



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA

“ANÁLISIS DE LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA MEXICANA
Y DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA GLOBAL DE LOS
PROCESOS UTILIZADOS PARA FABRICAR RESINAS
SINTÉTICAS”

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :
INGENIERO QUÍMICO
P R E S E N T A :
JOSÉ MARTÍN LAGUNA NAVA

ASESOR: MTR. GERMÁN ALEJANDRO ALARCO TOSONI

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

OCTUBRE DEL 2003

MÉXICO D.F.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

**TESIS
CON
FALLA DE
ORIGEN**



**FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ZARAGOZA**

**JEFATURA DE LA CARRERA
DE INGENIERIA QUIMICA**

OFICIO: FESZ/JCIQ/069/03

ASUNTO: Asignación de Jurado

ALUMNO: LAGUNA NAVA JOSÉ MARTÍN
P r e s e n t e .

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

Presidente:	I.Q. Raúl Ramón Mora Hernández
Vocal:	Mtro. Germán Alejandro Alarco Tosoni
Secretario:	I.Q. José Benjamín Rangel Granados
Suplente:	I.Q. Balbina Patricia García Aguilar
Suplente:	I.Q. Gustavo Adolfo Varela Colmenares

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E
“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”
México, D. F., 19 de Agosto de 2003

EL JEFE DE LA CARRERA

M. en C. ANDRÉS AQUINO CANCHOLA

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Mtro. Germán Alarco por su apoyo para la realización de este trabajo y por la ayuda que me ha dado.

Al Ingeniero Antonio Pérez por aceptar ser mi padrino, por sus consejos y por todas las atenciones que tan amablemente me ha brindado.

A todos los profesores que de alguna manera me alentaron en la carrera.

A los miembros del jurado, ya que todos ellos fueron y serán mis maestros de quien aprendí mucho.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DEDICATORIAS

A mis padres:

Por todo el apoyo que me dieron para poder ser un profesional, por su cariño y por estar siempre conmigo. Quiero decirles que los quiero mucho y les doy las gracias por todo lo que han hecho por mí.

A mis hermanos:

Quiero darles las gracias por que de cada uno de ellos he aprendido cosas importantes que estoy seguro me serán muy útiles para mi vida profesional y personal.

A mis amigos de la carrera:

Gracias a Jorge G. por que siempre me animó en momentos más difíciles, al Blas por que me inspiraba a entender mejor las cosas y nos hacía reír, a Carlos V. por estar siempre con nosotros y a Ángel A. por las experiencias tan chidas que hemos pasado y a todos los que no menciono pero que saben que los estimo y les doy las gracias por ser amigos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

*"Aquel que no sea lo suficientemente valiente
para tomar riesgos no logrará nada en la vida"*

MUHAMMAD ALI
**Campeón de Box de pesos
Completos**

*¿No tienes curiosidad de saber hasta
donde puedes llegar?...*

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

**“ANÁLISIS DE LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA
MEXICANA Y DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA
GLOBAL DE LOS PROCESOS UTILIZADOS PARA
FABRICAR RESINAS SINTÉTICAS”**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

2.6H23 Capacidad instalada y producción.....	79
2.6I Plaguicidas	
2.6I1 Usos finales de algunos plaguicidas.....	80
2.6I2 Empresas productoras.....	80
2.6I3 Evolución de la especialidad.....	80
2.6I4 Capacidad instalada y producción.....	82
2.6J Plastificantes	
2.6J1 Usos de algunos plastificantes.....	83
2.6J2 Empresas productoras.....	83
2.6J3 Evolución de la especialidad.....	83
2.6J4 Capacidad instalada producción.....	85
2.6K Propelentes y refrigerantes	
2.6K1 Usos de algunos propelentes.....	86
2.6K2 Empresas productoras.....	86
2.6K3 Evolución de la especialidad.....	87
2.6K4 Capacidad instalada y producción.....	88
2.6L Químicos aromáticos	
2.6L1 Empresas productoras.....	89
2.6L2 Evolución de la especialidad.....	89
2.6L3 Capacidad instalada y producción.....	91
2.6M Agentes tensoactivos	
2.6M1 Empresas productoras.....	92
2.6M2 Evolución de la subrama.....	92
2.6M3 Capacidad instalada y producción.....	94
2.6N Otras especialidades	
2.6N1 Empresas productoras.....	95
2.6N2 Evolución de la subrama.....	95
2.6N3 Capacidad instalada y producción.....	97

Capítulo 3. Panorama Internacional industria petroquímica

3.1 Breve historia de la industria petroquímica internacional.....	100
3.2 Principales productos petroquímicos.....	100
3.3 Situación internacional de las subramas petroquímicas.....	102
3.4 Crecimiento de la capacidad de producción internacional.....	107
3.4.1 Medio Oriente.....	107
3.4.2 América del Norte.....	108

Capítulo 4. Análisis y determinación de la eficiencia global de los procesos para la fabricación de resinas sintéticas

4.1 Relación insumo-producto y eficiencia.....	109
4.2 Análisis y determinación de la eficiencia global de los procesos para fabricación de resinas sintéticas.....	112
4.2.1 Resinas ABS.....	113
4.2.2 Policloruro de vinilo (PVC).....	119
4.2.3 Resinas fenol-formaldehído.....	126
4.2.4 PET grado botella.....	130
4.2.5 Poliéster.....	133
4.2.6A Poliestireno.....	137
4.2.6B Poliestireno impacto.....	142
4.2.6C Poliestireno expandible.....	145
4.2.7 Polietileno (alta densidad).....	148
4.2.8 Polietileno (baja densidad).....	155
4.2.9 Polipropileno.....	159
4.2.10 Poliuretano.....	164
4.2.10A Poliuretano rígido.....	165
4.2.10B Poliuretano flexible.....	168
4.2.11 Resinas SAN.....	172
Análisis de los principales resultados.....	179
Algunas reflexiones finales.....	189
Conclusiones.....	191

CONTENIDO

Agradecimientos

Resumen

Introducción

Capítulo 1. Aspectos generales de la industria petroquímica

1.1 El petróleo y sus diferentes fracciones.....	1
1.2 Obtención de petroquímicos a partir del gas natural.....	4
1.3 La petroquímica.....	6

Capítulo 2. Subramas de la industria petroquímica

2.1 Intermedios	
2.1.1 Principales usos de algunos intermedios.....	21
2.1.2 Empresas productoras.....	26
2.1.3 Evolución de la subrama	27
2.1.4 Capacidad instalada y producción.....	29
2.2 Fertilizantes nitrogenados	
2.2.1 Ruta general de transformación para los fertilizantes nitrogenados.....	30
2.2.2 Empresas productoras.....	31
2.2.3 Evolución de la subrama.....	32
2.2.4 Capacidad instalada y producción.....	34
2.3 Resinas sintéticas	
2.3.1 Empresas productoras de resinas sintéticas.....	35
2.3.2 Evolución de la subrama.....	35
2.3.4 Capacidad instalada y producción.....	38
2.4 Fibras químicas	
2.4.1 Ruta de transformación para las fibras químicas.....	39
2.4.2 Usos de algunas fibras químicas.....	39
2.4.3 Empresas productoras.....	40
2.4.4 Evolución de la subrama.....	41
2.4.5 Capacidad instalada y producción.....	43
2.5 Elastómeros y negro de humo	
2.5.1 Ruta de transformación para elastómeros y negro de humo.....	44
2.5.2 Usos de algunos elastómeros y negro de humo.....	45
2.5.3 Empresas productoras.....	45

I

2.5.4 Evolución de la subrama.....	46
2.5.5 Capacidad instalada y producción.....	48
2.6 Especialidades	
2.6A. Adhesivos	
2.6A1 Usos finales de algunos adhesivos.....	50
2.6A2 Empresas productoras.....	51
2.6A3 Evolución de la especialidad.....	51
2.6A4 Capacidad instalada y producción.....	53
2.6B Materias primas de aditivos para lubricantes y aditivos para combustible	
2.6B1 Empresas productoras.....	54
2.6B2 Evolución de la especialidad.....	54
2.6B3 Capacidad instalada y producción.....	57
2.6C Aditivos para alimento	
2.6C1 Usos de algunos aditivos para alimento.....	58
2.6C2 Empresas productoras.....	61
2.6C3 Evolución de la especialidad.....	59
2.6C4 Capacidad instalada y producción.....	60
2.6D Colorantes	
2.6D1 Empresas productoras de colorantes.....	61
2.6D2 Evolución de la especialidad.....	61
2.6D3 Capacidad instalada y producción.....	64
2.6E Explosivos	
2.6E1 Usos de algunos explosivos.....	66
2.6E2 Empresas productoras.....	66
2.6E3 Evolución de la especialidad.....	67
2.6E4 Capacidad instalada y producción.....	69
2.6F Fermoquímicos	
2.6F1 Empresas productoras.....	70
2.6F2 Evolución de la especialidad.....	70
2.6F3 Capacidad instalada y producción.....	72
2.6G Hulequímicos	
2.6G1 Usos de algunos hulequímicos.....	73
2.6G2 Empresas productoras.....	74
2.6G3 Evolución de la especialidad.....	74
2.6G4 Capacidad instalada y producción.....	76
2.6H Iniciadores y catalizadores	
2.6H1 Empresas productoras.....	77
2.6H2 Evolución de la especialidad.....	77

5

Bibliografía

Anexos

Anexo A. Diagrama de la integración productiva de la industria petroquímica

Anexo B. Empresas productoras de petroquímicos en México

Anexo C. Plásticos: Generalidades

Anexo D. Obtención de los polímeros

Anexo E. Datos de evoluciones de las subramas

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

↑

RESUMEN

En este trabajo se determinó la estructura de la industria petroquímica mexicana, su evolución de 1989 al 2001, los principales factores que han influido en ella, así como el análisis y determinación de la eficiencia de los procesos utilizados por la industria mexicana para la fabricación de trece resinas sintéticas a través de la *relación insumo-producto*, tomando como referencia los mejores procesos que hay en el mundo reportados por SRIC en el PEP-YEARBOOK.

- La industria petroquímica mexicana está compuesta por el sector público (PEMEX y seis filiales) y el sector privado (distintas empresas). El estado rige la participación del sector privado en la industria petroquímica, a través de la lista oficial de petroquímicos básicos que él sólo puede elaborar sujeto al programa de inversiones del sector público. Esta se ha modificado cinco veces desde 1960. La última reclasificación, efectuada en 1996, dió al sector privado un amplia participación en la producción de petroquímicos.
- Los productos petroquímicos están clasificados por sus características y usos. Esta clasificación comprende las siguientes subramas de la industria petroquímica: intermedios, fertilizantes nitrogenados, resinas sintéticas, fibras químicas, elastómeros y negro de humo y catorce especialidades.
- Las subramas resinas sintéticas, fibras químicas, materias primas de aditivos para lubricantes y aditivos para combustibles, plastificantes, explosivos, propelentes y refrigerantes y agentes tensoactivos presentaron un alto desempeño ya que ha cubierto casi todo el consumo aparente nacional en todo el periodo de estudio. Los intermedios, elastómeros y negro de humo, iniciadores y catalizadores y químicos aromáticos también mostraron un gran desempeño, pero las importaciones han estado ganando terreno.
- Las demás subramas tuvieron una fuerte caída en su producción. Los principales factores que influyeron en esto son: la fuerte competencia frente a los productos importados, el tipo de cambio peso dólar, los altos costos de los energéticos y la gran cantidad de productos importados que llegan al país de forma ilegal.
- Se evaluaron 60 procesos empleados en México con los cuales se fabrican 13 tipos de resinas, las cuales representaron el 82.08% de la producción y el 82.63% del valor de la producción total de las resinas sintéticas en el 2001 por lo que es muy representativo del desempeño global. De los 60 procesos, 49 presentaron estándares de eficiencia similares o superiores a los internacionales en cuanto al uso de sus principales insumo.
- La subrama de resinas sintéticas presentó el más alto desempeño respecto a las demás, debido a que la mayoría de las empresas cuenta con procesos que tienen la tecnología de vanguardia. Este sector es altamente competitivo y si se realiza una gran inversión en capacidad instalada y actualización de tecnología, México puede ser un gran exportador de resinas sintéticas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

INTRODUCCIÓN

La industria petroquímica ha cambiado drásticamente, sobre todo a partir de los años ochentas, en que las regiones más importantes en este sector, Estados Unidos, Europa occidental y Japón, han dejado de tener el dominio absoluto de esta actividad.

En México esta industria tiene un gran potencial de crecimiento. Se produce "el 4.6% de la producción mundial de crudo, el 1.8% de la producción mundial de gas, mientras que sólo el 0.9% de la producción mundial de petroquímicos. Durante el 2001 la producción bruta de la industria petroquímica mexicana fue de casi 106,000 millones de pesos, ocupa a 72,754 trabajadores y representó el 1.1% de toda la producción nacional"¹

La gran disponibilidad de reservas de crudo y gas natural nos lleva a desarrollar y consolidar la industria petroquímica nacional, cuyos productos son los insumos de un gran número de cadenas productivas, adicionar a los hidrocarburos el mayor valor agregado posible, y lograr así una mayor participación en los mercados internacionales, que ésta se constituya en una actividad promotora para el desarrollo, con un elevado crecimiento y numerosos empleos de calidad.

