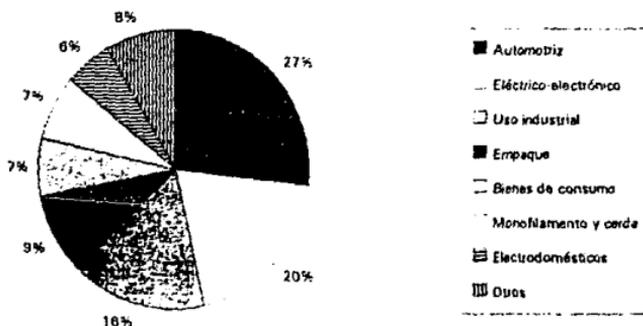
### SEGMENTACIÓN DEL CONSUMO DE POLIAMIDAS EN EUROPA 1989



### SEGMENTACIÓN DEL CONSUMO DE POLIAMIDAS EN ESTADOS UNIDOS 1989



## SEGMENTACIÓN EN EL CONSUMO DE POLIAMIDAS EN JAPÓN 1989



## PARTICIPACIÓN Y TENDENCIA POR APLICACIÓN

Se cuenta en el mercado con varios tipos de Poliamidas, dentro de las más importantes se encuentra la PA6 con el 50% del mercado, PA6/6 con el 38% y el 12% restante distribuido principalmente en los tipos 6,9, 6,10, 6,12, 4,6, 12,12, 11 y 12. Así mismo existen alrededor de mil grados diferentes para cada aplicación específica.

Dentro de los últimos desarrollos se encuentran las Poliamidas de cadena larga con la propiedad de muy baja absorción de humedad, poliamidas de alta viscosidad, superreforzadas, de alta resistencia térmica y de mayor estabilidad dimensional.

En base a lo mencionado, se espera que los productos y componentes obtenidos por Inyección para uso industrial y automotriz continuen en una tendencia positiva. Así mismo, aplicaciones dentro del sector eléctrico como tapas, conectores, carcazas y asas para herramientas.

**PARTICIPACIÓN Y TENDENCIA DE LOS SECTORES DE CONSUMO DE PA  
EN EUROPA OCCIDENTAL (%)**

SECTOR		1986	1987	1989	TENDENCIA
<i>EXTRUSIÓN</i>					
PELÍCULA		11.6	12.5	11.8	ESTABLE
TUBERÍA	Y	4.8	4.3	5.9	POSITIVA
<i>LÁMINA</i>					
MONOFILAMENTO		5.6	4.7	4.0	NEGATIVA
OTROS		3.4	3.2	1.8	
<i>INYECCIÓN</i>					
AUTOMOTRIZ		25.0	25.7	26.6	POSITIVA
ELÉCTRICO		19.0	19.3	19.5	POSITIVA
<i>ELECTRÓNICO</i>					
APARATOS	Y	12.3	12.1	12.4	ESTABLE
<i>HERRAMIENTAS</i>					
ARTÍCULOS		8.9	8.6	8.4	NEGATIVA
<i>DOMÉSTICOS</i>					
OTROS		9.4	9.6	9.6	

**PARTICIPACIÓN Y TENDENCIA DE LOS SECTORES DE CONSUMO DE PA  
EN ESTADOS UNIDOS (%)**

	1986	1987	1989	TENDENCIA
<i>EXTRUSIÓN</i>				
PELÍCULA	9.8	10.5	11.1	POSITIVA
TUBERÍA Y	6.6	7.0	6.4	ESTABLE
LÁMINA				
MONOFILAMENTO	4.9	5.0	4.7	ESTABLE
OTROS	6.6	7.5	7.3	
 <i>INYECCIÓN</i>				
32.2	30.0	29.5	ESTABLE	
AUTOMOTRIZ	10.9	10.0	9.4	NEGATIVA
ELÉCTRICO	14.2	13.0	12.8	NEGATIVA
<i>ELECTRÓNICO</i>				
APARATOS Y	8.2	7.5	8.1	ESTABLE
<i>HERRAMIENTAS</i>				
ARTÍCULOS	6.6	9.5	10.7	
<i>DOMÉSTICOS</i>				
<i>OTROS</i>				

## **PROYECTOS Y PERSPECTIVAS**

La capacidad actual para abastecer el mercado mundial durante los próximos años se considera insuficiente, dado los índices de crecimiento estimados entre 9 y 10% anual. Sin embargo la mayoría de los productores de poliamidas tomando como base la alta competencia en el mercado de resinas de ingeniería y especialidades, las cuales se enfocan prácticamente a los mismos usos, han tomado con cierto recelo las expectativas de crecimiento que mostró el pasado cercano y aunado también a la gran competencia que existe entre las diversas empresas productoras, no se cuenta con una importante cantidad de proyectos.

## **PANORAMA EN MÉXICO**

La evolución que ha mostrado el sector fabricante de resinas y el transformador de plásticos en México en la última década es significativa ya que se ha visto un crecimiento constante. Este crecimiento es mayor al que ha registrado la economía en su conjunto.

El interés y demanda por los plásticos técnicos, especialidades y nuevos productos crece año con año; como resultado de los avances y tendencias tecnológicas a nivel mundial, las exigencias internas de calidad originada por la importación de productos muchas veces competitivos y la necesidad de exportar manufacturas con cierto valor agregado.

Se ha observado un incremento en la participación de los plásticos técnicos primordialmente en PET, PA y acetales. La tasa anual ha sido de 13.1 % en los últimos cuatro años.

Tanto el grupo de los plásticos técnicos como el de especialidades han desplazado a materiales plásticos y no plásticos en aplicaciones de alto requerimiento de propiedades como el automotriz, eléctrico e incluso en el de envase.

*Evolución en la Participación de Resinas Sintéticas en México (MTon)*

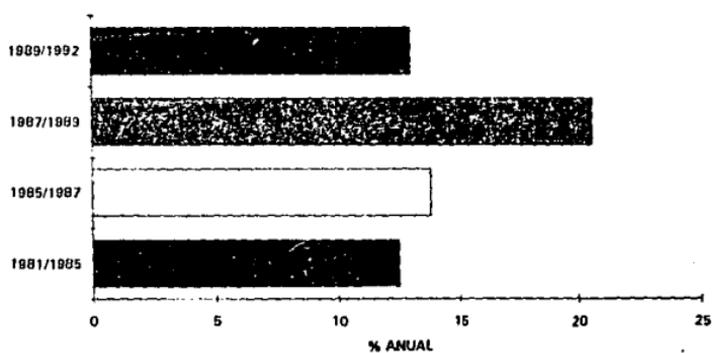
AÑO	1981		1985		1989	
	Cons. Ap.	%	Cons. Ap.	%	Cons. Ap.	%
ABS	10.51	1.1	12.68	1.27	11.88	1.00
PET	-	-	-	-	9.35	0.79
PA	1.19	0.13	1.90	0.19	3.19	0.27
POM	1.10	0.11	0.85	0.09	1.28	0.11
PC	1.38	0.14	0.88	0.09	0.84	0.08
Otras	120.32	12.62	114.19	11.56	129.26	10.85

### Consumo Nacional de Plásticos Técnicos

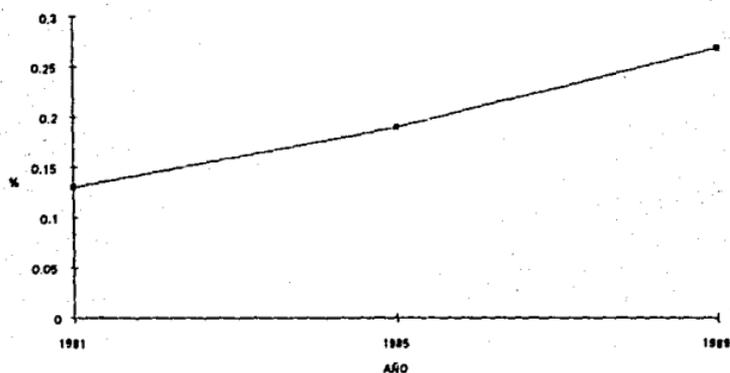
#### Crecimiento 1981-1992 (% Anual)

	1981/1985	1985/1987	1987/1989	1990/1992
ABS	4.8	(1.6)	8.9	11.0
PET	-	-	34.9	27.5
PA	12.5	13.8	20.6	13.0
POM	(6.2)	11.0	5.8	9.0
PC	(10.6)	1.7	21.2	13.0

#### CRECIMIENTO EN EL CONSUMO NACIONAL DE POLIAMIDAS 1981-1992



#### EVOLUCIÓN EN LA PARTICIPACIÓN DEL NYLON EN MÉXICO



#### CAPACIDAD INSTALADA

La capacidad instalada asciende aproximadamente a 7,300 Ton/año, destinándose exclusivamente a la producción de Nylon-6; es decir, en México no se produce Nylon-6,6.

## IMPORTACIÓN

Las importaciones de Nylon han mostrado una tendencia de crecimiento de 1985 a 1988 y llegando a representar en 1988-1989 el 45.3% y 32.6% del consumo aparente.

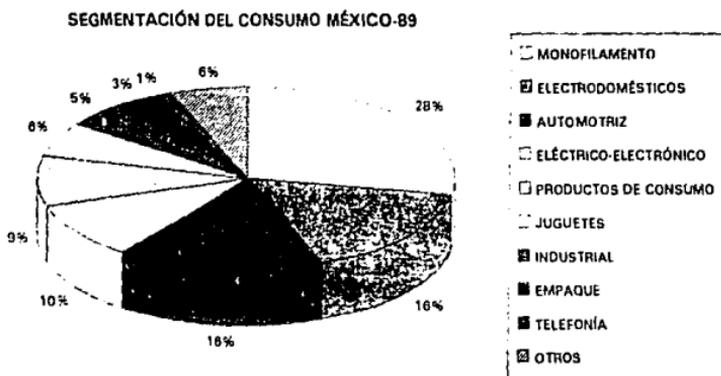
La importación se ha visto favorecida debido a que en México sólo se produce el Nylon 6. En 1989 las importaciones efectuadas fueron:

Nylon-6,6	49%
Nylon-11 Y -12	25%
Nylon-6	18%
Otros	8%.