La petroquímica nacional tanto pública como privada creció rápidamente en la década de los 80's y mediados de los 90's; sin embargo en los últimos años esta actividad muestra problemas. La producción no ha crecido significativamente, los grados de utilización de la capacidad instalada han caído, la inversión no ha crecido y las importaciones han cubierto gran parte del consumo nacional.

Frente a este panorama es importante conocer la estructura de la industria petroquímica, su evolución a partir de los años 90's y el comportamiento que ha tenido frente al mercado global, asimismo identificar los factores más importantes que han influenciado en el comportamiento de las diferentes subramas de la industria petroquímica mexicana.

Dentro de las subramas, la de resinas sintéticas es de gran importancia dentro de la industria petroquímica: contribuyo con el 26.6% del valor de la producción total de petroquímicos en el 2001, ha mostrado la mayor tasa de crecimiento con respecto a las demás subramas en los últimos años, pero una gran parte del consumo nacional de resinas depende de las importaciones. Dado a lo anterior es importante conocer si las empresas de este subsector cuentan con procesos altamente competitivos frente a los internacionales ya que este es un sector que presenta un creciente mercado tanto nacional como internacional y representa un sector de grandes oportunidades para la inversión y el empleo.

Para lo anterior en esta tesis se analiza y determina la eficiencia global de los procesos utilizados los la subrama de resinas sintéticas en base a la relación insumo-producto con respecto a los mejores procesos internacionales presentados por SRIC en el PEP YEARBOOK.

¹ Secretaría de Energía. Anuario petroquímico 2001. p. 19



Este trabajo está conformado por cuatro capítulos. El primer capítulo presenta los aspectos generales de la industria petroquímica. En primer lugar se explica los procesos para extraer petroquímicos a partir del petróleo y del gas natural, después se presenta una breve historia de la petroquímica mexicana en la cual se muestra la evolución de la lista oficial de petroquímicos y finalmente la estructura del sector público.

El segundo capítulo presenta las subramas de la industria petroquímica, para cada una se presenta su definición, los productos principales y sus usos, también se presenta la evolución de la producción, importaciones, exportaciones y del consumo aparente a partir de los años 90's, así como un análisis de su comportamiento. Finalmente se analiza la producción, capacidad instalada y el grado de utilización de ésta en el año 2001.

El tercer capítulo muestra el panorama internacional de la industria petroquímica, incorpora una breve historia, la situación actual de los petroquímicos primarios y de las subramas de la industria petroquímica a nivel mundial y finaliza con un apartado que muestra los proyectos para el incremento de la capacidad instalada en el mundo.

El capítulo cuatro muestra el análisis y determinación de la eficiencia global para los procesos utilizados en México para fabricar resinas ABS, cloruro de polivinilo, fenólicas, PET grado botella, poliéster, poliestireno (incluyendo impacto y expandible), polietileno de alta y baja densidad, polipropileno, polibutadieno, poliuretano flexible y resinas SAN. Al respecto, en primer lugar se aborda la definición de insumo, producto, eficiencia y relación insumo-producto. Posteriormente para cada una de las resinas se muestra su perfil químico-tecnológico en el cual se incluyen sus principales propiedades, usos, producción, capacidad instalada, toxicidad y contaminación. Después se muestran los procesos internacionales reportados en el PEP YEARBOOK en cual incluye una breve descripción del proceso y su relación insumo-producto. Luego se presenta una tabla en donde se resumen las relaciones insumo-producto de los procesos de PEP YEARBOOK y las relaciones insumo-producto de los procesos utilizados en la industria mexicana. Finalmente se muestra la gráfica comparativa de las relaciones insumo-producto.

Luego de estos cuatro capítulos se presentan los principales resultados algunas reflexiones finales y las conclusiones, posteriormente se presentan los anexos. En el primero se presenta el diagrama de la integración de la industria petroquímica, en donde se puede observar las transformaciones que sufren los petroquímicos desde su origen hasta que llegar a su uso final. El segundo muestra una lista de las empresas que conforman la industria petroquímica mexicana agrupadas por subramas, el tercero presenta las generalidades de los plásticos, el cuarto presenta como se obtienen los polímeros, el acabado la forma final de los plásticos y finalmente el último presenta los datos utilizados en la evolución de las subramas.

El análisis de cada subrama se obtuvo con los datos de los indicadores operativos de la industria petroquímica contenido en los anuarios petroquímicos de 1989 al 2001, de los cuales se utilizaron los datos de producción, importaciones y exportaciones. Los datos del capítulo internacional se obtuvieron del Anuario Petroquímico 2001 de la SENER y del documento Panorama y Perspectivas Internacionales de la Industria Petroquímica de la SENER.

Para la elaboración de las evoluciones se tomaron los datos a partir de 1989 debido a que los datos contenidos en los anuarios petroquímicos de años anteriores tienen una clasificación diferente en la subramas, es decir, están agrupados de diferente manera.

En la determinación de la eficiencia para los procesos utilizados para fabricar resinas sintéticas sólo se hizo para trece tipos de resinas debido a que no fue posible obtener información internacional disponible para las demás tipos e resinas que pudiera tomarse como referencia.

Bajo estos criterios, el presente trabajo muestra los principales factores que han afectado a la industria petroquímica mexicana en base a la evolución de las subramas, a las reestructuraciones que ha sufrido a través de la historia y a algunos factores internacionales.

1

CAPÍTULO 1

ASPECTOS GENERALES DE LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA

1.1 EL PETRÓLEO Y SUS DIFERENTES FRACCIONES

El petróleo recién extraído de los pozos no sirve como energético debido a que requiere de altas temperaturas para arder, en consecuencia para aprovecharlo es necesario separarlo en diferentes fracciones, esta separación se efectúa en las refineries petroleras.

“El petróleo es una mezcla de hidrocarburos, es decir, compuestos que contienen en su estructura molecular carbono e hidrógeno principalmente”¹

El número de átomos de carbono y su arreglo dentro de las moléculas dan al petróleo diferentes propiedades físicas y químicas. Por ejemplo los hidrocarburos de uno a cuatro átomos de carbono son gaseosos, los que se componen de cinco a veinte son líquidos y los de más de veinte son sólidos a temperatura ambiente.

“La refinación es el conjunto de una serie de procesos físicos y químicos a los que se somete el petróleo crudo, la materia prima, para obtener de él, por destilación, los diversos hidrocarburos con propiedades químicas y físicas bien definidas.

¹ Chow, P. Susana. “Petroquímica y sociedad”. F.C.E. (1998). p.p. 29,30.

Aspectos generales de la industria petroquímica

Es por la aplicación de estos procesos como la refinación puede poner a disposición del consumidor un amplia gama de productos comerciales:

- a. Energéticos: combustibles específicos para el transporte, la agricultura, la industria, generación de corriente eléctrica para uso doméstico, entre otros.
- b. Productos especiales: lubricantes, parafinas, asfaltos, grasas para vehículos, construcción y uso industrial.
- c. Materias primas para la industria petroquímica básica².

A continuación se describen brevemente los procesos a los que es sometido el crudo para su aprovechamiento.

1.1.1 Proceso de destilación del crudo

La separación de los compuestos del petróleo en torres de destilación se realiza por diferencia de volatilidades que tienen unos con otros. A cada una de las familias de hidrocarburos que se separan del petróleo se le llama fracción del petróleo. El diagrama 1.1 muestra los productos derivados de la destilación del petróleo crudo.

La primera fracción, que es la más volátil, es el metano y homólogos superiores que se asemejan al gas natural. El metano puede ser separado de los alcanos superiores propano y butano. Estos últimos alcanos constituyen el gas propano licuado (GLP) y pueden emplearse como petroquímicos primarios o como combustible.

La segunda y tercera fracción son respectivamente la nafta ligera o gasolina y nafta pesada. La nafta contiene compuestos como ciclohexano, metilciclohexano y dimetilciclohexano.

La cuarta fracción es el queroseno, éste se utiliza como combustible para tractores, para aviones de propulsión a chorro y calefacción doméstica, además se puede emplear como disolvente.

La quinta fracción es el gasóleo que puede refinarse para obtener combustible diesel y aceite combustible ligero. Finalmente el aceite residual, que se destila a más de 350 °C, contiene los hidrocarburos menos volátiles junto con asfaltos y otros alquitranes.

El aceite residual de la destilación del petróleo es sometido a una nueva destilación a alto vacío para separar los componentes menos volátiles. En esta torre de alto vacío sólo se obtienen dos fracciones, una de destilados que contienen aceites lubricantes y parafinas, y el residuo que sólo contienen los asfaltos y el combustóleo pesado.

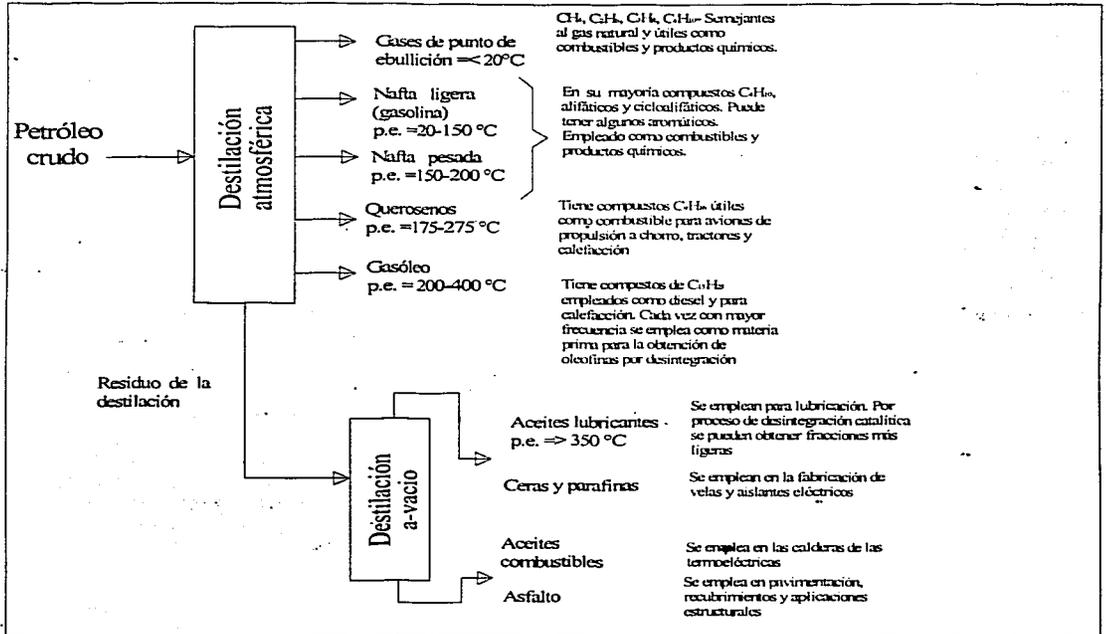
“Los productos de la destilación a alto vacío que se destinan a lubricantes se someten a procesos adicionales como la extracción con furfural y desparafinación con metil-etil-

² Petróleos Mexicanos. “El petróleo”. (1998). p.39.

cetona. Al final se obtiene de ellos lubricantes básicos, que con diferentes aditivos forman los lubricantes y parafinas que existen en el mercado

Los destilados que por sus características no se destinan a lubricantes, se desintegran catalíticamente para convertirse en productos comerciales: gas licuado, gasolina de alto octano y combustible diesel.”³

Diagrama 1.1. Refinación del petróleo crudo y sus diferentes fracciones



Fuente: Elaboración propia con base en datos de Wittcoff, A. et.al. "Productos químicos industriales". Vol. 1.

³ Ibídem. p. 44.

Limusa.(1994) y Chow, P. Susana. "Petroquímica y sociedad".F.C.E. (1998).

1.1.2 Proceso de desintegración

Este proceso se basa en romper las cadenas de compuestos de gran número de carbonos, para obtener moléculas más chicas, cuyo número de carbono sea de cinco a nueve.

"Los procesos de desintegración son dos: desintegración térmica y desintegración catalítica".⁴

La térmica emplea básicamente presiones y temperaturas altas para romper las moléculas, de igual manera la catalítica utiliza las mismas temperaturas y presiones para el mismo fin, sin embargo éstas son menores que en el caso anterior gracias a ciertos compuestos químicos llamados catalizadores. Estos últimos permiten que el proceso trabaje a temperaturas y presiones, además de aumentar la velocidad de reacción.

La nafta puede someterse a procesos de desintegración para obtener oleofinas de bajo peso molecular y en especial cuando se carece de naftas ligeras.

1.1.3 Procesos de purificación

Estos procesos eliminan, de los productos que se obtienen por destilación o por desintegración, compuestos que les causan propiedades inconvenientes. Los principales contaminantes que se eliminan son los compuestos derivados del azufre.

1.2 OBTENCIÓN DE PETROQUÍMICOS DEL GAS NATURAL

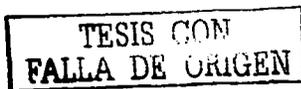
El gas natural se obtiene principalmente de baterías de separación, está constituido por metano con proporciones variables de otros hidrocarburos (etano, propano, butanos, pentanos y gasolina natural) y de varios contaminantes. "Representa aproximadamente el 47 % de los combustibles utilizados en el país y el 72 % de nuestra petroquímica se deriva del metano y etano contenido en el gas, de ahí la importancia de este recurso como energético y como petroquímico"⁵.

En el diagrama 1.2 se muestra el procesamiento del gas natural el cual consiste principalmente en:

- Eliminar los compuestos ácidos (H₂S y CO₂) mediante el uso de tecnologías que se basan en sistemas de absorción-agotamiento utilizando un solvente selectivo. El proceso se conoce generalmente como "endulzamiento".

⁴ Chow, P- Susana.op.cit. p.4

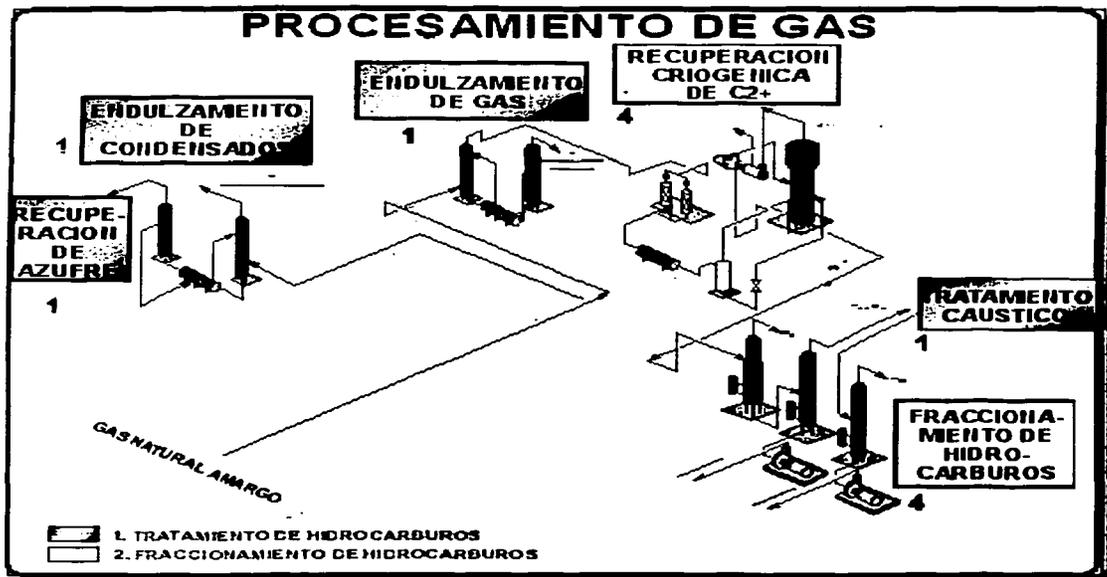
⁵ <http://www.imp.mx/petroleo/apuntes/gas>



- Recuperar el etano e hidrocarburos licuables mediante procesos criogénicos, previo proceso de deshidratación para evitar la formación de sólidos.
- Recuperar el azufre de los gases ácidos que se generan durante el proceso de endulzamiento.
- Fraccionar los hidrocarburos líquidos recuperados, obteniendo corrientes ricas en etano, propano, butanos y gasolina; en ocasiones también resulta conveniente separar el isobutano del n-butano para usos muy específicos.

A partir del gas natural se produce el gas de síntesis, éste permite la producción a gran escala de hidrógeno que se utiliza para producir amoníaco y también el metanol que es la materia prima en la producción de metil-terbutil-éter, entre otros compuestos.

Diagrama 1.2. Obtención del gas natural



Fuente: <http://www.imp.mx/petroleo/apuntes>

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.3 LA PETROQUÍMICA

“La petroquímica comprende la elaboración de todos aquellos productos químicos que se derivan de los hidrocarburos del petróleo y el gas natural. La importancia de la petroquímica estriba en su capacidad para producir grandes volúmenes de productos a partir de materias primas abundantes y a bajo precio”⁶. El término excluye a los hidrocarburos combustibles, lubricantes, ceras y asfaltos.

Los petroquímicos no son considerados como un tipo o clase particular de productos químicos, debido a que muchos de ellos son y continúan siendo fabricados con otras materias primas. Ejemplos de ellos son el benceno, el metanol y el acetileno, ya que pueden producirse también a partir del carbón de hulla. El glicerol se obtiene de las grasas, el etanol por fermentación de la caña de azúcar y el azufre de los depósitos minerales. Sin embargo, todos ellos también se producen a partir del petróleo y en grandes volúmenes.

La mayoría de los compuestos petroquímicos son orgánicos, aunque también hay varios productos inorgánicos que se producen en grandes cantidades a partir del petróleo, como lo son el amoniaco y el negro de humo.

1.3.1 Breve historia de la industria petroquímica mexicana

La industria petroquímica surgió en los inicios de la década del 50, con la instalación de pequeñas plantas, las cuales tenían el propósito de sustituir importaciones de formaldehído, resinas plásticas y amoniaco. En 1951 en Poza Rica comenzó a trabajar una planta de tratamiento de gas amargo, de él se extraía ácido sulfúrico para recuperar de éste el azufre puro. La planta cumplía también con la función de quitarle al gas las impurezas que impedían su aprovechamiento. Esta planta y una de amoniaco representan los primeros esfuerzos de la petroquímica básica en México.

El primer periodo, considerado el despegue de la industria petroquímica abarca de 1965 a 1975. “Este periodo se caracterizó por una estrategia de sustitución de importaciones, a través de una protección industrial elevada. Asimismo, la construcción de plantas se orientó a satisfacer el mercado interno. La producción total de petroquímicos aumentó considerablemente, al pasar de 0.3 por ciento del PIB en 1965 a 0.5 por ciento en 1975.”⁷

Durante el periodo de 1976 a 1985 la industria petroquímica creció aceleradamente debido a las inversiones públicas y privadas. A finales de los años setenta, el gobierno anunció una política para acelerar el desarrollo de la industria: promover la descentralización y las exportaciones. También se impulsó a la industria petroquímica básica, a partir de los planes de expansión de Petróleos Mexicanos en Coatzacoalcos, Lázaro Cárdenas, Salina Cruz y Ciudad Madero.

⁶ Chow P., Susana. op. cit. p.p. 55,58.

⁷ SENER, “Programa de desarrollo de la industria petroquímica mexicana 1997-2000. Diagnósticos y lineamientos.”. p.63.

En el mismo periodo se construyeron las primeras plantas de escala mundial. Destacando la de etileno en Cangrejera, con una capacidad nominal de 500 mil toneladas al año, para sustituir importaciones y fomentar exportaciones de esta industria. A finales de los setentas aparecieron algunas limitaciones estructurales en la industria como, eslabonamientos incompletos, desarrollo tecnológico limitado, economías de escala insuficiente e infraestructura inadecuada.

Hasta 1983, los petroquímicos básicos se colocaron en el mercado interno a precios menores a los vigentes en el mercado y no se consideró prioritario racionalizar los costos de producción ni obtener utilidades de las plantas petroquímicas. La contabilidad de costos se manejaba en conjunto con las demás actividades de Pemex. "La contribución de la industria petroquímica al PIB se elevó a 0.7 por ciento en 1985 y a 1.2 por ciento en los primeros años de la década de los noventa"⁸.

En 1986, Pemex dejó de importar y distribuir con subsidios a las empresas privadas que fabricaban los petroquímicos básicos que él no producía o elaboraba en forma insuficiente. Además en el mismo año, la lista de productos básicos se redujo a 34, y tres más tarde a 20 productos, y a 8 durante 1992.

Con el término del auge petrolero en 1992, algunos objetivos de Pemex no se alcanzaron por completo. Sin embargo esto repercutió positivamente tanto en la industria petroquímica mexicana como en la canadiense gracias a la transferencia de parte de las rentas obtenidas por la extracción, estos aumentos darían a los productores de ambos países ventajas para la elaboración de petroquímicos.

De 1993 a 1995, se realizaron cambios estructurales importantes en la industria, entre los que se destaca la aplicación de una política de precios internos basada en los costos de oportunidad internacionales. Pemex se reestructuró a través de la creación de cuatro organismos subsidiarios de acuerdo a las principales líneas de negocios de la entidad. También eliminó la restricción que limitaba la participación de la inversión extranjera en la petroquímica secundaria. Cabe destacar que durante 1993 la producción se redujo dos por ciento con respecto al periodo de 1989 a 1992, cuyo crecimiento promedio fue del 4.1 por ciento anual, esto como consecuencia de una actividad económica débil, tanto nacional como internacional, que disminuyó la demanda de productos petroquímicos.

En octubre de 1996 se implementó la *Nueva Estrategia* para la industria petroquímica, y se reformó la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo, "en el que se define los productos básicos cuya elaboración, transporte, almacenamiento, distribución y venta de primera mano corresponden a la Nación a través de Pemex. Estos productos son: etano, propano, butano, pentano, hexano, heptano, materia prima para negro de humo, naftas y metano (cuando provenga de hidrocarburos de hidrógeno, obtenidos de yacimientos ubicados en territorio nacional y se utilice como materia prima en procesos industriales petroquímicos). Todos los demás productos se consideran no básicos y no requieren de permiso para su elaboración"⁹. El cuadro 1.1 muestra la evolución de la lista

⁸ Ibidem. p.63

⁹ Ibidem. p.65.

Aspectos generales de la industria petroquímica

de petroquímicos básicos de 1960 a 1996. Esta última reclasificación de la industria petroquímica tuvo como objetivo adecuar esta rama industrial a los cambios tecnológicos y estructurales registrados a nivel mundial. Asimismo, permitió a Pemex proveer los productos básicos con mayor eficacia, oportunidad y competitividad.

Cuadro 1.1 Evolución de la lista oficial de petroquímicos básicos

Fecha de publicación en el Diario Oficial de la Federación

N°	9 abril 1960	13 octubre 1986	15 agosto 1989	17 agosto 1992	13 noviembre 1996
1		acetaldehído			
2		acetonitrilo			
3		acrilonitrilo			
4		alfa olefinas			
5	amoníaco	amoníaco	amoníaco		
6	benceno	benceno	benceno		
7	dicloro etileno	butadieno	butadieno		
8	butadieno	ciclohexano		butanos	butanos
9	cloruro de etilo	cloruro de vinilo			
10	cumeno	cumeno			
11		dicloroetano			
12	dodécilbenceno	dodécilbenceno	dodécilbenceno		
13		estireno			
14		etano	etano	etano	etano
15		etil benceno			
16	etileno	etileno	etileno		
17	estireno				
18		heptano	heptano	heptano	heptano
19		hexano	hexano	hexano	hexano
20	isopropanol	isopropanol			
21		materia prima, negro de humo			
22	metanol	metanol	metanol		metano
23		metilterbutil éter	metilterbutil éter	naftas	naftas
24		N-parafinas	N-parafinas		
25		olefinas internas			
26		orto-xileno	orto-xileno		
27		para-xileno	para-xileno		
28		pentanos	pentanos	pentanos	pentanos
29	polietileno de alta densidad	polietileno de alta densidad			
30	polietileno de baja densidad	polietileno de baja densidad			
31	propileno	propileno	propileno	propano	propano
32	polipropileno	tetrametro de propileno	tetrametro de propileno		
33		metilteramil éter	metilteramil éter		
34	tolueno	tolueno	tolueno		
35	xilenos	xilenos	xilenos		
TOTAL	17	34	20	8	9

Fuente: Memorias del Seminario "El Sector Energético" de la Maestría en Administración y Economía de los hidrocarburos. ESIA del Instituto Politécnico Nacional, 1996. (citado por Chow P., Susana. op. cit. p.p.173-174.)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.3.2 Obtención de las materias primas básicas petroquímicas

La industria petroquímica utiliza materias primas básicas como las oleofinas y los aromáticos, que se obtienen del gas natural y de los productos de refinación del petróleo, para producir el etileno, propileno, butilenos, algunos pentanos, y el benceno, el tolueno y los xilenos como hidrocarburos aromáticos. Sin embargo la fabricación de gasolina de alto octano ocasiona una escasa disponibilidad de éstos, la cual obliga a la industria a usar procesos especiales para producirlos.

Por lo tanto, si se desea producir petroquímicos a partir de los hidrocarburos vírgenes contenidos en el petróleo, se necesita someterlos a una serie de reacciones en tres etapas:

“1. Transformar los hidrocarburos vírgenes en productos con una reactividad química más elevada, como por ejemplo el etano, propano, butanos, pentanos, hexanos, entre otros, que son las parafinas que contiene el petróleo, y convertirlos a etileno, propileno, butilenos, butadieno, isopreno, y a los aromáticos ya mencionados.

2. Incorporar a las oleofinas y a los aromáticos obtenidos en la primera etapa otros heteroátomos: tales como el cloro, el oxígeno, el nitrógeno, obteniéndose así productos intermedios de segunda generación. Es el caso del etileno, que al reaccionar con oxígeno produce acetaldehído y ácido acético.

3. Efectuar en esta etapa las operaciones finales que forman los productos de consumo. Para ello se precisan las formaciones particulares de modo que sus propiedades correspondan a los usos que prevén”.¹⁰

Algunos ejemplos de la tercera etapa son los poliuretanos, ya que dependiendo de las formulaciones específicas, pueden utilizarse para hacer colchones de cama, salvavidas, o corazones artificiales. Las resinas acrílicas pueden servir para hacer alfombras y plafones.

Existen otros productos que se consideran petroquímicos básicos sin ser hidrocarburos, como el negro de humo y el azufre. Éstos se pueden obtener del petróleo.

1.3.3 Estructura de sector público

La participación de Pemex en la industria petroquímica mexicana es muy importante desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo. Pemex cuenta con una capacidad instalada y una producción muy significativa de materias primas derivadas del gas natural y del petróleo, que produce junto con otros insumos que se importan, y que son la base para fabricar una gran variedad de productos petroquímicos intermedios.