Las importaciones de Nylon-66 en el periodo de enero a diciembre de 1992 y de enero a junio de 1993 fueron llevadas a cabo por las siguientes empresas: Bayer de México S.A. de C.V., Alcatel Indetel Telecomunicaciones Públicas S.A., AMP México S.A., Basf Mexicana S.A. de C.V., Black and Decker S.A. de C.V., Braun de México y Compañía de C.V., Celanese Mexicana S.A., DuPont S.A. de C.V., Electro Optica S.A. de C.V., Equipo Automotriz Hemex S.A. de C.V., HCPP Mexicana S.A. de C.V., Industrias Resistol S.A. de C.V., Kruger México S.A. de C.V., Multifim S.A. de C.V., Provedora Mexicana de Monofilamentos S.A. de C.V., PYN S.A. de C.V., Rhone Poulenc de México S.A. de C.V., Secretaría de la Defensa Nacional, SwissMex Rapid S.A.

El precio promedio del Nylon-6,6 importado es de 3.86 Dol./Kg..

## SEGMENTACIÓN DEL CONSUMO POR SECTORES



Se espera de acuerdo a los planes de expansión e integración que planea realizar la industria transformadora que los segmentos de mercado que mostrarán un mayor crecimiento en el corto plazo sean el Automotriz, Monofilamento, Industrial y el Eléctrico-electrónico.

## PERSPECTIVAS

El consumo interno se incrementó en el periodo 1982 a 1989 a una tasa anual del 15.2%, mostrando año con año altas y bajas en el índice de crecimiento.

Tomando como base la reactivación económica que muestra la economía, así como los planes de exportación a realizarse por el ramo transformador y la tendencia mostrada en el crecimiento de la demanda interna durante el pasado cercano, se estima que el consumo de Nylon en su conjunto se incrementará a una tasa anual del 12 al 15 %, participando con mayor porcentaje el Nylon 6,6.

## CARACTERÍSTICAS

Poliamida (PA, Nylon)

polímero termoplástico

Presentación

gránulo

Es un polímero cristalino cuyas moléculas están parcialmente ordenadas por lo que el paso de luz se dificulta, dando como resultado materiales translúcidos u opacos.

Las fibras de Nylon sobresalen en cuanto a que absorben energía ya que son resistentes al desgaste, ni moho, ni hongos crecen en los hilos de Nylon.

El poder de recuperación del Nylon es superior al de la seda, pero con cargas bajas el Nylon se extiende más.

El resistir altas temperaturas es una característica muy importante para una fibra, ya que éstas son expuestas a altas temperaturas cuando participan en procesos industriales. Los procesos industriales en los que participan son filtrado, aislamiento eléctrico, correas de transmisión y cables de llantas.

El Nylon-6 y el Nylon-6,6 son bastante similares, ambos son fuertes y elásticos y relativamente rígidos pero una de las diferencias más importantes es que el Nylon-6,6 soporta 40°C más y que tiene un módulo de elasticidad 30-50% mayor.

El Nylon-6 y el Nylon-6,6 tienen bajo coeficiente de fricción y gran resistencia a la abrasión.

El Nylon-6,6 es superior a los poliésteres en cuanto a que retiene la tenacidad aún en agua muy caliente, mientras que ésto no sucede con el poliéster.

Los principales disolventes del Nylon son:

- \* Ácido fórmico concentrado
- \* Compuestos fenólicos como: fenol, cresol, xileno, fenoles clorinados
- \* Solución saturada de cloruro de calcio en metanol
- \* Alcohol bencílico en ebullición
- \* Solución caliente de cloruro de calcio en: ácido acético glacial  
etilenglicol
- \* Solución caliente de cloruro de zinc en metanol

El ácido nítrico, sulfúrico y clorhídrico concentrados lo disuelven, produciendo la degradación del polímero. El ácido sulfúrico al 5% a 90 °C causa en la fuerza del Nylon una pérdida del 5% en dieciséis minutos, mientras que en seis horas causa una pérdida del 25%.

El Nylon es resistente a álcalis pero pierde un 25% de su fuerza al ponerlo a hervir en agua así como 2-3% al ponerlo en agua fría.

Tanto calentarlo por 3 horas en ausencia de oxígeno a 200°C como ponerlo en contacto con vapor a 100°C por seis días no afectan al Nylon.

Tiene una alta resistencia a casi todos los agentes químicos y disolventes orgánicos, pues los alcoholes, aldehidos, álcalis, éteres, hidrocarburos halogenados y las cetonas no producen ningún efecto permanente en él; además no lo ataca el jabón, otros detergentes sintéticos, ni el agua de mar.

Las películas de Nylon son impresionantes en resistencia a la tensión, al desgarre y a los tirones; relativamente tenaces resisten muy bien la abrasión, sin ser fácilmente dañados por objetos afilados. Son de baja permeabilidad a los gases de oxígeno, nitrógeno, bióxido de carbono y fluorocarbón y de hecho no son afectados por aceites, álcalis y muchos solventes.

Por sus propiedades, su uso es amplísimo, y sobre todo, en donde se necesita resistencia a la corrosión.

## PROPIEDADES FÍSICAS

<b>Peso molecular (g/gmol)</b>	<b>18,000-25,000</b>
<b>Densidad relativa</b>	<b>1.14</b>
<b>Cp (20 a 250° C)</b>	<b>0.555</b>
<b>Viscosidad intrínseca</b>	<b>1.3</b>
<b>Viscosidad (fundido) (poise)</b>	<b>1500</b>
<b>Temperatura de fusión (°C)</b>	<b>265</b>
<b>Calor de fusión</b>	<b>22 cal/gr</b>
<b>Índice de refracción</b>	<b>1.52-1.58</b>
<b>Conductividad eléctrica y calorífica</b>	<b>Casi nula</b>
<b>Tenacidad (g/denier)</b>	<b>4.5-8.5</b>
<b>Resistencia a la tensión (g/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>4,700,000-8,450,000</b>
<b>Elongación de rotura (%)</b>	<b>12-20</b>
<b>Absorción de humedad (%)</b>	<b>3.8 con humedad relativa de 65%</b>
<b>Flamabilidad</b>	<b>No se inflama, funde lentamente</b>
<b>Resistencia al calor</b>	<b>Empieza a deteriorarse a 230 °C</b>
<b>Resistencia la abrasión</b>	<b>Excelente</b>
<b>Elasticidad</b>	<b>Excelente</b>
<b>Efecto al paso de tiempo</b>	<b>Casi nulo</b>
<b>Efecto de los rayos solares</b>	<b>Se deteriora por la exposición prolongada</b>
<b>Efecto de los insectos</b>	<b>Generalmente resistente</b>

**ESTADOS UNIDOS MEXICANOS**  
**BALANZA COMERCIAL PETROQUÍMICA**  
**RESINAS SINTÉTICAS**  
**(1990-1992)**

PRODUCTO	VOLUMEN (TON)			VALOR (MILES DE NS)		
	1990	1991	1992	1990	1991	1992
ABS/SAN	2,169	(3,063)	5,580	(111)	(19,072)	20,696
Acetato de polivinilo y vinílicas	3,486	2,012	(3,142)	(2,974)	(18,825)	(39,194)
Acrílicas	(27,882)	(13,122)	(15,080)	(71,156)	(120,480)	(135,232)
Acrílicas varias	(28,818)	(14,590)	(19,942)	(79,052)	(128,525)	(163,142)
Poliacrilamidas	0	0	0	0	0	0
Poliacrilmetacrilato de metilo	936	1,468	4,862	7,896	8,045	27,910
Alquidálicas	(305)	(352)	0	(1,782)	(4,192)	(1,720)
Cloruro de Polivinilo	102,382	124,525	175,781	139,412	153,442	223,288
Copolimeros de acetato y cloruro de vinilo	(253)	(755)	(345)	(1,866)	(3,553)	(2,916)

PRODUCTO	VOLUMEN (TON)			VALOR (MILES DE N\$)		
	1990	1991	1992	1990	1991	1992
Epóxicas	(4,846)	(8,365)	(7,697)	(39,745)	(77,887)	(88,488)
Fenólicas	(1,455)	(2,956)	(5,127)	(10,897)	(20,972)	(33,080)
Furánicas	0	0	(1)	(8)	(4)	(41)
Intercambio iónico	(2,219)	(2,498)	(2,805)	(17,467)	(19,784)	(32,005)
Maleicas	410	824	1,195	1,763	3,703	5,432
Melamina-Formaldehido	(1,300)	(1,621)	(1,596)	(6,239)	(12,217)	(12,280)
PET (grado botella)	7,264	4,872	(2,065)	26,587	19,059	(14,879)
Poliamidas	(1,630)	(2,458)	(3,213)	(16,734)	(27,360)	(39,198)
Poliesteres	6,001	(1,400)	(9,995)	4,566	(30,719)	(64,275)

Fuente: ANIQ

**ESTADOS UNIDOS MEXICANOS**  
**COMERCIO EXTERIOR PETROQUÍMICO**

**RESINAS SINTÉTICAS**

(1990-1992)