¹⁰ Chow, P. Susana. op cit p.p. 55-56

1. Pemex petroquímica

“El 16 de julio de 1992 se constituyó Pemex petroquímica, con la misión de producir, almacenar, comercializar y distribuir los derivados de la industria petroquímica, a fin de maximizar el valor económico de largo plazo y fortalecer la industria petrolera integrada. Para la distribución, almacenamiento y distribución de sus productos Pemex cuenta con la siguiente infraestructura: setenta plantas distribuidas en diez complejos petroquímicos, catorce terminales de almacenamiento, una terminal marítima y un centro embarcador, que se localiza principalmente en el estado de Veracruz y en las ciudades de Camargo, Reynosa, Salamanca, San Martín Texmelucan (Independencia), Tula y Poza Rica (Escolín)”.¹¹

Algunos de los productos que Pemex petroquímica comercializa son:

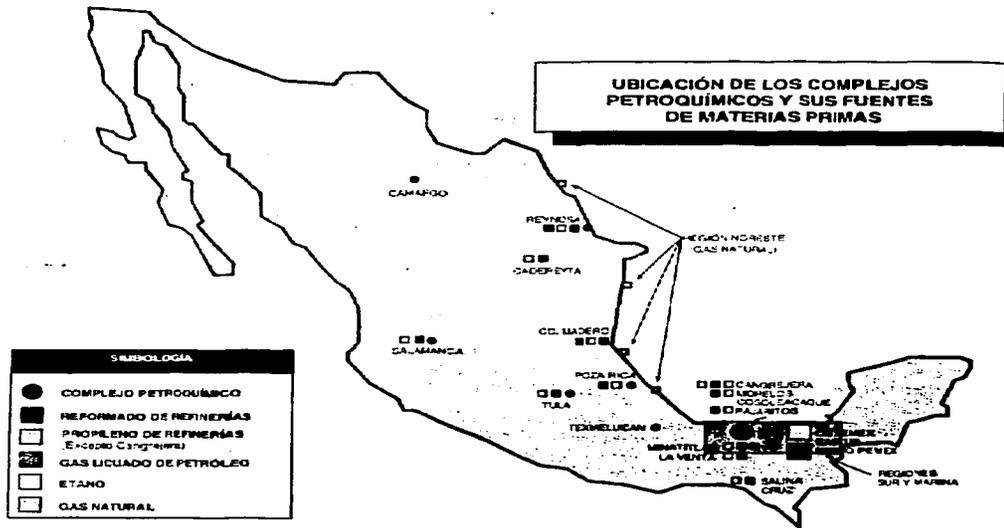
- Derivados del metano: amoníaco, bióxido de carbono y metanol.
- Derivados del etano: Acetaldehído, cloruro de vinilo, dicloroetano, etileno, etilenglicol, polietilenos y óxido de etileno.
- Derivados del propano/propileno: ácido cianhídrico, acrilonitrilo, propileno y polipropileno.
- Aromáticos: aromina 100, benceno, ciclohexano, cumeno, estireno, etilbenceno, paraxileno, tolueno y xilenos.
- Otros: ceras ácido clorhídrico y muriático, butanos-butadieno, entre otros.

¹¹ SENER. op cit. p.67

2. Complejos petroquímicos

Todos los complejos se encuentran en operación . Así mismo, su consumo de materia prima y de energía para a elaboración de producto final, en muchos casos esta por encima de los estándares internacionales. La ubicación de los complejos se muestra en la figura 1.1.

La figura 1.1 Ubicación de los complejos de Pemex petroquímica .



Fuente: SENER . "Programa de desarrollo de la industria petroquímica mexicana 1997-2000, Diagnósticos y Lineamientos"

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Petroquímica Cosoleacaque, S.A. de C.V.

Este complejo se ubica en la región sureste del país, muy cerca de la Ciudad de Minatitlán, Veracruz, a 15 kilómetros del puerto de Coatzacoalcos. "Se integra por 5 plantas de amoníaco con una capacidad instalada conjunta de 2.296 millones de toneladas por años. Forma parte de sus instalaciones también las plantas de paraxileno e hidrógeno"¹².

La tecnología empleada para construir las siete plantas que integran el complejo Cosoleacaque se muestran en el cuadro 1.2.

Cuadro 1.2. Tecnología utilizadas en Coseleacaque

PLANTA	DISEÑO (MTA)	TECNOLOGÍA	ARRANQUE
Amoniaco 3	300.0	Kellog	1974
Amoniaco 4	499.0	Kellog	1977
Amoniaco 5	499.0	Kellog	1978
Amoniaco 6	499.0	Kellog	1981
Amoniaco 7	499.0	Kellog	1981
Paraxileno	40.0	Chevron	1973
Hidrógeno	16.2	Fluor	1982

Fuente: Programa de desarrollo de la industria petroquímica mexicana 1997-2000. Diagnósticos y lineamientos. SENER.

Petroquímica Escolín, S.A de C.V.

Está situada al noreste del estado de Veracruz, a cuatro kilómetros de la ciudad de Poza Rica. En este complejo operan tres plantas, una para etileno, que se consume como materia prima, dos de polietileno de alta densidad (PEAD) y baja densidad (PEBD), las cuales "cuentan con una capacidad instalada conjunta de 337 mil toneladas anuales".¹³

Este complejo cuenta con el más moderno laboratorio de control químico para llevar a cabo un estricto control de calidad. El etano utilizado como materia prima para la producción de etileno se surte por medio de tuberías del centro procesador de gas en Poza Rica.

En la construcción de las tres plantas que forman el complejo de Escolín, se implementó la tecnología de las empresas que se muestran en el cuadro 1.3.

¹² Ibidem. p.76.

¹³ Ibidem. p.78.

Cuadro 1.3. Tecnologías utilizadas en Escolín

PLANTA	DISEÑO (MTA)	TECNOLOGÍA	ARRANQUE
Etileno	182.0	Lummus	1978
PEAD	100.0	Ashia Chemical	1978
PEBD	55.0	Imperial Chemical	1971

Fuente: Programa de desarrollo de la industria petroquímica mexicana 1997-2000. Diagnósticos y lineamientos. SENER.

Petroquímica Tula S.A. de C.V.

Este complejo está ubicado en el estado de Hidalgo, a 82 kilómetros de la Ciudad de México. Produce acrilonitrilo y ácido cianhídrico como producto secundario.

El complejo arrancó en 1979 y el cuadro 1.4 muestra la tecnología que se empleó para su construcción.

Cuadro 1.4. Tecnología utilizada en Tula

PLANTA	DISEÑO (MTA)	TECNOLOGÍA	ARRANQUE
Acrlonitrilo	50.0	Sohio	1979

Fuente: Programa de desarrollo de la industria petroquímica mexicana 1997-2000. Diagnósticos y lineamientos. SENER.

Petroquímica Camargo, S.A. de C.V.

Este complejo se localiza a cuatro kilómetros al sur de la ciudad Camargo en Chihuahua. Cuenta con una planta para producir 132 mil toneladas por año de amoniaco, obteniéndose anhídrido carbónico como producto secundario.

La tecnología empleada para su construcción se muestra en el cuadro 1.5.

Cuadro 1.5. Tecnología utilizada en Camargo

PLANTA	DISEÑO (MTA)	TECNOLOGÍA	ARRANQUE
Amoniaco	132.0	Chemico	1967

Fuente: Programa de desarrollo de la industria petroquímica mexicana 1997-2000. Diagnósticos y lineamientos. SENER

Aspectos generales de la industria petroquímica

Petroquímica Cangrejera, S.A. de C.V.

Este complejo se localiza en el kilómetro 10 de la carretera Coatzacoalcos-Villahermosa. "El complejo comprende un total de 14 plantas. Su producción total asciende a tres millones de toneladas por año de petroquímicos como etileno, óxido de etileno, acetaldehído, polietileno de baja densidad, estireno, cumeno y productos aromáticos."¹⁴

El cuadro 1.6 muestra las tecnologías utilizadas para la integración y construcción de las plantas integrantes de este complejo.

Cuadro 1.6. Tecnologías utilizadas en Cangrejera

PLANTA	DISEÑO (MTA)	TECNOLOGÍA	ARRANQUE
Oxígeno	200.0	Linde AG	1980
Acetaldehído	100.0	Hoechst	1981
Óxido de etileno	100.0	Scientific Design	1981
Cumeno	40.0	UOP	1981
Tren de aromáticos:			
Reformadora BTX	1110.0	EXXON	1982
Benceno	271.2	Fluor & Constructor Co.	1982
Tolueno	354.0	Fluor & Constructor Co.	1982
Ortoxileno	55.0	Fluor & Constructor Co.	1982
Paraxileno	240.0	Chevron	1982
Transformación de aromáticos U-60		Le Place Consultants	1982
Transformación de aromáticos U-70		ARCO	1983
Transformación de aromáticos U-80		HRI	1983
Transformación de aromáticos U-90		HRI	1986
Etileno	500.0	Lummus	1984
PEBD	240.0	ICI	1984
Estireno	150.0	Lummus	1984

Fuente: Programa de desarrollo de la industria petroquímica mexicana 1997-2000. Diagnósticos y lineamientos. SENER.

¹⁴ Ibidem. p.85.

Petroquímica Morelos, S.A. de C.V.

Este complejo se encuentra ubicado al sur del estado de Veracruz y cuenta con una capacidad instalada total de 1,935 miles de toneladas.

Las empresas que compran productos de Petroquímica Morelos fabrican productos intermedios y resinas.

El cuadro 1.7 muestra las tecnologías usadas para la construcción de este complejo.

Cuadro 1.7, tecnologías utilizadas en Morelos

PLANTA	DISEÑO (MTA)	TECNOLOGÍA	ARRANQUE
Oxígeno	350.0	Linde A.G./Santalo	1988
Oxido de etileno/	335.0	Scientific	1988
Glicoles		Desing/Biconsa	
Etileno	500.0	Lummus/IMP	1989
PEAD	100.0	Asahi	1989
Acetaldehído	150.0	Waker-	1990
		Hoechst/UHDE-	
		GMBH/IPM	
Polipropileno	100.0	Mitsui	1991
		Petrochemical/Mitsui	
Acrilnitrilo	50.0	B.P. Chemical-Sohio	1991
		Niigata	
Propileno	350.0	Houdry Air Products-	1994
		Lummus/Biconsa	

Fuente: Programa de desarrollo de la industria petroquímica mexicana 1997-2000. Diagnósticos y lineamientos. SENER.

Aspectos generales de la industria petroquímica

Petroquímica Pajaritos, S.A. de C.V.

Este complejo fue el primero integrado y construido en México. Está ubicado al sur de la ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz. Las tecnologías empleadas en este complejo se muestran en el cuadro 1.8.

Cuadro 1.8. Tecnologías utilizadas en Pajaritos

PLANTA	DISEÑO (MTA)	TECNOLOGÍA	ARRANQUE
Dicloroetano I	41.0	Shell	1967
Acetaldehído	44.0	Friedrich Uhde GMBH	1968
Óxido de etileno	28.0	Scientific Desing	1972
Etileno	181.5	Lummus	1972
Dicloroetano II	43.0	Lummus	1993
Cloruro de vinilo II	70.0	Monsanto	1973
Dicloroetano III	130.0	B.F. Goobrich	1982
Cloruro de vinilo III	200.0	B.F. Goobrich	1982
Oxicloración	220.0	B.F. Goobrich	1982
Percloroetileno	32.0	Vulcan	1987
Étil metilterbutílico	57.0	C.D. Tech	1991

Fuente: Programa de desarrollo de la industria petroquímica mexicana 1997-2000. Diagnósticos y lineamientos. SENER.

Complejo Petroquímico Independencia

Se encuentra en el municipio de San Martín Texmelucan, Puebla. "Está integrada por dos plantas de metanol, una de especialidades petroquímicas, una de polímero petroquímico y otra de acrilonitrilo."¹⁵

Las tecnologías usadas para su construcción se muestran en el cuadro 1.9.

Cuadro 1.9. Tecnologías utilizadas en CPI

PLANTA	DISEÑO (MTA)	TECNOLOGÍA	ARRANQUE
Metanol I	21.5	Lummus	1969
Metanol II	150.0	Lurgi	1978
Polímero	116.6	IMP	1985
petroquímico			
Especialidades	4.2	IMP	1972
petroquímicas			
Acrlonitrilo	50.0	Sohio-Niigata	1989

Fuente: Programa de desarrollo de la industria petroquímica mexicana 1997-2000. Diagnósticos y lineamientos. SENER.

Unidad Petroquímica Reynosa

Esta localizada en la ciudad de Reynosa, Tamaulipas. La planta de etileno se localiza dentro de las instalaciones del Complejo Procesador de Gas Reynosa, de Pemex Gas y Petroquímica Básica.

Las tecnologías empleadas en estas plantas se muestran en el cuadro 1.10.

Cuadro 1.10. Tecnologías utilizadas en UPR

PLANTA	DISEÑO (MTA)	TECNOLOGÍA	ARRANQUE
Etileno	30.0	ABB/Lummus	1966
PEBD	18.0	ICI	1966

Fuente: Programa de desarrollo de la industria petroquímica mexicana 1997-2000. Diagnósticos y lineamientos, SENER.

¹⁵ Ibidem. p.94.

Aspectos generales de la industria petroquímica

Unidad Petroquímica Salamanca

Está situada dentro de la refinería Ing. Antonio M. Amor, en la ciudad de Salamanca, Guanajuato. En esta unidad se producen los petroquímicos amoniaco-anhidro-y-alcóhol-isopropílico.

La tecnología empleada en esta unidad se muestran en el cuadro 1.11.

Cuadro 1.11. Tecnologías utilizadas en Salamanca

PLANTA	DISEÑO (MTA)	TECNOLOGÍA	ARRANQUE
Isopropanol	15.0	Tokuyama Soda Co. LTD	1969
Amoniaco II	300.0	M.W. Kellog	1978

Fuente: Programa de desarrollo de la industria petroquímica mexicana 1997-2000. Diagnósticos y lineamientos. SENER.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO 2

SUBRAMAS DE LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA MEXICANA

El comportamiento de la industria petroquímica mexicana es determinando por las políticas de explotación y procesamiento de los hidrocarburos, la definición de la participación del sector privado y los cambios del mercado global.

En este capítulo se presentan las subramas de la industria petroquímica mexicana, su definición, empresas que las conforman, algunos usos de los principales productos y las tendencias y ciclos de producción, importaciones, exportaciones y consumo durante el periodo de 1989 al 2001.

Las subramas de la industria petroquímica mexicana están agrupadas de la siguiente manera:

- Intermedios
- Fertilizantes nitrogenados
- Resinas sintéticas
- Fibras químicas
- Elastómeros y negro de humo
- Especialidades (adhesivos, aditivos para alimentos, agentes tensoactivos, colorantes, explosivos, farmoquímicos, hulequímicos, iniciadores y catalizadores, materia prima de aditivos para lubricantes y aditivos para combustible, plaguicidas, plastificantes, propelentes y refrigerantes y químicos aromáticos).

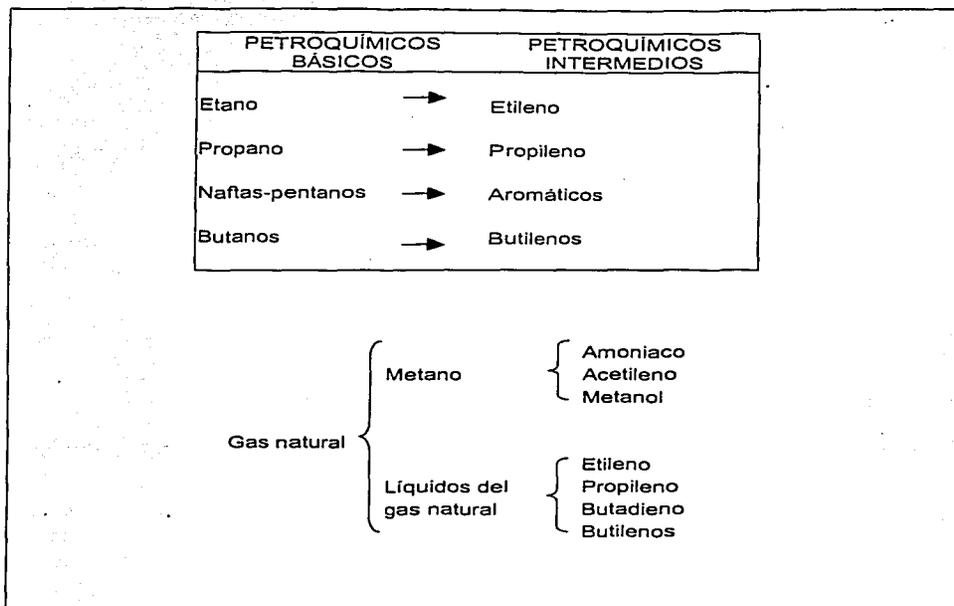
En el anexo A se muestra la integración de toda la industria petroquímica, donde partiendo desde la materia prima se observan las transformaciones que sufren éstas a través de la cadena productiva hasta llegar a el mercado final.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.1 INTERMEDIOS

La industria petroquímica intermedia está compuesta por una amplia gama de sustancias químicas derivadas de los productos petroquímicos básicos y del gas natural como se muestra en el cuadro 2.1, estos productos son a su vez utilizados como insumos para la elaboración de otros petroquímicos, incluidos los de uso final.

Cuadro 2.1 Origen de los petroquímicos intermedios



Fuente: Elaboración propia con base en información de Show P. Susana "Petroquímica y sociedad". F.C.E. (1998) y Anuario petroquímico 2001. SENER.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.1.1 Principales usos de algunos petroquímicos intermedios

A continuación se describen los petroquímicos secundarios derivados del metano, etileno, propileno, butenos, butadieno, benceno, tolueno, y paraxileno. Estos hidrocarburos son considerados como la base de casi toda la industria petroquímica.

PRODUCTOS DERIVADOS DEL METANO

El metano (CH_4) es el hidrocarburo que contiene más átomos de hidrógeno por átomo de carbono. Esta propiedad se utiliza para obtener de él hidrógeno que se utiliza para la fabricación de amoníaco y metanol.

Usos industriales del amoníaco

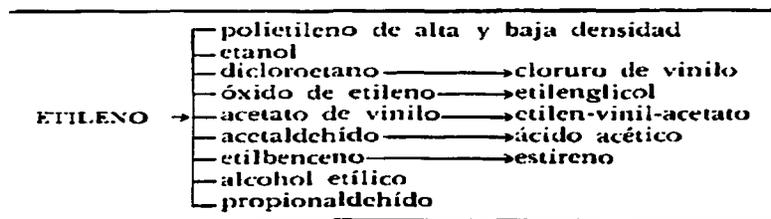
La mayor parte del amoníaco se utiliza para la fabricación de fertilizantes como el nitrato de amonio, sulfato de amonio, urea, fosfato de amonio y amoníaco disuelto en fertilizantes líquidos y sólidos. También se emplea para la fabricación de reactivos químicos como el ácido nítrico, acrilonitrilo y ácido cianhídrico, que se utilizan para hacer explosivos, plásticos, fibras sintéticas, papel, entre otros.

El bióxido de carbono es uno de los principales productos secundarios en la fabricación del amoníaco, este gas tiene muchas aplicaciones industriales. Por ejemplo, cuando es comprimido, se transforma en el hielo seco que se usa como refrigerante en los carritos de helados y paletas, además tiene una amplia aplicación en la fabricación de agua mineral y de bebidas gaseosas en general.

PRODUCTOS DERIVADOS DEL ETILENO

El etileno (C_2H_4) es una oleofina que se utiliza como materia prima para obtener una gran cantidad de productos petroquímicos.

Principales derivados del etileno¹⁶



¹⁶ Chow P., Susana. op. cit. p.77.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Óxido de etileno

El óxido de etileno como tal se sirve para madurar las frutas, como herbicida y como fumigante, y sus aplicaciones dentro de la petroquímica como materia prima son innumerables. También se utiliza para la producción de poliuretanos para hacer hule espuma rígido y flexible (el primero se usa para hacer empaques y el otro para colchones y cojines), adhesivos y selladores que se emplean para pegar toda clase de superficies como cartón, papel, piel, vidrio, aluminio, telas, entre otros.

Algunos de sus derivados son el etilenglicol, polietilenglicols, los éteres de glicol, las etanolaminas, y sus principales usos son los anticongelantes para los radiadores de autos, fibras de poliéster para prendas de vestir, polímeros usados en la manufactura de artículos moldeados, solventes y productos químicos para la industria textil.

Acetaldehído

Es un intermediario muy importante en la fabricación de ácido acético y del anhídrido acético. Estos productos tienen enormes usos industriales como agentes de acetilación para la obtención de ésteres.

Algunos de los ésteres derivados del ácido acético y los alcoholes apropiados son los llamados acetatos de metilo, etilo, propilo, isopropilo, isobutilo, amilo, isoamilo, n-octilo, feniletilo, etc. Estos productos tienen olor agradable y son usados como saborizantes y perfumes.

Los ésteres derivados del ácido acético sirven además como solventes para extraer penicilina y otros antibióticos. Igualmente se emplean como materia prima en la fabricación de pieles artificiales, tintas, cementos, películas fotográficas y fibras sintéticas como el acetato de celulosa y el acetato de vinilo.

Dicloroetano

El dicloroetano encuentra su aplicación en la fabricación de cloruro de vinilo que se usa en la elaboración de polímeros usados para cubrir los asientos de automóviles y muebles de oficina, tuberías, recubrimientos para papel y materiales de empaque, fibras textiles, entre otros. También se utiliza para fabricar solventes como el tricloroetileno, el percloroetileno y el metilcloroformo, que se usan para desengrasar metales y para el lavado en seco de la ropa.

Etilbenceno.

“El etilbenceno se usa casi exclusivamente para hacer estireno, que a su vez es la materia prima para hacer plásticos de poliestireno”.¹⁷

El poliestireno se usa para la fabricación de artículos para el hogar, como las cubiertas de los televisores, licuadoras, aspiradoras, secadores de pelo, radios, muebles, juguetes, vasos térmicos desechables, entre otros. También se emplea para empaques y materiales de construcción.

¹⁷ Ibidem. p. 81



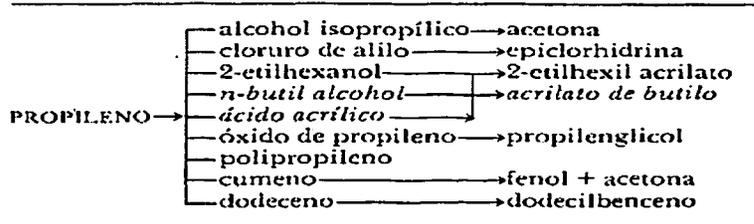
El estireno, al copolimerizarse con otros reactivos como el butadieno y el acrilonitrilo, se convierten en los hules sintéticos llamados SBR (hule estireno-butadieno), o las resinas ABS (acrilonitrilo-butadieno-estireno).

PRODUCTOS DERIVADOS DEL PROPILENO

“Los derivados del propileno se pueden clasificar según el propósito al que se destinen, uno en productos de refinería y segundo en productos químicos”.¹⁸

La segunda clasificación implica la producción de petroquímicos

Principales derivados del propileno¹⁹



Algunos usos de los derivados del propileno

Óxido de propileno

A continuación se mencionan algunas de las aplicaciones que tienen sus derivados.

Poliolios poliéster. Estos son la base de los poliuretanos.

Cuando su peso molecular es de 3 000 se utilizan para hacer poliuretanos flexibles que emplean la elaboración de cojines y colchones. Pero si éste se encuentra entre 300 y 1 200, el poliuretano que se obtiene es rígido como el que se usa para hacer salvavidas.

Propilenglicol. Este producto no es tóxico, por lo que se emplea como solvente en alimentos y cosméticos pero su principal aplicación industrial está en la fabricación de resinas poliéster. También se usa como anticongelante y para hacer fluidos hidráulicos.

¹⁸ Ibídem. p. 84

¹⁹ Ibídem. p. 85

Subramas de la industria petroquímica mexicana

Di y tripropilenglicol. El dipropilenglicol se usa para fabricar lubricantes, tanto hidráulicos como en la industria textil, además se utiliza como solvente, aditivo en alimentos y fabricación de jabones industriales.

El tripropilenglicol se usa en cosmetología para elaborar cremas de limpieza y es parte de la composición de algunos jabones textiles y lubricantes.

Polipropilenglicoles. Sus aplicaciones más importantes se encuentran en el terreno de los lubricantes de hule, y de máquinas, antiadherentes y fluidos hidráulicos.

Isopropilaminas. Se utiliza como emulsificantes en los cosméticos, y como jabones y detergentes.

Acrilonitrilo. Se usa principalmente para hacer fibras sintéticas, como materia prima para hacer el hule nitrilo, y los acrilatos, hexametilendiamina, la celulosa modificada y las acrilamidas. También se emplea para hacer resinas ABS y AS (acrilonitrilo-butadieno-estireno y acrilonitriloestireno). Asimismo los metacrilatos de metilo, etilo, y n-butilo sirven para hacer polímeros para las industrias de pinturas, textiles y recubrimientos.

La mayor parte del isopropanol se usa para hacer acetona, de igual manera en la fabricación de agua oxigenada que se encuentra en los tintes para el pelo y que además se emplea como desinfectante en medicina. Este alcohol también se emplea para hacer otros productos químicos tales como el acetato de isopropanol, isopropilamina, y propilato de aluminio.

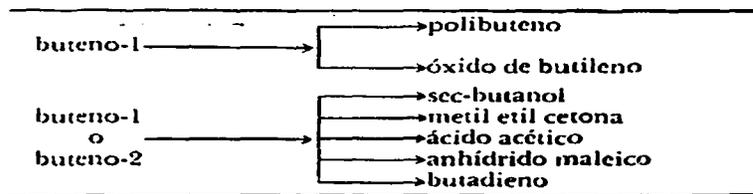
PRODUCTOS DERIVADOS DE LOS BUTILENOS

Principales usos de los butilenos

N-butenos.

"Los n-butenos están compuestos principalmente por el buteno-1 y el buteno-2. El uso más común de estas oleofinas es la fabricación de butadieno".²⁰

Principales usos del buteno-1 y buteno-2²¹



²⁰ Ibidem. p. 92

²¹ Ibidem. p. 92.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El buteno-1 se puede convertir a octeno-1, que sirve para hacer ortoxileno y paraxileno. Este último es la materia prima para producir el ácido tereftálico, que se emplea en la fabricación de fibras sintéticas.