PRODUCTO	IMPORTACIONES (TONELADAS)			EXPORTACIONES (TONELADAS)		
	1990	1991	1992	1990	1991	1992
Poliamidas	1,630	2,458	3,213	0	0	0
Poliésteres	4,941	11,459	17,349	10,942	10,059	7,354
Poliestirenos	9,171	28,154	42,340	18,738	18,769	8,614
Poliétileno de alta densidad	106,760	115,231	143,533	54,873	74,659	66,488
Poliétileno de baja densidad	25,263	33,910	70,198	27,002	17,499	7,413
Poliétileno lineal de baja densidad	3,886	5,528	8,872	0	0	0
Polipropileno	142,350	147,600	111,228	1,369	4,171	30,946
Poliuretanos	3,271	5,415	5,941	134	233	181
Urea-formaldehído	768	1,925	1,988	305	259	583

PRODUCTO	IMPORTACIONES			EXPORTACIONES		
	(TONELADAS)			(TONELADAS)		
	1990	1991	1992	1990	1991	1992
Otras resinas	49,688	56,725	77,388	11,197	9,004	15,894
Acetales	1,058	1,338	2,009	260	18	21
Acetato de celulosa	1,029	1,789	1,136	1,840	3	3,956
Esteres de brea	286	335	213	80	568	945
Estirenas	5,268	7,414	8,344	5,538	7,229	2,410
Otras de etileno	3,343	6,636	5,871	731	120	1,070
Policarbonatos	2,359	3,936	3,112	456	79	232
Polieteres	1,180	2,894	6,146	0	0	0
Siliconas	11,212	6,788	9,932	1,114	415	627
Las demás	23,953	28,595	40,625	1,178	572	6,633
<b>TOTAL</b>	<b>415,319</b>	<b>485,106</b>	<b>581,656</b>	<b>269,602</b>	<b>310,855</b>	<b>9381,777</b>

Fuente: ANIQ

**ESTADOS UNIDOS MEXICANOS**  
**COMERCIO EXTERIOR PETROQUÍMICO**

**RESINAS SINTÉTICAS**

(1990-1992)

PRODUCTO	IMPORTACIONES			EXPORTACIONES		
	(MILES DE NUEVOS PESOS)			(MILES DE NUEVOS PESOS)		
	1990	1991	1992	1990	1991	1992
Poliamidas	16,734	27,360	39,198	0	0	0
Poliésteres	30,881	69,725	97,382	35,447	39,006	33,107
Poliestirenos	32,626	99,674	138,519	53,513	50,474	23,808
Polietileno de alta densidad	309,541	334,128	346,539	127,137	144,843	108,366
Polietileno de baja densidad	79,517	102,078	192,242	66,247	33,135	13,906
Polietileno lineal de baja densidad	11,427	16,459	22,454	0	0	0
Polipropileno	355,403	429,930	318,193	2,108	7,010	50,536
Poliuretanos	30,594	47,718	50,842	1,065	2,115	1,419
Urea-formaldehido 3/	4,580	9,947	9,370	1,598	888	2,344

PRODUCTO	IMPORTACIONES (MILES DE NUEVOS PESOS)			EXPORTACIONES (MILES DE NUEVOS PESOS)		
	1990	1991	1992	1990	1991	1992
Otras resinas	265,794	407,447	552,128	38,065	35,036	72,747
Acetales	5,310	7,781	12,059	1,412	71	172
Acetato de celulosa	10,035	16,290	13,287	10,421	35	27,064
Esteres de brea	1,227	1,609	1,206	378	2,866	5,226
Estirenadas	21,001	31,623	28,515	15,986	22,234	8,037
Otras de etileno	19,974	24,882	40,217	1,802	555	1,707
Policarbonatos	20,295	36,188	29,086	315	325	1,838
Polieteres 4/	9,434	18,217	37,702	0	0	0
Siliconas	40,778	77,475	165,586	3,072	6,030	10,635
Las demás	137,740	193,382	224,470	4,679	2,920	18,068
<b>TOTAL</b>	<b>1,423,207</b>	<b>2,041,996</b>	<b>2,413,806</b>	<b>626,807</b>	<b>689,255</b>	<b>842,753</b>

Fuente: ANIQ

## CAPÍTULO III

### MÉTODO DE OBTENCIÓN

#### III.1 MATERIA PRIMA

La materia prima para la producción de Nylon-6,6 es el ácido adípico  $\text{HO-CO-(CH}_2\text{)}_4\text{-COOH}$  y la hexametildiamina  $\text{NH}_2\text{-(CH}_2\text{)}_6\text{-NH}_2$ .

El ácido adípico reacciona fácilmente para formar sales, ésteres y amidas; es ampliamente utilizado en la manufactura de plastificantes, recubrimientos, aditivos para aceites lubricantes, espumas de poliéster uretano, acabados para papel, productos para la industria textil y acabados de cuero.

El ácido adípico se forma a partir de la ciclohexanona. Inicialmente se consideraba que el mejor método era aquel que obtenía el ácido adípico por la oxidación de ciclohexano a ciclohexanol y a ciclohexanona. Se separan estos intermediarios para después convertir el ciclohexanol a ciclohexanona. La ciclohexanona se oxida con aire y como producto se obtiene el ácido adípico. Esta última operación se realiza de manera independiente. Ultimamente se ha visto que se obtienen mejores resultados al oxidar la mezcla de los primeros óxidos obtenidos del ciclohexano a ácido adípico por medio de un proceso de oxidación con ácido nítrico.

La hexametildiamina es la única diamina que aún se emplea todavía en la producción de las poliamidas, y los métodos para sintetizarla han sido estudiados detenidamente, sobretodo por que representa un gasto importante

en el coste de producción del polímero 66. Una de las síntesis más importantes es la que parte del ácido adípico, aunque actualmente se aplican también otros métodos en escala industrial basados en el butadieno y el furfural.

En la síntesis a partir del ácido adípico se hace pasar una mezcla de amoníaco y vapor de este ácido por un calor deshidratante, p. ej., gel de sílice, o fosfato de boro, que es más eficaz, a temperaturas comprendidas entre los 300° y los 375°C. En el curso de esta reacción, el ácido se combina con amoníaco, dando adipato diamónico y adipamida, que pierden agua, formando adiponitrilo. El nitrilo (p.e., 146-148°C a 10 mmHg), obtenido con un rendimiento igual o superior al 75%, se purifica por destilación. En alemania se han atribuido mejores resultados a un catalizador deshidratante de ácido wolfrámico y caolín, pero es preciso reactivar el catalizador cada 5 h., calentando en presencia de oxígeno a 325°C.

Después se hidrogena el nitrilo purificado para obtener la hexametilendiamina, en un proceso continuo o intermitente, según sean las condiciones de reacción y los catalizadores empleados. La reducción se puede realizar en presencia del amoniaco líquido a 125°C y 600-625 atm de presión, con un catalizador de cobre y cobalto, para que la conversión alcance el 92%; se citan además otros catalizadores, como el cobalto en sílice o kieselguhr, níquel Raney (para temperaturas de 80-120°C y 200 atm) y una mezcla de cobalto manganeso y plata. Se emplea el amoníaco en gran exceso en la hidrogenación para reducir al mínimo la formación de poliiminas o hexametilenoimina por perdida intermolecularo intramoleculara del amoníaco.

La diamina (p.e., 90-92 °C a 14 mmHg, p.f. 39°C) se aísla fácilmente y se purifica por destilación en el vacío y, como en el caso del ácido adípico, es esencial que sea muy pura; es importante la eliminación de las iminas, por que provocan la ramificación de las cadenas o actúan como centros de terminación. Puesto que la diamina es sólida a la temperatura ambiente y se decolora fácilmente si se almacena al aire, se suele conservar en disolución en metanol o agua y, a partir de estas disoluciones, se prepara con facilidad el Nylon-66.

La compañía DuPont (Estados Unidos) ha seguido otros caminos de obtención, el primero partiendo del furfuraldehído. El furfuraldehído se transforma en furano al tratarlo con cal apagada y, después se hidrogena, dando tetrahidrofurano; éste reacciona con ácido clorhídrico en presencia de ácido sulfúrico, dando 1:4-diclorobutano con buen rendimiento, y, tratándolo después con cianuro sódico en solución alcohólica, forma el adiponitrilo, que se hidrogena a continuación, empleando los métodos citados anteriormente.

En Alemania, Reppe y sus colaboradores han investigado otro método de síntesis, partiendo de la reacción del acetileno con el formaldehído, en presencia del acetiluro de cobre, de la que se obtiene 1:4-butanodiol; éste se hidrogena con un catalizador de hierro, transformándose en butenodiol y después en 1:4-butanodiol. la reacción de éste con el ácido clorhídrico da el 1:4-diclorobutano, partiendo del cual se obtiene la diamina por la acostumbrada reacción de cianuración seguida de hidrogenación.

La compañía DuPont ha seguido también un camino parecido que es, probablemente, el que se emplea en la mayor parte de la producción de la diamina comercial en los Estados Unidos; parte de la cloración del butadieno

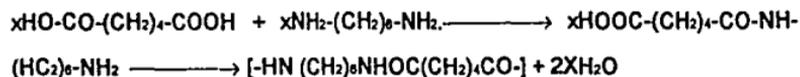
que se transforma en 1:4-diclorobuteno-2 y en su isómero 1:4-diclorobuteno-3. Tratándolos con cianuro sódico se obtienen los dicianobutenos correspondientes, que se hidrogenan, p.ej., con un catalizador de paladio, transformándose en adiponitrilo y, luego, en hexametileno-diamina, con un rendimiento muy grande.

En Alemania se ha estudiado una síntesis que incluye la reacción del butenodiol con cianuro de hidrógeno y cloruro cuproso, dando 1:4-dicianobuteno-2, el cual, por hidrogenación, se transforma en hexametileno-diamina.

### III.2 OBTENCIÓN DE NYLON-6,6

Para obtener las poliamidas, a partir de una diamina y un ácido dibásico, se añaden los dos componentes al recipiente de reacción, en cantidades cuidadosamente medidas. La sal se forma por reacción de los dos componentes en este caso hexametilendiamina y ácido adípico en un disolvente adecuado, p. ej., metanol, en el cual es relativamente insoluble.