Ácido acético

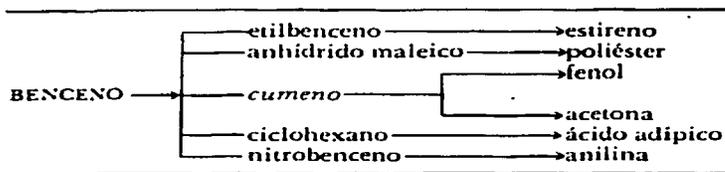
Se fabrica también a partir del acetaldehído derivado del etileno, se emplea para hacer anhídrido acético. Éste se utiliza principalmente para hacer las aspirinas y para fabricar el acetato de celulosa en la industria textil.

Anhídrido maleico

Sus principales usos son para fabricar poliésteres insaturados, ácido fumárico, insecticidas como el malatión, resinas alquídicas, también para modificar las propiedades de los plásticos pues se copolimeriza fácilmente con las oleofinas.

PRINCIPALES DERIVADOS DEL BENCENO

Principales derivados del benceno²²



Clorobenceno.

De él se produce anilina y otros intermediarios de la industria química como el cloronitrobenceno, bisfenilo, entre otros.

Ciclohexano.

Este producto se emplea principalmente para hacer caprolactama y ácido adípico, los cuales se utilizan para fabricar el nylon-6 y el nylon 6.6.

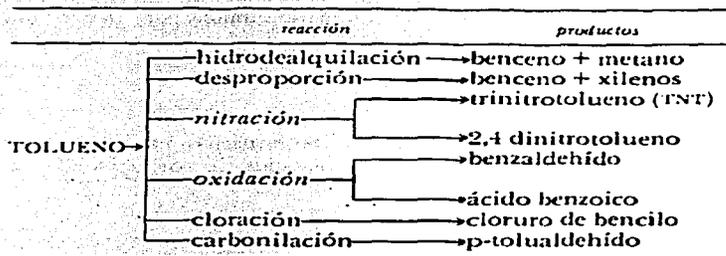
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

²² Ibidem. p.98.

PRINCIPALES DERIVADOS DEL TOLUENO

Los principales derivados del tolueno se muestran en el cuadro siguiente:

Principales derivados del tolueno²³



Ácido benzoico.

Este producto se usa para condimentar el tabaco, para hacer pastas dentífricas, como germicida en medicina y como intermediario en la fabricación de plastificantes y resinas.

PRINCIPALES DERIVADOS DE LOS XILENOS

Paraxileno

El principal derivado de p-xileno es el ácido tereftálico TPA, y el dimetil tereftalato DMT. La aplicación más importante del TPA y el DMT es la producción de tereftalato de polietileno utilizado principalmente en la industria textil.

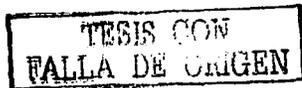
Ortoxileno.

Se usa principalmente en la producción del anhídrido ftálico, el cual se emplea en la producción de cloruro de polivinilo (PVC).

2.1.2 Empresas productoras de petroquímicos intermedios

En el anexo B se presentan las empresas tanto públicas como privadas que producen petroquímicos intermedios en México.

²³ Ibidem. p.99.

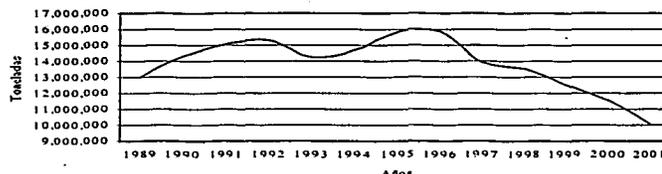


2.1.3 Evolución de la subrama intermedios

La producción muestra ciclos de crecimiento-decrecimiento, las fases de crecimiento son de 1989 a 1992 y de 1994 a 1996, y es en éste último donde se alcanza el máximo volumen de producción con 15,875,773 toneladas, es decir, un crecimiento de 22.2% con respecto a 1989. Las fases de decrecimiento son de 1992 a 1993 y de 1996 a 2001 en donde se presenta una drástica caída de la producción, alcanzando en este último año sólo el 77.8% de la producción observada en 1989 (ver gráfica 1). La tasa de crecimiento promedio anual (TCPA) de para todo el periodo en estudio es de -2.1%.

Esta subrama “durante el 2001 se vio afectada por contracción económica y alta competencia, la cual impactó negativamente. Problemas con los precios del gas natural, amoniaco, combustóleo y energía eléctrica y algunos insumos”.²⁴

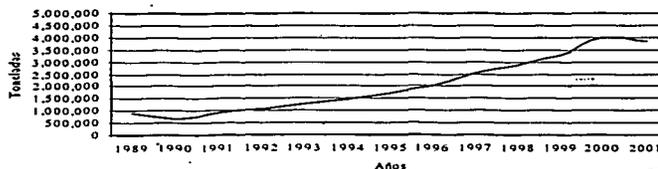
Gráfica 1. Volumen de producción de intermedios (toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

Las importaciones muestran una ligera caída de 1989 a 1990, sin embargo de 1990 y hasta el año 2000 se observa un crecimiento paulatino, y es precisamente en este último año se alcanza el máximo nivel de importaciones con 3,982,594 toneladas, para finalizar con una leve caída al año siguiente, donde las importaciones son 311.1% mayores respecto a 1989 (ver gráfica 2). La TCPA es del 12.5%.

Gráfica 2. Volumen de importaciones de intermedios (toneladas por año)



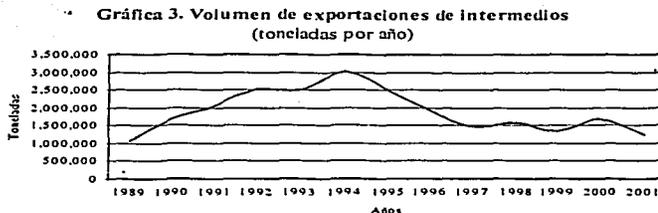
Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

²⁴ Secretaría de Energía. “Anuario Estadístico Petroquímica 2001”. P. 173

Las exportaciones presentan un gran dinamismo de 1989 a 1994 alcanzado en este periodo un crecimiento del 179.8% con respecto al año base, pero al año siguiente y hasta 1997 se observa un crecimiento negativo, y es en este último año donde se alcanza un nivel de 36.8% del observado en 1989 y finalmente se mantienen en niveles aproximadamente estables hasta el 2001 donde se llega a un nivel de exportaciones sólo del 14.2% mayor con respecto a 1989 (ver gráfica3). La TCPA es del 1.1%.

“Durante el 2001 las exportaciones de este sector se vieron afectadas por el tipo de cambio peso/dólar generando así menos ingreso”.²⁵



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

El consumo aparente de los intermedios muestra varias fases de crecimiento-decrecimiento, las fases de crecimiento se presentan de 1989 a 1991 y 1994 a 1996, donde se presenta el máximo nivel de consumo con 15,965,753 de toneladas, es decir, 24.3% mayor respecto a 1989, mientras que las fases de crecimiento se presentan de 1991 a 1993 y de 1996 al 2001, donde se presenta una drástica caída que coloca el nivel de consumo en este último año en un 1.1% menor al observado en 1989 (ver gráfica 4). La TCPA para éste es de -0.09%.

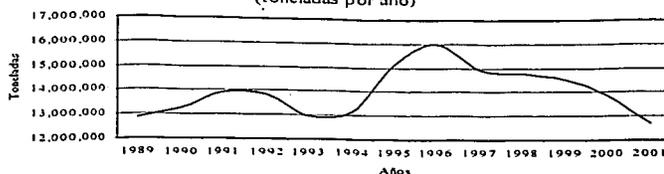
“Algunas empresas del sector reportaron que poco a poco se reduce el número de clientes y que los reducidos márgenes de empresas provocaron la reducción de las compras a las empresas de la subrama”²⁶.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

²⁵ Ibidem. p. 179

²⁶ Ibidem p. 179

Gráfica 4. Vólumen del consumo aparente de intermedios
(toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

2.1.4 Capacidad instalada y producción de intermedios

Durante el 2001 la capacidad instalada de esta subrama aumentó 2.6% con respecto al 2000, la capacidad máxima de producción fue de 19.667.4 miles de toneladas por año y el grado de utilización de la capacidad instalada fue del 51.5%.

La distribución de la producción de los petroquímicos intermedios, durante el 2001 en orden de importancia son el etano con el 30.2%, el etileno con el 10.5%, el ácido tereftálico con el 8.5%, el amoniaco con el 7.0%, el propileno con el 5.2%, los glicoles etilénicos con el 3.0%, el dimetil-terefalato con el 2.6%, el dicloro-etano con el 2.4%, los pentanos con el 1.9%, materia prima para negro de humo con el 1.5%, el ácido nítrico con el 1.2% y el resto con el 26% del total de la producción de la subrama intermedios.

Fuente. SENER. Anuario Petroquímico 2001

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.2 FERTILIZANTES NITROGENADOS

“La industria de los fertilizantes transformará sustancias derivadas del gas natural y de minerales no metálicos, fundamentalmente azufre, roca fosfórica y sales de potasio, en productos que aportan uno o varios elementos nutrientes indispensables para el desarrollo vegetal.

Los fertilizantes se pueden clasificar de acuerdo a las siguientes sustancias:

- Fertilizantes nitrogenados: Sulfato de amonio, urea, nitrato de amonio y amoniaco anhidro (este fertilizante se agrega en forma líquida).
- Fertilizantes fosfatados: Superfosfato simple y superfosfato triple.
- Fertilizantes complejos: Fosfato diatópico y complejos NPK. Estos fertilizantes combinan dos o más nutrientes”.²⁷

2.2.1 Ruta general de transformación para los fertilizantes nitrogenados

Las principales materias primas para la fabricación de fertilizantes sintéticos son el amoniaco, el azufre, el ácido sulfúrico, el ácido nítrico, la roca fosfórica y el potasio. El diagrama 2.1 presenta la ruta de transformación de para los fertilizantes nitrogenados

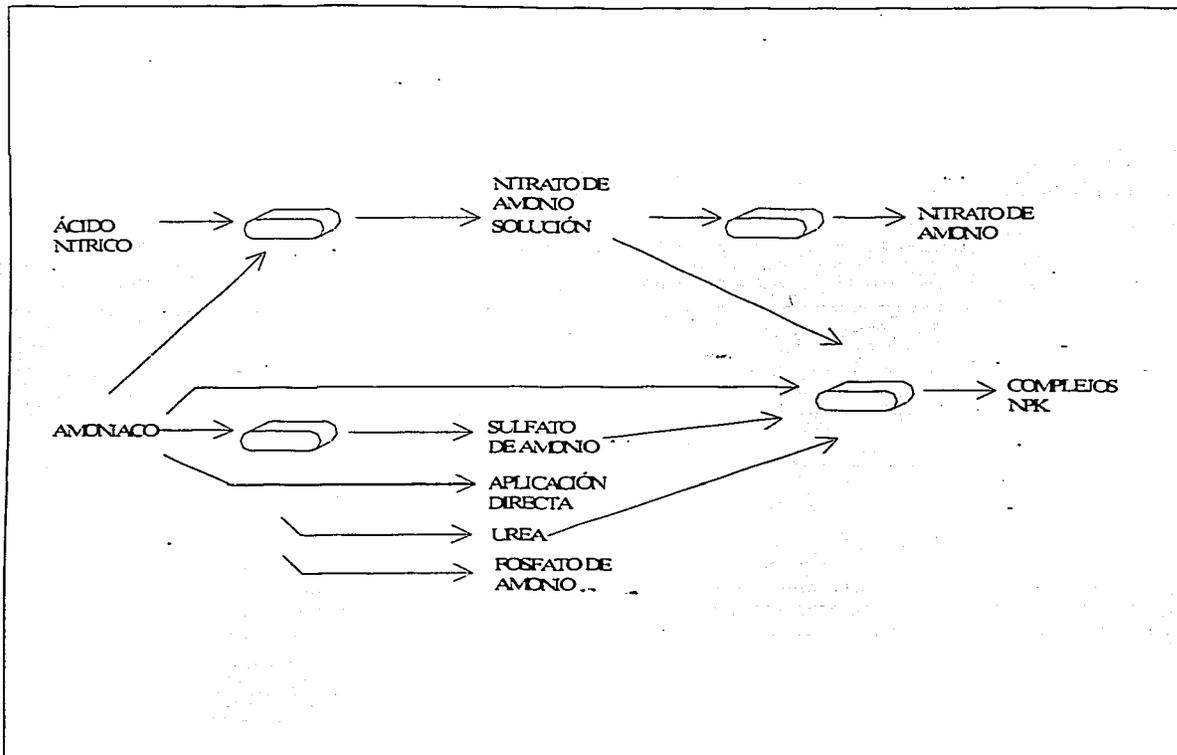
Si se considera como petroquímicos sólo a los derivados del petróleo, entonces únicamente los fertilizantes nitrogenados son derivados del petróleo, sin embargo el azufre que se extrae del petróleo también es un compuesto petroquímico y éste es un material clave en la industria de los fertilizantes por que se utiliza para producir ácido sulfúrico, que a su vez sirve para solubilizar la roca fosfórica y obtener el ácido fosfórico que es ampliamente usado en la fabricación de fertilizantes.