La reacción por medio de la cual la hexametilendiamina y el ácido adípico se convierten en Nylon-6,6 es la siguiente:



El ácido adípico que es sólido, se disuelve en el agua en un tanque de acero inoxidable con agitador, provisto de chaqueta de agua para quitar el calor que se desprende en la reacción, pues es muy exotérmica. A este mismo tanque se le agrega metanol. En otro tanque se tiene la hexametildiamina. Ambas soluciones se mezclan en un reactor cuya presión deberá ser de 17 atm. La sal precipita y se separa de los líquidos (metanol, y agua producto de la reacción) por centrifugación. Nuevamente se le agrega agua y se pone en otro tanque. El metanol se separa en una torre de separación para ser posteriormente recirculado. La solución con la sal se trata con carbón activado para obtener un color más limpio. Se le agrega agua destilada y se hace pasar por filtros de presión para separarla de impurezas. Se puede regular a las proporciones de los dos reactivos vigilando el pH, que se calcula previamente determinando el punto de inflexión en la curva volumétrica ácido-base.

### III.3 POLICONDENSACIÓN

En la elaboración del polcondensado 66 se hace pasar una disolución acuosa al 60% de la sal (obtenida por disolución en agua o concentrando la disolución acuosa formada por reacción directa de los intermedios en el agua) por un autoclave de acero inoxidable (calentado convenientemente por el método Dowtherm) y se añade el estabilizador necesario (generalmente de 0.5-1 mol de ácido acético). La policondensación es detenida en el momento en que las cadenas formadas tienen la longitud deseada, mediante la adición de un reactivo monofuncional, generalmente ácido acético. Si no se impidiera el crecimiento de las cadenas, este podría reanudarse al realizar en la producción cualquier trabajo en caliente ulterior, lo que ocasionaría la formación de

burbujas de vapor en la masa y por consiguiente la disminución de las características de la producción. Se hace subir la temperatura cuando el vapor expulsado haya arrastrado el aire de la atmósfera del sistema; es importante la extracción del aire para evitar el trastorno de color de polímero. El recipiente de la reacción se cierra herméticamente y la temperatura se eleva hasta los 220°C, de modo que la presión alcance un valor de 300 Kg/cm<sup>2</sup>. Durante una o dos horas la temperatura continúa subiendo, gradualmente, hasta 270 ó 280° C y, al mismo tiempo, se extrae el vapor para que la presión no baje de los 300 Kg/cm<sup>2</sup>; después se reduce la presión hasta alcanzar (en 1 hr) la atmosférica; los ciclos de expulsión de vapor y reducción de la presión se regulan automáticamente.

Ese *modus operandi* es práctico porque se conserva el agua suficiente para mantener la masa de reacción en estado flúido, y porque la ebullición del agua es un buen medio de agitar la mezcla. El polímero Nylon-66 funde a 264° C, de modo que, cuando cesa la eliminación del agua, la temperatura ha sobrepasado el punto de fusión del polímero.

Después de la etapa de reducción de la presión se continúa calentando a la presión atmosférica durante una hora, aproximadamente, para que se establezca el equilibrio; entonces se aplica nitrógeno a presión y se extruye el polímero (por una válvula ajustada a la base del autoclave) en forma de una delgada cinta que se recoge en un volante, provisto de unos rociadores de agua fría. El exceso del agua se expulsa por medio de una tobera de aire y la cinta, enfriada, pasa a la cortadora, donde se corta en pequeños trozos; éstos se secan en una rejilla aplicando, p. ej., aire caliente.

Para obtener un polímero mate se añade una suspensión acuosa de dióxido de titanio a la masa de reacción, en el curso de la polimerización; con sólo el 0.03% de óxido, el polímero resultante es bastante mate. Se debe evitar cuidadosamente que entren partículas de pigmentos mientras dura la reacción.

El Nylon-66 es un sólido opaco, tenaz, blanco, que funde bruscamente a unos 265° C en ausencia de aire ( en presencia de aire, el punto de fusión es mucho más bajo: de 248-256° C, según las condiciones en que se verifique la fusión). Es insoluble en los disolventes orgánicos corrientes, tales como alcoholes, fenoles, ácidos fuertes y en la mezcla de cloruro de calcio y metanol, dando a menudo disoluciones viscosas, incluso a concentraciones moderadas. El polímero se puede caracterizar, pues, por la viscosidad intrínseca relativa en disolventes como el m-cresol, o el ácido fórmico al 90%.

Los aditivos se incorporan al Nylon antes o durante la polimerización para afectar las propiedades del mismo. Los aditivos que pueden ser añadidos son: estabilizadores, y colorantes plásticos.

Los estabilizadores se añaden para proporcionar estabilidad durante el proceso, es decir, prevenir el cambio de las propiedades durante el proceso y proteger el producto terminado cuando se le sujeta a la luz y al calor.

El color y el plástico están estrechamente ligados. Los colorantes y sistemas de coloración deben ser cuidadosamente elegidos para cumplir con las especificaciones de cada aplicación, debiendo tenerse en cuenta: luminosidad, resistencia a los agentes externos, al calor, química; migración y dispersión de los colorantes.

## Capacidad de Ácido adípico en Norte América (1000 Ton)

Productor	Ubicación	Procedencia	1991	1992	1993	1994	1995	1998	2001
<b>CANADÁ</b>									
Dupont	Maitland	Ciclohexanona	125	135	135	135	135	135	135
<b>E.U.A.</b>									
Allied	Hopewell,	Fenol	14	14	14	14	14	14	14
Signal	VA								
Dupont	Orange,	Ciclohexanona	159	181	181	181	181	181	227
	Tx								
	Victoria,	Ciclohexanona	318	318	349	349	349	349	408
	Tx								
Monsanto	Pansacola,	Ciclohexanona	272	272	272	272	302	302	302
	FL								
	Todo	de	749	771	802	802	832	832	937
	E.U.A.	Ciclohexanona							
		de Fenol	14	14	14	14	14	14	14
<b>Capacidad</b>	<b>Regional</b>	<b>Ciclohexanona</b>	<b>874</b>	<b>906</b>	<b>937</b>	<b>937</b>	<b>967</b>	<b>967</b>	<b>1072</b>
	<b>total</b>	<b>Fenol</b>	<b>14</b>						
			<b>888</b>	<b>920</b>	<b>951</b>	<b>951</b>	<b>981</b>	<b>981</b>	<b>1086</b>

### Capacidad de la Hexametilendiamina en Norte América (1000 Ton)

Productor	Ubicación	Procedencia	1991	1992	1993	1994	1995	1998	2001
<b>CANADÁ</b>									
Dupont	Maitland	Adiponitrilo	45	45	45	45	45	45	45
<b>E.U.A.</b>									
Dupont	Orange, Tx	Adiponitrilo	218	218	218	218	218	218	249
	Victoria, Tx	Adiponitrilo	159	159	159	159	159	181	181
Monsanto	Pansacola, FL	Adiponitrilo	91	91	91	91	116	116	116
	Decatur, AL	Adiponitrilo	116	116	116	116	116	136	136
	Todo E.U.A.	de Adiponitrilo	584	584	584	584	609	682	682
Capacidad Regional total			629	629	629	629	654	737	737

## CAPÍTULO IV

### ESTUDIO ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN

#### IV.1 INTRODUCCIÓN

Para decidir si se debe o no invertir en el montaje e instalación de una planta de Nylon-6,6 es necesario hacer un estudio financiero completo. En este tipo de estudios se requieren determinar costos y gastos, ventas y utilidades durante un periodo de tiempo determinado; en este caso el análisis se hará para diez años.

Las premisas de las que se partieron al hacer este estudio son las siguientes:

a) Actualmente no existe en México ninguna otra planta que produzca Nylon-6,6.

b) Se considera que el capital necesario será desembolsado por el inversionista, es decir no se considerará el efecto financiero de un préstamo bancario.

c) Se considerará una inflación del 7% anual, dado que la inflación está disminuyendo y que se pretende tener una inflación similar a la de los Estados Unidos (3%).

d) Se pretende satisfacer la demanda total mexicana al igual que exportar.

e) Se considera que el volumen de ventas será igual al volumen de producción.

## IV.2 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

### IV.2.1 ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN

En base a la información presentada en el capítulo II se fijó la capacidad de la planta en 3750 toneladas anuales de Nylon-6,6, para satisfacer tanto la demanda nacional como la creciente demanda en el mercado internacional.

Empezará a operar en 1996 al 40% de su capacidad, aumentándola en los años subsecuentes hasta alcanzar el 100% en el cuarto año de operación.

AÑO	% CAPACIDAD	TOTAL PRODUCCIÓN (TON)
1996	40	1500
1997	60	2250
1998	80	3000
1999	100	3750
2000	100	3750
2001	100	3750
2002	100	3750
2003	100	3750
2004	100	3750
2005	100	3750

**FALTA PAGINA**

**No.**

**85**

#### IV.2.2 ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN FIJA

Esta planta será construida en el periodo enero de 1995 a enero de 1996. La planta funcionará 330 días al año.

El monto total de la inversión fija se estimó utilizando el método de Williams a partir de datos referentes a inversiones anteriores sobre el mismo producto. Se consultó el Chemical Engineering Economics, (1989) Donald E. Garrett de donde se obtuvo la siguiente información:

Producto	Capacidad ( Ton/día)	Inversión Fija (USD)	Exponente
Nylon-6,6	36	9,500,000	0.64

$$I.F.=[(11.3636/36)^{0.64}] * 9,500,000 = 4,541,727.73 \text{ USD}$$

La paridad del peso frente al dolar el 31 de diciembre de 1989 era de 1 USD / 2483.37 \$; por lo que la inversión fija en 1989 era equivalente a 11,278,790,374.2 \$. Es necesario llevar este valor a valores presentes, conociendo la inflación.