Los fertilizantes nitrogenados que se fabrican en México son: el sulfato de amonio, el nitrato de amonio, el fosfato de amonio, fertilizantes complejos y urea.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

²⁷ Secretaría de Programación y Presupuesto, Secretaría del Patrimonio y Fomento Industrial, PEMEX y Fertilizantes Mexicanos. “Industria petroquímica. Análisis y Perspectivas”. (1981). p. 101

Diagrama 2.1 Transformaciones que se realizan en la industria de los fertilizantes nitrogenados



Fuente: Elaboración propia con base en el Anuario Petroquímico 2001. SENER.

2.2.2 Empresas productoras de fertilizantes nitrogenados

En el Anexo B se mencionan las empresas que producen fertilizantes nitrogenados en México.

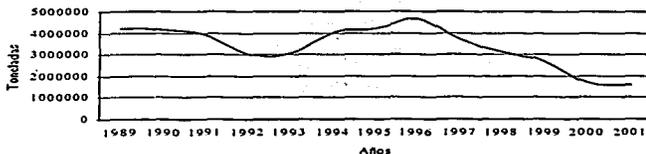
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.2.3 Evolución de la subrama fertilizantes nitrogenados

La producción presenta un crecimiento negativo de 1989 a 1992, posteriormente de 1993 a 1996 se observa una gran recuperación y alcanza en este último año el nivel máximo de producción con 4,634,470 toneladas, un 9.6% mayor a 1989. Sin embargo enseguida sufre una drástica caída hasta el 2001, donde solamente se alcanza el 37.9% de la producción observada en 1989 (ver gráfica 5). La TCPA para ésta es de -7.7%.

Esta subrama reportó que durante el 2001 la "producción del sector se enfrentó con problemas en los precios del amoniaco, combustóleo y azufre que estuvieron por encima de los precios internacionales afectando así su competitividad".²⁸

Gráfica 5. Volumen de producción de fertilizantes nitrogenados (toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

Las importaciones de esta subrama presentan un nivel constante de 1989 a 1991, pero al año siguiente y hasta 1994 se muestra un crecimiento paulatino, posteriormente se observa una importante caída al año siguiente, pero durante el periodo de 1996 al 2000 las importaciones tienen un alto crecimiento, y es en este último año donde se alcanza el nivel máximo de importaciones con 2,698,878 toneladas, finalmente presentan una ligera caída en el 2001. (ver gráfica 6). La TCPA de estas son del 39.8%.

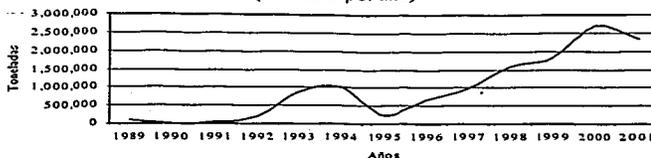
Esta subrama reportó que durante el 2001 "se enfrentó a la alta competencia de los productos importados con bajos precios tales como el DAP, MAP, nitrofosfatos y urea, además el tipo de cambio peso/dólar favoreció la entrada de productos importados".²⁹

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

²⁸ Secretaría de Energía. op cit. p. 173

²⁹ Ibidem. p. 173

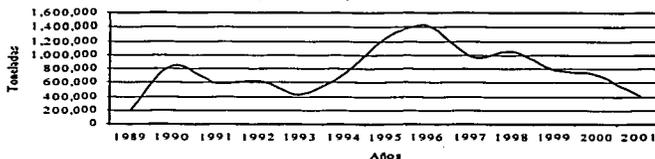
Gráfica 6. Volumen de importaciones de fertilizantes nitrogenados (toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

Las exportaciones presentan varias ciclos de crecimiento-decrecimiento, las fases de crecimiento son de 1989 a 1990, de 1991 a 1992 y de 1994 a 1996, siendo en este último periodo donde se alcanza el nivel máximo de importaciones con 1,414,158 toneladas, 640% mayores a 1989 y finamente de 1997 a 1998; mientras que las fases de decrecimiento se presentan de 1990 a 1991, de 1992 a 1993, de 1996 a 1997 y de 1998 al 2001, donde en este último año las exportaciones son 117.6% mayores respecto a 1989 (ver gráfica 7). La TCPA de estas es del 6.9%.

Gráfica 7. Volumen de exportaciones de fertilizantes nitrogenados (toneladas por año)



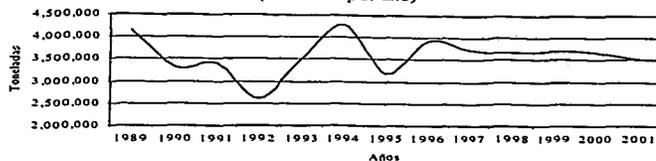
Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

El consumo aparente presenta una caída paulatina de 1989 a 1992, posteriormente se presenta una rápida recuperación hasta 1994 donde se observa el nivel máximo de consumo con 4,289,036 toneladas, 3.8% mayor a 1989, pero el año siguiente, 1995, el consumo presenta una importante caída. En 1996 se muestra nuevamente una recuperación y finalmente se observa una ligera tasa de crecimiento negativo durante el periodo de 1997 al 2001, donde en este último año el consumo es 15.2% menor a 1989 (ver gráfica 8). La TCPA es de -1.3%.

Esta subrama reportó que durante el 2001 "existió mucha competencia y poca demanda, el mercado tuvo un comportamiento deprimido por los problemas en el sector agrícola y prácticamente sólo operó una empresa mexicana como resultado de las políticas de precios de los energéticos y de los bajos precios de los productos importados".³⁰

³⁰ Ibidem. p. 173

Gráfica 8. Volumen de consumo aparente de fertilizantes nitrogenados (toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

2.2.4 Capacidad instalada y producción de fertilizantes nitrogenados

Durante el 2001 la capacidad instalada de esta subrama tuvo un decrecimiento del 13.2% respecto al 2000, fue de 1,603,000 toneladas por año” y el grado de utilización de la capacidad instala de la subrama fue del 26.2%.

La distribución de la producción de los fertilizantes nitrogenados en el 2001 en orden de importancia son el sulfato de amonio con el 75.8%, los fosfatos con el 23.6%, foliales con el 0.3%, el nitrato de amonio con el 0.2% y los complejos con el 0.1% del total de la producción.

Fuente: SENER. Anuario Petroquímico 2001

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.3 RESINAS SINTÉTICAS

“Las resinas y los plásticos son polímeros que se obtienen de sustancias más simples llamadas monómeros. El uso principal de las resinas es como materia prima en la industria de artículos plásticos. Existen resinas con resistencia, flexibilidad, y otras características superiores a las del papel. En otros casos presenta gran tenacidad (resistencia a la deformación y ruptura), dureza y resistencia al envejecimiento y se utilizan como adhesivos. Las resinas con gran resistencia a la corrosión, a los agentes naturales y con secado rápido, se destinan a la fabricación de pinturas y acabados”.³¹

Los plásticos han permitido un mayor desarrollo de los mercados tradicionales de materiales naturales tales como el papel, el vidrio, la madera y los metales, con los que en ocasiones los plásticos compiten con ventajas.

Las resinas se pueden fabricar en numerosas variedades, dependiendo de la combinación de monómeros, reactivos y aditivos, así como el proceso.

Los usos de las resinas sintéticas son presentados en el siguiente capítulo, así como los principales procesos.

2.3.1 Empresas productoras

En el anexo B se presentan las empresas que producen resinas sintéticas en México.

2.3.2 Evolución de la subrama de resinas sintéticas

La producción de este sector presenta un crecimiento paulatino en los últimos trece años. La producción en el 2001 es 140.6% mayor con respecto a 1989, y es en el 2001 donde se observa el máximo nivel de producción con 2,726,632 toneladas (ver gráfica 9). La TCPA es de 7.6%.

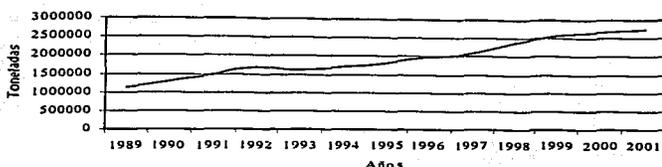
Esta subrama reportó que durante el 2001 “algunas empresas se enfrentaron a problemas con el suministro de sosa cáustica por la disminución de la producción a nivel internacional, además de incrementos en tarifas de agua, gas LP y gasolina natural”³².

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

³¹ Secretaría de Programación y Presupuesto, Secretaría del Patrimonio y Fomento Industrial, PEMEX y Fertilizantes Mexicanos. op cit. p. 135

³² Secretaría de Energía. op cit. p. 174

Gráfica 9. Volumen de producción de resinas sintéticas
(toneladas por año)

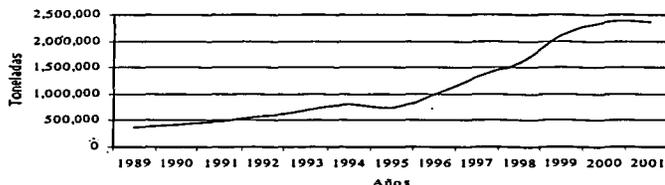


Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

Las importaciones presentan un comportamiento creciente en todo el periodo de estudio, sobresaliendo el periodo de 1996 a 2001 en el cual las importaciones crecieron en un 138.0 % con respecto a 1996 (ver gráfica 10). La TCPA es de 16.5%.

Durante el 2001 "en algunas actividades, la competencia desleal por las importaciones de Asia y otros países, reducen precios de los productos terminados. También que enfrentan la sobre oferta de productos internacionales que afectan negativamente a los precios. Una empresa dejó de producir para exclusivamente distribuir productos importados de EUA".³³

Gráfica 10. Volumen de importaciones de resinas sintéticas
(toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

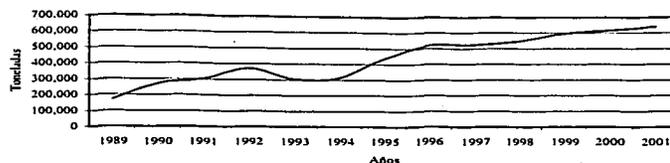
Las exportaciones presentan en general un crecimiento positivo durante todo el periodo de estudio, cabe resaltar que a partir de 1994 se observa un gran crecimiento hasta el 2001, donde se observa un nivel de exportación es 273.9% mayor a 1989 (ver gráfica 11). La TCPA es de 11.6%.

Esta subrama reportó que durante el 2001 "la paridad peso/dólar afectó las exportaciones de la subrama, además algunas empresas enfrentaron la caída drástica en las exportaciones por la recesión de EUA".³⁴

³³ Ibidem. p. 174

³⁴ Ibidem. p. 174

**Gráfica 11. Volumen de exportaciones de resinas sintéticas
(toneladas por año)**

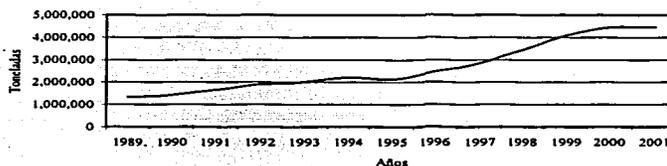


Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

El consumo aparente en la subrama muestra un crecimiento estable. Aunque en los últimos tres años el crecimiento se muestra menor. El consumo aparente es 232.9% mayor en el 2001 con respecto a 1989. La TCPA es de 10.5%.

Esta subrama reportó que durante el 2001 “enfrentó una contracción económica que afectó a la industria de la construcción, industria automotriz y metalmecánica, a partir del segundo semestre del año, reduciendo la demanda y las ventas”.³⁵

**Gráfica 12. Volumen del consumo aparente de resinas sintéticas
(toneladas por año)**



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

³⁵ Ibidem. p. 174

2.3.3 Capacidad instalada y producción de las resinas sintéticas 2001

Durante el 2001 la capacidad instalada de esta subrama aumentó 8.8% con respecto al 2000, la capacidad máxima de producción fue de 3,635,000 toneladas por año y el grado de utilización de ésta fue del 75.0%.

La distribución de la producción de las resinas sintéticas durante el 2001, en orden de importancia son: PET grado botella con el 16.6%, el polietileno de alta y baja densidad con el 16.0%, el PVC con el 15.9%, poliestirenos con el 13.1%, el polipropileno con el 7.6%, el ABS/SAN con el 7.3%, acrílicas con el 4.8%, poliuretanos con el 3.6%, urea-formaldehído con el 3.2%, alquidálicas con el 3.0% y otras resinas con el 8.9% del total de la producción.

Fuente: SENER. Anuario Petroquímico 2001

2.4 FIBRAS QUÍMICAS

“Se entienden por la industria de fibras químicas al conjunto de empresas que se dedican a la fabricación de fibras artificiales y sintéticas”³⁶, éstas se obtienen mediante procesos químicos a partir de fibras celulósicas de origen vegetal e hidrocarburos respectivamente.

“Las fibras se dividen en dos tipos: artificiales, que utilizan productos naturales como el algodón y la madera, y las llamadas sintéticas debido a que sus materias primas son productos derivados del petróleo”³⁷.

2.4.1 Ruta de transformación para las fibras químicas

Esta subrama se integra hacia atrás con la petroquímica básica y secundaria, y hacia delante con la industria textil. Su importancia está, por una parte en la capacidad que tiene para dar valor agregado a los derivados del petróleo, y por otra, en que los productos de esta subrama tienen sus principales aplicaciones en la elaboración de prendas para el vestido, así como también en productos para el hogar y la industria, entre otros, de esta manera cubre las necesidades básicas de la población. El diagrama 2.2 muestra la ruta de transformaciones para las fibras químicas.

2.4.2 Usos de algunas de las fibras químicas

El cuadro 2.2 presenta algunas de las fibras químicas y sus usos finales.