<b>AÑO</b>	<b>INFLACIÓN</b>
<b>1989</b>	<b>19.70</b>
<b>1990</b>	<b>29.90</b>
<b>1991</b>	<b>18.80</b>
<b>1992</b>	<b>11.94</b>
<b>1993</b>	<b>8.01</b>
<b>1994</b>	<b>7.50</b>
<b>1995</b>	<b>7.00</b>

La inversión fija requerida para instalar en 1995 una planta de Nylon-6,6 cuya producción anual sea de 3,750 toneladas anuales es igual a 24,206,367.77 N\$.

CONCEPTO	% I. F.	VALOR (\$)
<b>COSTOS DIRECTOS</b>		
EQUIPO DE PROCESO	25	6,051,591.94
SERVICIOS	12	2,904,764.13
INSTALACIÓN	9	2,178,573.10
TUBERÍA	7	1,694,445.74
EDIFICIOS	7	1,694,445.74
TERRENO Y PREPARACIÓN	4	968,254.71
INSTRUMENTACIÓN	3	726,191.03
INSTALACIÓN ELÉCTRICA	2	484,127.36
<b>TOTAL C.D.</b>	<b>69</b>	<b>16,702,393.76</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>		
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN	16	3,873,018.84
<b>COSTOS TOTALES</b>	<b>85</b>	<b>11,434,042.22</b>
<b>HONORARIOS DEL CONTRATISTA</b>	<b>4</b>	<b>968,254.71</b>
<b>CONTINGENCIAS</b>	<b>11</b>	<b>2,662,700.45</b>
<b>INVERSIÓN FIJA TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>24,206,367.77</b>

#### IV.2.3 ESTIMACIÓN DE LOS INGRESOS POR VENTAS

Con el fin de estimar los ingresos de los diferentes periodos, es necesario fijar el precio de venta del producto. En base a la historia de precios del Nylon-6,6 se consideró que el precio del producto en 1996 será equivalente a 14.01 N\$/Kg. Para 1997 y los años subsecuentes se consideró una inflación del 7 % anual por lo que se estimaron los siguientes ingresos totales anuales por venta:

AÑO	VOLUMEN DE VENTAS (Kg)	PRECIO (\$/Kg)	INGRESO POR VENTAS
1996	1500000	14.01	21007500.00
1997	2250000	14.99	33717037.50
1998	3000000	16.03	48102973.50
1999	3750000	17.16	64337727.06
2000	3750000	18.36	68841367.95
2001	3750000	19.64	73660263.71
2002	3750000	21.02	78816482.17
2003	3750000	22.49	84333635.92
2004	3750000	24.06	90236990.43
2005	3750000	25.75	96553579.76

## **IV.2.4 ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS ANUALES DE PRODUCCIÓN**

Los costos de producción se pueden dividir en:

A) Costos Variables

B) Costos Fijos

### **A) Costos Variables**

Estos costos varían en función directa de la cantidad que se produce de Nylon-6,6.

- a) Materias primas y reactivos auxiliares
- b) Servicios auxiliares (eléctrico, combustible)

### **B) Costos Fijos**

Estos costos se generan independientemente de la cantidad de Nylon-6,6 que se produzca.

#### **a) Depreciación**

Esta se calcula considerando una vida útil para equipos (instalados, tomando en cuenta la instrumentación y tubería) de 11 años y para edificios de 33 años.

#### **b) Mano de obra directa y supervisión**

Esta se calcula considerando el 4.5% de la inversión fija.

#### **c) Mantenimiento general**

Esta se calcula considerando el 5% de la inversión fija.

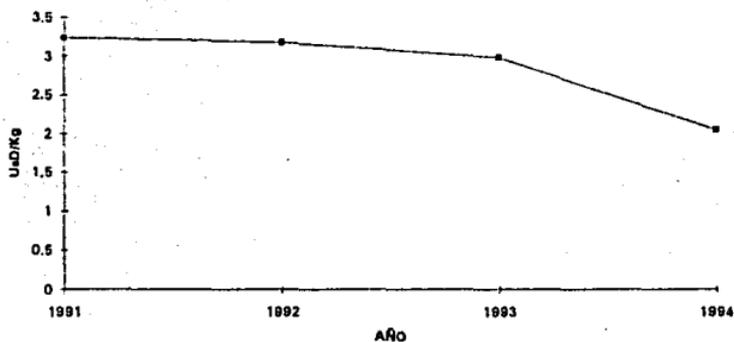
#### **d) Seguros**

Estos se calculan considerando el 1% de la inversión fija.

#### **e) Contingencias**

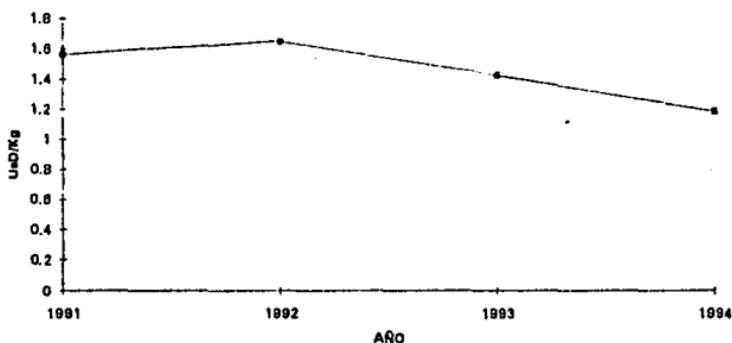
Estos se calculan considerando el 15% del costo del equipo del proceso.

### HEXAMETILENDIAMINA PRECIO PROMEDIO



Por precio y por cercanía podría comprarse a E.U.A. la hexametildiamina, siendo el precio de este producto en el periodo de enero a marzo de 1994, 2.057 UsD/Kg.

### ÁCIDO ADÍPICO PRECIO PROMEDIO



El precio del ácido adípico proveniente de E.U.A. en el periodo de enero a marzo de 1994 fue igual a 1.185 UsD/Kg.

AÑO:1996		PRODUCCIÓN: 1500 TON/AÑO			
CONCEPTO	UNIDADES	PRECIO (\$/u)	CONSUMO UNITARIO	COSTO UNITARIO	COSTO FIJO (\$/AÑO)
<b>COSTOS VARIABLES</b>					
ÁCIDO ADÍPICO	Kg	4.02	0.62	2.49	*
HEXAMETILENDIAMINA	Kg	6.98	0.52	3.60	*
METANOL	Kg	1.35	2.34	3.16	*
ÁCIDO ACÉTICO	Kg	2.90	0.02	0.05	*
AGUA	Kg	0.00	4.49	0.01	*
<b>SERVICIOS:</b>					
ELÉCTRICO	KW-Hr	0.20	0.51	0.10	*
COMBUSTIBLE	Kg	1.20	0.03	0.03	*
<b>TOTAL C.V.</b>				<b>9.44</b>	
<b>COSTOS FIJOS</b>					
DEPRECIACIÓN	*	*	*	*	1,406,414.17
MANO DE OBRA Y SUPERVISIÓN	*	*	*	*	1,165,536.61
MANTENIMIENTO GENERAL	*	*	*	*	1,295,040.68
SEGURO	*	*	*	*	259,008.14
CONTINGENCIAS	*	*	*	*	971,280.51
<b>TOTAL C.F.</b>					<b>5,097,280.10</b>
<b>COSTO DE PRODUCCIÓN ANUAL</b>		<b>19.259,806.09</b>			

AÑO:1997		PRODUCCIÓN:2250 TON/AÑO				
CONCEPTO	UNIDADES	PRECIO (\$/u)	CONSUMO	COSTO	COSTO	
			UNITARIO	UNITARIO	FIJO (\$/AÑO)	
<b>COSTOS VARIABLES</b>						
ÁCIDO ADÍPICO	Kg	4.30	0.62	2.66	*	
HEXAMETILENDIAMINA	Kg	7.46	0.52	3.85	*	
METANOL	Kg	1.44	2.34	3.39	*	
ÁCIDO ACÉTICO	Kg	3.10	0.02	0.05	*	
AGUA	Kg	0.00	4.49	0.01	*	
<b>SERVICIOS:</b>						
ELÉCTRICO	KW-Hr	0.22	0.51	0.11	*	
COMBUSTIBLE	Kg	1.28	0.03	0.04	*	
<b>TOTAL C.V.</b>				<b>10.10</b>		
<b>COSTOS FIJOS</b>						
DEPRECIACIÓN	*	*	*	*		1,504,863.17
MANO DE OBRA Y SUPERVISIÓN	*	*	*	*		1,247,124.17
MANTENIMIENTO GENERAL	*	*	*	*		1,385,693.52
SEGURO	*	*	*	*		277,138.70
CONTINGENCIAS	*	*	*	*		1,039,270.14
<b>TOTAL C.F.</b>						<b>5,454,089.71</b>
<b>COSTO DE PRODUCCIÓN ANUAL</b>	<b>28,184,992.36</b>					

AÑO:1998		PRODUCCIÓN: 3000 TON/AÑO				
CONCEPTO	UNIDADES	PRECIO (\$/U)	CONSUMO	COSTO	COSTO	
			UNITARIO	UNITARIO	FIJO (\$/AÑO)	
<b>COSTOS VARIABLES</b>						
ACIDO ADÍPICO	Kg	4.60	0.62	2.85	*	
HEXAMETILENDIAMINA	Kg	7.99	0.52	4.12	*	
METANOL	Kg	1.55	2.34	3.62	*	
ÁCIDO ACÉTICO	Kg	3.32	0.02	0.05	*	
AGUA	Kg	0.00	4.49	0.01	*	
<b>SERVICIOS:</b>						
ELÉCTRICO	KW-Hr	0.23	0.51	0.12	*	
COMBUSTIBLE	Kg	1.37	0.03	0.04	*	
TOTAL C.V.				10.81		
<b>COSTOS FIJOS</b>						
DEPRECIACIÓN	*	*	*	*		1,610,203.59
MANO DE OBRA Y SUPERVISIÓN	*	*	*	*		1,334,422.86
MANTENIMIENTO GENERAL	*	*	*	*		1,482,692.07
SEGURO	*	*	*	*		296,538.41
CONTINGENCIAS	*	*	*	*		1,112,019.05
TOTAL C.F.						5,835,875.99
<b>COSTO DE PRODUCCIÓN ANUAL</b>	<b>38,265,297.11</b>					

AÑO:1999		PRODUCCIÓN: 3750 TON/AÑO			
CONCEPTO	UNIDADES	PRECIO (\$/u)	CONSUMO UNITARIO	COSTO UNITARIO	COSTO FIJO (\$/AÑO)
<b>COSTOS VARIABLES</b>					
<b>ÁCIDO ADÍPICO</b>					
HEXAMETILENDIAMINA	Kg	4.92	0.62	3.05	*
METANOL	Kg	8.54	0.52	4.41	*
ÁCIDO ACÉTICO	Kg	1.65	2.34	3.88	*
AGUA	Kg	3.55	0.02	0.06	*
	Kg	0.00	4.49	0.01	*
<b>SERVICIOS:</b>					
<b>ELÉCTRICO</b>					
COMBUSTIBLE	KW-Hr	0.25	0.51	0.12	*
	Kg	1.47	0.03	0.04	*
<b>TOTAL C.V.</b>				<b>11.57</b>	
<b>COSTOS FIJOS</b>					
DEPRECIACIÓN	*	*	*	*	1,722,917.84
MANO DE OBRA Y SUPERVISIÓN	*	*	*	*	1,427,832.46
MANTENIMIENTO GENERAL	*	*	*	*	1,586,480.51
SEGURO	*	*	*	*	317,296.10
CONTINGENCIAS	*	*	*	*	1,189,860.39
	*	*	*	*	
<b>TOTAL C.F.</b>					<b>6,244,387.31</b>
<b>COSTO DE PRODUCCIÓN ANUAL</b>		<b>49,617,215.58</b>			

AÑO:2000		PRODUCCIÓN: 3750 TON/AÑO			
CONCEPTO	UNIDADES	PRECIO (\$/u)	CONSUMO UNITARIO	COSTO UNITARIO	COSTO FIJO (\$/AÑO)
<b>COSTOS VARIABLES</b>					
ÁCIDO ADÍPICO	Kg	5.27	0.62	3.26	*
HEXAMETILENDIAMINA	Kg	9.14	0.52	4.71	*
METANOL	Kg	1.77	2.34	4.15	*
ÁCIDO ACÉTICO	Kg	3.80	0.02	0.06	*
AGUA	Kg	0.00	4.49	0.01	*
<b>SERVICIOS:</b>					
ELÉCTRICO	KW-Hr	0.26	0.51	0.13	*
COMBUSTIBLE	Kg	1.57	0.03	0.04	*
<b>TOTAL C.V.</b>				<b>12.38</b>	
<b>COSTOS FIJOS</b>					
DÉPRECIACIÓN	*	*	*	*	<b>1,843,522.09</b>
MANO DE OBRA Y SUPERVISIÓN	*	*	*	*	<b>1,527,780.74</b>
MANTENIMIENTO GENERAL	*	*	*	*	<b>1,697,534.15</b>
SEGURO	*	*	*	*	<b>339,506.83</b>
CONTINGENCIAS	*	*	*	*	<b>1,273,150.61</b>
<b>TOTAL C.F.</b>					<b>6,681,494.42</b>
<b>COSTO DE PRODUCCIÓN ANUAL</b>	<b>53,092,190.99</b>				

AÑO:2001		PRODUCCIÓN: 3750 TON/AÑO				
CONCEPTO	UNIDADES	PRECIO (\$/u)	CONSUMO	COSTO	COSTO	
			UNITARIO	UNITARIO	FIJO (\$/AÑO)	
<b>COSTOS VARIABLES</b>						
ÁCIDO ADÍPICO	Kg	5.64	0.62	3.49	*	
HEXAMETILENDIAMINA	Kg	9.78	0.52	5.04	*	
METANOL	Kg	1.89	2.34	4.44	*	
ÁCIDO ACÉTICO	Kg	4.07	0.02	0.07	*	
AGUA	Kg	0.00	4.49	0.01	*	
<b>SERVICIOS:</b>						
ELÉCTRICO	KW-Hr	0.28	0.51	0.14	*	
COMBUSTIBLE	Kg	1.68	0.03	0.05	*	
<b>TOTAL C.V.</b>				<b>13.24</b>		
<b>COSTOS FIJOS</b>						
DEPRECIACIÓN	*	*	*	*	1,972,568.63	
MANO DE OBRA Y SUPERVISIÓN	*	*	*	*	1,634,725.39	
MANTENIMIENTO GENERAL	*	*	*	*	1,816,361.54	
SEGURO	*	*	*	*	363,272.31	
CONTINGENCIAS	*	*	*	*	1,362,271.16	
<b>TOTAL C.F.</b>					<b>7,149,199.03</b>	
<b>COSTO DE PRODUCCIÓN ANUAL</b>	<b>56,810,202.24</b>					

AÑO:2002		PRODUCCIÓN: 3750 TON/AÑO				
CONCEPTO	UNIDADES	PRECIO (\$/u)	CONSUMO UNITARIO	COSTO UNITARIO	COSTO FIJO (\$/AÑO)	
<b>COSTOS VARIABLES</b>						
ÁCIDO ADÍPICO	Kg	6.03	0.62	3.74	*	
HEXAMETILENDIAMINA	Kg	10.47	0.52	5.40	*	
METANOL	Kg	2.03	2.34	4.75	*	
ÁCIDO ACÉTICO	Kg	4.35	0.02	0.07	*	
AGUA	Kg	0.00	4.49	0.01	*	
<b>SERVICIOS:</b>						
ELÉCTRICO	KW-Hr	0.30	0.51	0.15	*	
COMBUSTIBLE	Kg	1.80	0.03	0.05	*	
<b>TOTAL C.V.</b>				<b>14.17</b>		
<b>COSTOS FIJOS</b>						
DEPRECIACIÓN	*	*	*	*	2,110,648.44	
MANO DE OBRA Y SUPERVISIÓN	*	*	*	*	1,749,156.16	
MANTENIMIENTO GENERAL	*	*	*	*	1,943,506.85	
SEGURO	*	*	*	*	388,701.37	
CONTINGENCIAS	*	*	*	*	1,457,630.14	
<b>TOTAL C.F.</b>					<b>7,649,642.96</b>	
<b>COSTO DE PRODUCCIÓN ANUAL</b>		<b>60,784,013.08</b>				

AÑO:2003		PRODUCCIÓN: 3750 TON/AÑO					
CONCEPTO	UNIDADES	PRECIO (\$/u)	CONSUMO	COSTO	COSTO		
			UNITARIO	UNITARIO	FIJO (\$/AÑO)		
<b>COSTOS VARIABLES</b>							
ÁCIDO ADÍPICO	Kg	6.45	0.62	4.00	-		
HEXAMETILENDIAMINA	Kg	11.20	0.52	5.78	*		
METANOL	Kg	2.17	2.34	5.08	*		
ÁCIDO ACÉTICO	Kg	4.66	0.02	0.08	*		
AGUA	Kg	0.00	4.49	0.01	*		
<b>SERVICIOS:</b>							
ELÉCTRICO	KW-Hr	0.32	0.51	0.16	*		
COMBUSTIBLE	Kg	1.92	0.03	0.05	*		
<b>TOTAL C.V.</b>				<b>15.16</b>			
<b>COSTOS FIJOS</b>							
DEPRECIACIÓN	*	*	*	*		2,258,393.83	
MANO DE OBRA Y SUPERVISIÓN	*	*	*	*		1,871,597.10	
MANTENIMIENTO GENERAL	*	*	*	*		2,079,552.33	
SEGURO	*	*	*	*		415,910.47	
CONTINGENCIAS	*	*	*	*		1,559,664.25	
<b>TOTAL C.F.</b>						<b>8,185,117.96</b>	
<b>COSTO DE PRODUCCIÓN ANUAL</b>		<b>65,040,699.72</b>					

AÑO:2004		PRODUCCIÓN: 3750 TON/AÑO			
CONCEPTO	UNIDADES	PRECIO (\$/u)	CONSUMO UNITARIO	COSTO UNITARIO	COSTO FIJO (\$/AÑO)
<b>COSTOS VARIABLES</b>					
ÁCIDO ADÍPICO	Kg	6.90	0.62	4.28	*
HEXAMETILENDIAMINA	Kg	11.98	0.52	6.18	*
METANOL	Kg	2.32	2.34	5.44	*
ÁCIDO ACÉTICO	Kg	4.98	0.02	0.08	*
AGUA	Kg	0.00	4.49	0.01	*
<b>SERVICIOS:</b>					
ELÉCTRICO	KW-Hr	0.35	0.51	0.17	*
COMBUSTIBLE	Kg	2.06	0.03	0.06	*
<b>TOTAL C.V.</b>				<b>16.22</b>	
<b>COSTOS FIJOS</b>					
DEPRECIACIÓN	*	*	*	*	2,416,481.40
MANO DE OBRA Y SUPERVISIÓN	*	*	*	*	2,002,608.89
MANTENIMIENTO GENERAL	*	*	*	*	2,225,120.99
SEGURO	*	*	*	*	445,024.20
CONTINGENCIAS	*	*	*	*	1,668,840.74
<b>TOTAL C.F.</b>					<b>8,758,076.22</b>
<b>COSTO DE PRODUCCIÓN ANUAL</b>		<b>69,593,336.26</b>			

AÑO:2005		PRODUCCIÓN:3750 TON/AÑO			
CONCEPTO	UNIDADES	PRECIO (\$/u)	CONSUMO UNITARIO	COSTO UNITARIO	COSTO FIJO (\$/AÑO)
<b>COSTOS VARIABLES</b>					
ÁCIDO ADÍPICO	Kg	7.39	0.62	4.58	*
HEXAMETILENDIAMINA	Kg	12.82	0.52	6.61	*
METANOL	Kg	2.48	2.34	5.82	*
ÁCIDO ACÉTICO	Kg	5.33	0.02	0.09	*
AGUA	Kg	0.00	4.49	0.01	*
<b>SERVICIOS:</b>					
ELÉCTRICO	KW-Hr	0.37	0.51	0.19	*
COMBUSTIBLE	Kg	2.20	0.03	0.06	*
<b>TOTAL C.V.</b>				<b>17.36</b>	
<b>COSTOS FIJOS</b>					
DEPRECIACIÓN	*	*	*	*	2,585,635.09
MANO DE OBRA Y SUPERVISIÓN	*	*	*	*	2,142,791.51
MANTENIMIENTO GENERAL	*	*	*	*	2,380,879.46
SEGURO	*	*	*	*	476,175.89
CONTINGENCIAS	*	*	*	*	1,785,659.60
<b>TOTAL C.F.</b>					<b>9,371,141.56</b>
<b>COSTO DE PRODUCCIÓN ANUAL</b>	<b>74,465,790.37</b>				

#### **IV.2.5 ESTIMACIÓN DEL CAPITAL DE TRABAJO**

El capital de trabajo es el capital que se requiere para hacer funcionar determinada planta. Se deben considerar:

**a) Inventario de materias primas**

Este se calcula considerando el costo de las materias primas que se requieren en un mes.

**b) Inventario de producto terminado**

Este se calcula considerando el costo de producción en un mes.

**c) Cuentas por cobrar**

Este se calcula considerando los ingresos de un mes al vender el producto terminado.

**d) Efectivo disponible**

Este se calcula considerando el costo de producción de dos semanas.

**e) Cuentas por cobrar**

Este se calcula considerando el costo de las materias primas que se requieren en dos meses.





## **IV.2.6 PREPARACIÓN DE BALANCES GENERALES Y ESTADOS DE RESULTADOS**

Los balances generales y estados de resultados dan a los directores financieros una visión de la probable condición financiera y desempeños futuros de la empresa facilitándoles otra herramienta más para la planeación y el control financiero.

ESTADO DE RESULTADOS					
ANO	1996	1997	1998	1999	2000
CONCEPTO					
INGRESO POR VENTAS	21,007,500.00	33,717,037.50	48,102,973.50	64,337,727.06	68,841,367.95
COSTO PRODUCTO	19,259,806.09	28,184,992.36	38,265,297.11	49,617,215.58	53,092,190.99
UTILIDAD BRUTA	1,747,693.91	5,532,045.14	9,837,676.39	14,720,511.48	15,749,176.96
GASTOS ADM. Y COMERCIALES	1,050,375.00	1,685,851.88	2,405,148.68	3,216,886.35	3,442,068.40
UTILIDAD DE OPERACIÓN	697,318.91	3,846,193.26	7,432,527.71	11,503,625.12	12,307,108.56
UTILIDAD GRAVABLE	697,318.91	3,846,193.26	7,432,527.71	11,503,625.12	12,307,108.56
ISR	244,061.62	1,346,167.64	2,601,384.70	4,026,268.79	4,307,488.00
PTU	69,731.89	384,619.33	743,252.77	1,150,362.51	1,230,710.86
UTILIDAD NETA	383,525.40	2,115,406.29	4,087,890.24	6,326,993.82	6,768,909.71

2001	2002	2003	2004	2005
73,660,263.71	78,816,482.17	84,337,500.00	90,236,996.43	96,553,579.76
56,810,202.24	60,784,013.08	65,040,699.72	69,593,336.26	74,465,790.37
16,850,061.47	18,032,469.09	19,296,800.28	20,643,660.17	22,087,789.39
3,683,013.19	3,940,824.11	4,216,875.00	4,511,849.82	4,827,678.99
13,167,048.28	14,091,644.98	15,079,925.28	16,131,810.35	17,260,110.41
13,167,048.28	14,091,644.98	15,079,925.28	16,131,810.35	17,260,110.41
4,608,466.90	4,932,075.74	5,277,973.85	5,646,133.62	6,041,038.64
1,316,704.83	1,409,164.50	1,507,992.53	1,613,181.03	1,726,011.04
7,241,876.55	7,750,404.74	8,293,958.90	8,872,495.69	9,493,060.72

BALANCE GENERAL PROFORMA						
AÑO	1995	1996	1997	1998	1999	2000
<b>ACTIVO</b>						
<b>CIRCULANTE:</b>						
EFEC. DISPONIBLE	*	802,491.92	1,174,374.68	1,594,387.38	2,067,383.98	2,212,174.62
BANCOS	5,793,632.23	2,290,853.05	1,108,658.34	2,115,406.29	4,087,890.24	6,326,993.82
CUENTAS POR COBRAR	*	1,750,625.00	2,809,753.13	4,008,581.13	5,361,477.26	5,736,780.66
I. DE MAT. PRIMA	*	1,163,750.00	1,865,625.00	2,663,630.00	3,562,481.25	3,812,003.13
I. DE PROD. TERMINADO	*	1,604,983.84	2,348,749.36	3,188,774.76	4,134,767.97	4,424,349.25
TOTAL	5,793,632.23	6,810,211.89	8,132,785.83	11,976,392.18	17,146,616.71	20,300,126.88
ACTIVO FIJO	24,206,367.77	25,900,813.51	27,713,870.46	29,653,841.39	31,729,610.29	33,950,683.01
TOTAL	30,000,000.00	32,711,025.40	35,846,656.29	41,630,233.57	68,090,227.69	54,250,809.87
<b>PASIVO</b>						
CUENTAS POR PAGAR	*	2,327,500.00	3,731,250.00	5,327,260.00	7,124,962.50	7,624,006.26
CAPITAL SOCIAL	30,000,000.00	30,000,000.00	30,000,000.00	32,215,083.33	64,638,271.38	39,857,893.90
UTILIDAD NETA	*	383,525.40	2,115,406.29	4,087,890.24	6,326,993.82	6,768,909.71
TOTAL	30,000,000.00	32,711,025.40	35,846,656.29	41,630,233.57	68,090,227.70	54,250,809.87

2001	2002	2003	2004	2005
2,367,091.76	2,532,667.21	2,710,029.15	2,899,722.34	3,102,741.27
6,768,909.71	7,241,876.55	7,750,404.74	8,293,958.90	8,872,495.69
6,138,355.31	6,568,040.18	7,028,125.00	7,519,749.70	8,046,131.65
4,078,968.75	4,364,259.38	4,669,906.25	4,996,975.00	5,346,875.00
4,734,183.52	5,065,334.42	5,420,058.31	5,799,444.69	6,205,482.53
21,720,417.29	23,239,510.54	24,868,494.30	26,610,128.30	28,470,984.87
36,327,230.82	38,870,136.98	41,591,046.57	44,502,419.83	47,617,589.21
58,047,648.11	62,109,647.52	66,459,540.87	71,112,548.12	76,088,574.08
8,157,937.50	8,728,518.76	9,339,812.50	9,993,950.00	10,693,750.00
42,647,834.05	45,630,724.02	48,825,769.46	52,246,102.43	55,901,763.36
7,241,876.55	7,750,404.74	8,293,958.90	8,872,495.69	9,493,060.72
58,047,648.10	62,109,647.52	66,459,540.86	71,112,548.12	76,088,574.08

## **IV.2.7 HERRAMIENTAS FINANCIERAS**

### **Indice de Solvencia**

Este se calcula dividiendo el valor del activo circulante entre el valor del pasivo circulante.

El índice recomendado es de 2 unidades, esto es por cada peso que se debe, se tiene o tendrá de inmediato 2 pesos para hacer frente a sus pagos por lo que se puede concluir que si el índice de solvencia de esta empresa fluctúa entre 2.18 y 2.93 esta empresa no tendrá problemas para saldar sus deudas.

### **Indice de la Prueba del Acido**

Este se obtiene al restarle el valor de los inventarios al valor del activo circulante y dividirlo entre el valor del pasivo circulante. Al igual que el índice de solvencia nos dice cual es la solvencia, eliminando los inventarios.

Los valores obtenidos al hacer la prueba del ácido fluctúan entre 1.05 y 1.74 por lo que se puede afirmar que no hay problemas de liquidez, ya que el valor recomendado es 1.

### **Rendimiento de la Inversión**

Este valor se obtiene al dividir el valor de las utilidades netas entre el valor de los activos totales.

Los valores obtenidos, 1%, 6%, 10%, 9%, 12% nos indican que el rendimiento de la inversión no es muy alto ya que la mayoría de las empresas buscan obtener 20%. Aun, así apartir del tercer año se estará por encima de la inflación.

#### **Rotación del Activo Total**

Este valor se obtiene al dividir el valor de las ventas anuales entre los activos totales.

Los valores obtenidos nos muestran estabilidad en cuanto a la capacidad de la empresa de hacer que el activo se utilice para generar utilidades.

#### **Margen Neto**

Este valor se obtiene de la división de la utilidades netas entre las ventas netas.

Los valores obtenidos indican que el margen de ganancia no es demasiado alto, alrededor del 10%.

2001	2002	2003	2004	2005
2.66	2.66	2.66	2.66	2.66
1.58	1.58	1.58	1.58	1.58
0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
1.27	1.27	1.27	1.27	1.27
0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

FACTORES	1996	1997	1998	1999	2000
INDICE DE SOLVENCIA	2.93	2.18	2.25	2.41	2.66
INDICE PRUEBA DEL ACIDO	1.74	1.05	1.15	1.33	1.58
RENDIMIENTO DE LA INVERSIÓN	0.01	0.06	0.10	0.09	0.12
ROTACIÓN TOTAL DEL ACTIVO	0.64	0.94	1.16	0.94	1.27
MARGEN NETO	0.02	0.06	0.08	0.10	0.10
TASA INTERNA DE RENTABILIDAD	0.61				

INVERSIÓN DE OPERACIÓN					
AÑO	INVERSIÓN	DEPRECIACIÓN	ACTIVO FIJO	CAPITAL DE	INVERSIÓN
	FIJA	ACUMULADA	NETO	TRABAJO	DE OPERACIÓN
1996	24,206,367.77	1,406,414.17	24,206,367.77	1,830,600.76	26,036,968.53
1997	25,900,813.51	2,911,277.34	24,494,399.34	2,601,627.17	27,096,026.51
1998	27,713,870.46	4,521,480.92	24,802,593.12	3,464,483.26	28,267,076.39
1999	29,653,841.39	6,244,398.76	25,132,360.47	4,438,666.70	29,571,027.17
2000	31,729,610.29	8,087,920.85	25,485,211.53	4,749,298.28	30,234,509.80
2001	33,950,683.01	10,060,489.48	25,862,762.16	5,081,693.09	30,944,455.25
2002	36,327,230.82	12,171,137.92	26,266,741.34	5,437,523.08	31,704,264.39
2003	38,870,136.98	14,429,531.75	26,698,999.06	5,818,399.96	32,517,399.02
2004	41,591,046.57	16,846,013.15	27,161,514.82	6,224,966.74	33,386,481.55
2005	44,502,419.83	19,431,648.24	27,656,406.68	6,660,605.44	34,317,012.12
CÁLCULO DE RENTABILIDAD					
AÑO	INVERSIÓN	UTILIDAD	RENTABILIDAD		
	DE OPERACIÓN	NETA			
1996	26,036,968.53	383,525.40	0.01		
1997	27,096,026.51	2,115,406.29	0.08		
1998	28,267,076.39	4,087,890.24	0.14		
1999	29,571,027.17	6,326,993.82	0.21		
2000	30,234,509.80	6,768,909.71	0.22		
2001	30,944,455.25	7,241,876.55	0.23		
2002	31,704,264.39	7,750,404.74	0.24		
2003	32,517,399.02	8,293,958.90	0.26		
2004	33,386,481.55	8,872,495.69	0.27		
2005	34,317,012.12	9,493,060.72	0.28		

## Tasa Interna de Rentabilidad

Primero se debe calcular el flujo de efectivo anual de la empresa. Con esta información, la tasa interna de rentabilidad  $r$ , se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$A_0 = A_1 / (1+r) + A_2 / (1+r)^2 + \dots + A_n / (1+r)^n$$

Donde  $A_0$  es el valor de la inversión fija inicial y  $A_1$  a  $A_n$  es el flujo de efectivo en cada uno de los años.

El valor que se obtuvo 60.89% es muy bueno. Se considera rentable un proyecto cuya tasa interna de retorno esté alrededor del 15%.

ESTADO DE FLUJO DE EFECTIVO	1995	1996	1997	1998	1999
UTILIDAD NETA	0.00	383,525.40	2,115,406.29	4,087,890.24	6,326,993.82
DEPRECIACIÓN	0.00	1,406,414.17	1,504,863.17	1,610,203.59	1,722,917.84
TOTAL DE ENTRADAS	0.00	1,789,939.57	3,620,269.46	5,698,093.83	8,049,911.66
CAPITAL DE TRABAJO	0.00	1,830,600.76	2,601,627.17	3,464,483.26	4,438,666.70
INVERSIÓN FIJA	24,206,367.77	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL DE SALIDAS	24,206,367.77	1,830,600.76	2,601,627.17	3,464,483.26	4,438,666.70
FLUJO DE EFECTIVO	-24,206,367.77	-40,661.19	1,018,642.29	2,233,610.57	3,611,244.96
FLUJO DE EFECTIVO ACUMULADO	-24,206,367.77	-24,247,028.96	-23,228,386.67	-20,994,776.11	-17,383,531.15

2000	2001	2002	2003	2004	2005
6,768,909.71	7,241,876.55	7,750,404.74	8,293,958.90	8,872,495.69	9,493,060.72
1,843,522.09	1,972,568.63	2,110,648.44	2,258,393.83	2,416,481.40	2,585,635.09
8,612,431.80	9,214,445.18	9,861,053.18	10,552,352.73	11,288,977.09	12,078,695.81
4,749,298.28	5,081,693.09	5,437,523.06	5,818,399.96	6,224,966.74	6,660,605.44
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4,749,298.28	5,081,693.09	5,437,523.06	5,818,399.96	6,224,966.74	6,660,605.44
3,863,133.52	4,132,752.09	4,423,530.12	4,733,952.77	5,064,010.35	5,418,090.37
-13,520,397.63	-9,387,645.54	-4,964,115.41	-230,162.65	4,833,847.71	10,251,938.08

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES**

En la sociedad moderna los plásticos han cobrado gran importancia. Se ha tomado conciencia sobre el impacto ecológico de los plásticos termofijos por lo que se está optando por los termoplásticos dentro de los cuales está el Nylon-6,6. Este producto tiene un rango de aplicaciones muy amplio ya que se utiliza en la industria automotriz, eléctrico-electrónica, de empaques, de bienes de consumo, textil y de electrodomésticos.

Como se vió en el primer capítulo este producto cae dentro de la categoría de los plásticos técnicos, cuya demanda crece año con año como resultado de los avances tecnológicos..

En México no se produce Nylon-6,6 y tomando en consideración el crecimiento del sector manufacturero en México en los últimos años se puede aseverar la importancia de instalar una planta de Nylon-6,6.

Dado que se considera insuficiente la capacidad actual para abastecer el mercado mundial, este producto puede ser también exportado; siendo los principales mercados Europa Occidental, Estados Unidos y Japón

La tasa interna de rentabilidad de este proyecto es muy alta 60.89% debido a lo cual se puede afirmar que este proyecto es altamente rentable. La inversión inicial se recupera después de ocho años.

## BIBLIOGRAFÍA

Billmeyer, Fred W. Jr (1978), Ciencia de los Polímeros, Ed. Reverté S. A., pp. 151, 437-440.

Schwartz, S. Seymour y Sidney H. Goodman (1984), Plastic Materials and Processes, Van Nostrand Reinhold Company, pp. 215-237.

Mark, Bikales, Overgerger, Menges (1988), Encyclopedia of Polymer Science and Engineering, Wiley Interscience Publication, Vol. 11, pp. 315-380.

Overberger, Charles A. y Thomas G. Foc (1970), Polimers and Polimerization: A collection of papers dedicated to Herman Mark on the occasion of his 75 birthday, May 3, 1920

Martínez de las Marías, P. (1972), Química y Física de los Altos Polímeros y Materias Plásticas, Editorial Alhambra.

Krevelen, Dirk Willem (1990), Properties of Polymers: their correlation with chemical structures; their numerical estimation and prediction from additive group contributions, Amsterdam Elsevier.

Winding, C. Charles y Gordon D. Hialt (1961), Polymeric Material, Mc Graw Hill Book Company, INC.

Floyd, Don E. (1966), Polyamide Resins, Reinhold Publishing Corporation, New York.

Seymour, Raymond B. (1990), Polymer Compounds, Utrecht- The Netherlands.

Golding, Brage (1959), Polymers and Resins; Their Chemistry and Chemical Engineering, D. Van Nostrand Company Inc.

Birley, Authur W. y Martyn J. Scott (1982), Plastic Materials: Properties and Applications, Glasgow Leonard Hill, pp 101-109

Daniels, Carole A.(1989), Polymers: Structure and Properties, Lancaster Technomic, pp 74-75.

Urreta Barrón, Ernesto (1989), Polímeros: Estructura, Propiedades e Implicaciones, ANUIES, pp 16-24.

Kroschwitz, Jacqueline I. (1990), Polymers: Fibers & Textiles, A Compendium, A Wiley Interscience Publication, John Wiley and Sons.

Kohan, Melvin I. (1973), Nylon Plastics, A Wiley Interscience Publication, John Wiley and Sons.

Austin, Geoerge T. (1990), Shreve's Chemical Process Industries, Mc Graw Hill Book Company, INC.

Diver, Walter E. (1982), Química y Tecnología de los Plásticos, C.E.C.S.A.

Chaussin, C. (1967), Manual de Plásticos, Ed. Hispano Europea, pp 159-165.

Morton-Jones, D.H. (1993), Procesamiento de Plásticos, Ed. Limusa S.A. de C.V..

Varios (1981), Tecnología de Plásticos, Vol. IV, URMO S.A. de Ediciones.

Hernandez Avilés, Hector (1980), Contribucion al Estudio de los Plásticos que se fabrican en México, Tesis.

Klower Academic Publishers (1987), Pioneers in Polymer Science, Amsterdam Elsevier. pp 1-10, 19-25, 47-54, 63-66, 93-106, 111-117, 123-142.

Couzens, E.G. y V.E. Yarsley (1968), Plastics in the Modern World, Hazell Watson & Viney Ltd.

Varios, Gran Enciclopedia de la Ciencia, Tomo 7, Ed. Oceano.

Rostato Dominick V., Fallon K. William, Donald V. Rostato (1969), Markets For Plastics, Van Nostrand Company Inc.

Varios (1980), Dictionary of Scientific Biography, American Council of Learned Societies.

Garrett, Donald E.(1989), Chemical Engineering Economics, Van Nostrand Reinhold