Cuadro 2.2. Usos finales de las fibras químicas

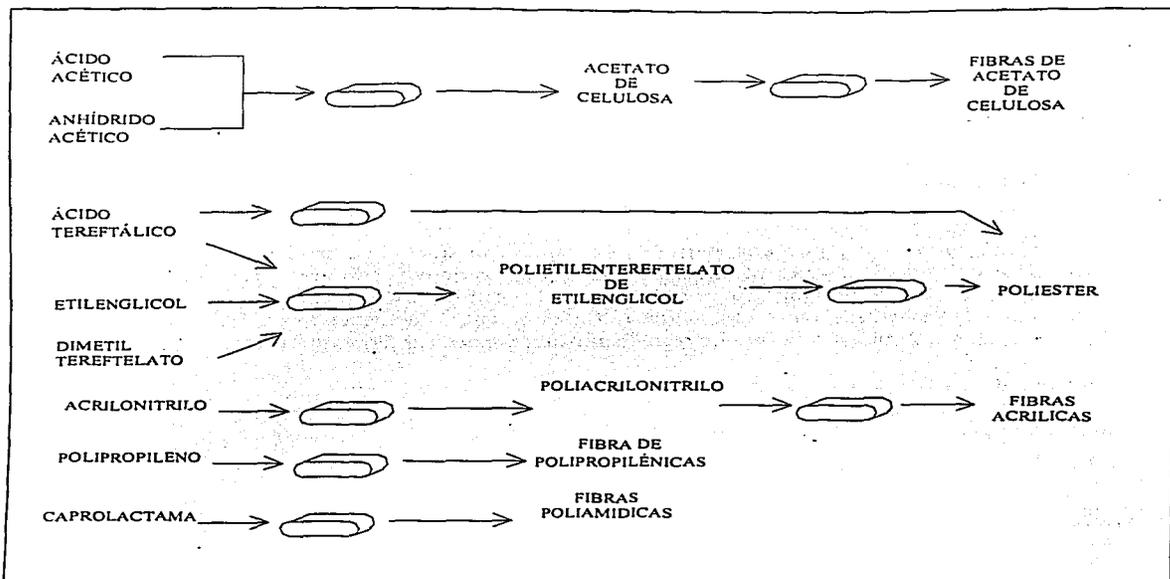
Acetato de celulosa	Fibras de alta resistencia a la tracción
Fibras de poliéster	Elaboración de telas para la confección de prendas de vestir ya que tiene alto punto de fusión (facilita el planchado), Resistencia a las arrugas y al ataque de las polillas.
Fibras de polipropileno	Elaboración de cuerdas, cables y torzales debido a que son muy fuertes. También se utilizan para hacer telas.
Poliacrilonitrilo	Se utiliza en la elaboración de fibras termoplásticas, fibras resistentes al deterioro y de fácil tinte.
Fibras poliamídicas	Se utiliza en la fabricación del nylon que tiene las siguientes propiedades: <ol style="list-style-type: none"> 1. No lo atacan los hongos, bacterias ni polillas 2. Tiene una elasticidad superior a la de la seda 3. Alta resistencia a las arrugas 4. Secan rápidamente 5. Acumula mucha corriente estática cuando se frota

Fuente: Elaboración propia con base a información en “Petroquímica y Sociedad” Chow P. Susana. F.C.E. 1998.

³⁶Secretaría de Programación y Presupuesto, Secretaría del Patrimonio y Fomento Industrial, PEMEX y Fertilizantes Mexicanos. op cit. p..171

³⁷ Chow P., Susana. op. cit.

Diagrama 2.2. Rutas de transformación general para las fibras químicas



Fuente: Elaboración propia con base al Anuario Petroquímico 2001.SENER

2.4.3 Empresas productoras

En el anexo B se presentan las empresas que producen fibras químicas en México

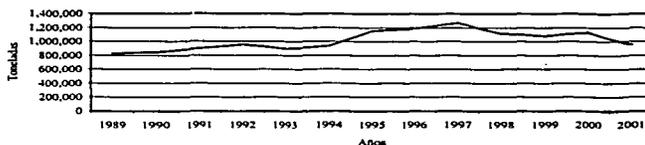
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.4.4 Evolución de la subrama fibras químicas

La producción de esta subrama muestra de 1989 a 1992 una tasa ligera tasa de crecimiento, posteriormente al siguiente año se presenta una ligera caída, sin embargo de 1993 a 1997 se observa un mejor dinamismo, alcanzando en este último año el mayor volumen de producción (48.1% mayor a 1989), finalmente en el 2001 sufre una caída y es en este mismo año donde se muestra un nivel de producción sólo del 15.5% mayor con respecto a 1989 (ver gráfica13). La producción creció con una TCPA del 1.2%.

Algunas empresas de la subrama reportaron que durante el 2001 “tuvieron menor competitividad por los altos costos de productos petrolíferos y problemas con el suministro de insumos”.³⁸

Gráfica 13. Volumen de producción de fibras químicas
(toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

Las importaciones presentan un crecimiento muy lento de 1989 a 1994, para posteriormente tener una ligera caída en 1995; pero a partir del año siguiente y hasta el 2000 se observa un fuerte crecimiento, alcanzando el nivel máximo en este último año con 191,728 toneladas (603.5% mayor a 1989) y finalmente en el 2001 se observa una ligera caída (ver gráfica 14). Las importaciones crecieron con una TCPA del 17.0%.

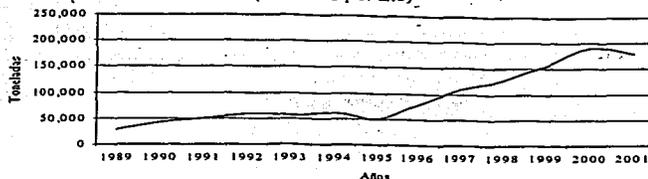
Durante el 2001 esta subrama “enfrentó un mercado interno deprimido, resultado de las importaciones de productos textiles del extranjero, principalmente de China y otros países Asiáticos, así como costos y gastos que afectaron la competitividad de los productos de la industria”.³⁹

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

³⁸ Secretaría de Energía. op cit. p. 174

³⁹ Ibidem. p. 174

Gráfica 14. Volumen de importaciones de fibras químicas (toneladas por año)

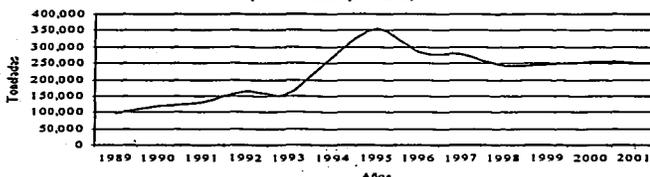


Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

Las exportaciones presentan durante el periodo de 1989 a 1992 un crecimiento lento para posteriormente tener una ligera caída al siguiente año, pero en 1994 y 1995 las exportaciones presentan un rápido crecimiento, alcanzando en este último año el máximo nivel con 353,986 toneladas (264.2% mayor a 1989). Posteriormente de 1996 a 1998 se observa una paulatina caída para finalmente mantenerse en niveles constantes de 1999 a 2001, y alcanzar este último año un crecimiento del 157.9% con respecto a 1989. (ver gráfica 15). La TCPA fue del 8.2%

Durante el 2001 esta subrama "tuvo un mercado externo que fue afectado negativamente por los acontecimientos del 11 de septiembre".⁴⁰

Gráfica 15. Volumen de exportaciones de fibras químicas (toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

Las fibras químicas presentan niveles aproximados de consumo aparente durante el periodo de 1989 a 1994, sin embargo de 1995 a 1997 se observa un importante crecimiento alcanzando en este último año el nivel máximo de consumo con 1,098,740 toneladas (44.9% mayor a 1989), finalmente de 1998 al 2001 se observa un comportamiento cíclico con tendencia hacia negativa (ver gráfica 16). La TCPA es de 1.3%.

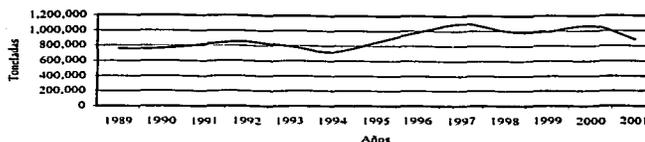
Durante el 2001 esta subrama "se enfrentó a la sobre oferta de fibras acrílicas que generó una guerra de precios entre los productores mundiales. La industria de la confección, que consume

⁴⁰ Ibidem. p. 174

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

productos de esta subrama, fue afectada en forma dramática por la importación de productos terminados de Asia (tela y ropa)".⁴¹

Gráfica 16. Volumen del consumo aparente de fibras químicas (toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

2.4.5 Capacidad instalada y producción de las fibras químicas 2001

Durante el 2001 la capacidad instalada de esta subrama aumentó 1.3% respecto al 2000, la capacidad máxima de producción, fue de 1,399,000 toneladas por año y el grado de utilización del total de la capacidad instalada fue del 68.4%.

La distribución de la producción en orden de importancia en este mismo año son: el poliéster con el 35.0%, el politereftalato de etilén glicol con el 22.0%, el poliácilonitrilo con el 14.3%, acrílicas con el 13.5%, poliamídicas con el 6.7%, policaprolactama con el 4.2%, el acetato de celulosa con el 3.0% y las polipropilénicas con el 1.3% del total de la producción.

Fuente: SENER: Anuario Petroquímico 2001

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

⁴¹ Ibidem. p. 174

2.5 ELASTÓMEROS Y NEGRO DE HUMO

“Se entiende por la industria de elastómeros y negro de humo al conjunto de empresas y actividades que transforman los productos petroquímicos y vegetales en hule y látex. A partir de los productos petroquímicos se elabora un amplia gama de hules sintéticos entre los que destacan el estireno-butadieno (SBR) y el hule nitrilo.

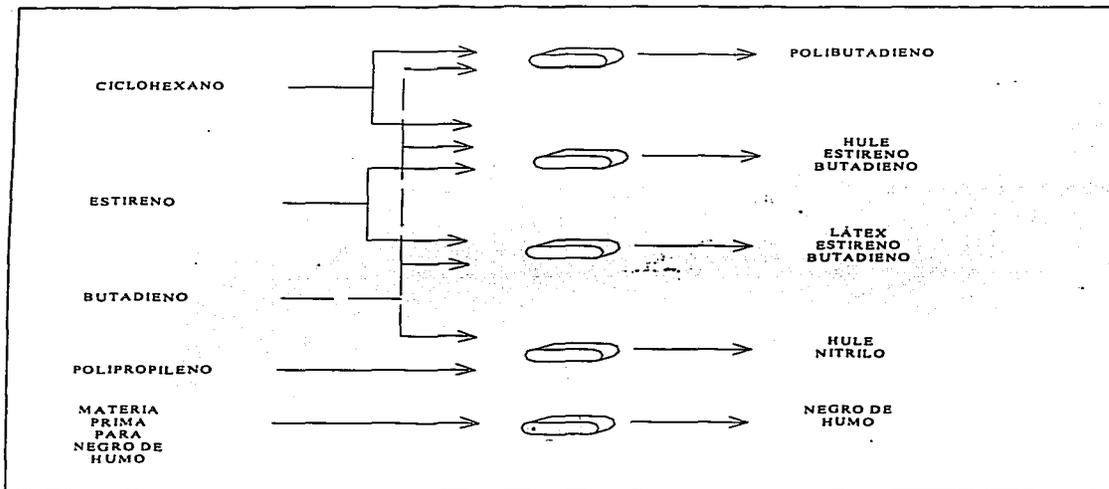
Entre las especies vegetales capaces de producir hule, las más importantes son la hevea y el guayule, arbustos de las regiones desérticas mexicanas que contiene hule en la raíz, tallo y hojas⁴².

La importancia de esta subrama se deriva de sus posibilidades de integración hacia la industria de auto transporte, debido a que constituye un insumo único en la fabricación de llantas.

2.5.1 Ruta de transformación para elastómeros y negro de humo

El diagrama 2.3 muestra la ruta de transformación para los elastómeros y negro de humo

Diagrama 2.3. Transformación de los elastómeros y negro de humo



Fuente: Elaboración propia con base en el Anuario petroquímico 2001. SENER.

⁴² Secretaría de Programación y Presupuesto, Secretaría del Patrimonio y Fomento Industrial, PEMEX y Fertilizantes Mexicanos. op cit p.211

2.5.2 Uso de algunos elastómeros y negro de humo

Polibutadieno

“El polibutadieno es el polímero más importante para el procesamiento del hule sintético”⁴³, puede mezclarse fácilmente con SBR y con el hule natural, con los que sus aplicaciones se amplían aún más.

La industria llantera es la que más utiliza polibutadieno. “Sólo el 23% de la producción mundial se utiliza en otros productos”.⁴⁴ Por ejemplo, las llantas de automóvil de pasajeros se fabrican mezclando el butadieno con SBR, mientras que las llantas para camiones se fabrican mezclando polibutadieno con hule natural.

Hule estireno-butadieno

Este elastómero es un copolímero de butadieno con estireno mejor conocido como SBR. Tiene muchas aplicaciones, se utiliza para recubrir cierto tipo de papel y, en la fabricación de llantas, se utiliza para recubrir las cuerdas.

Además se utiliza en la fabricación de calzado, alfombras, empaques, recubrimientos de freno y en las baterías como separador de placa.

El SBR con alto contenido de estireno se puede mezclar con otros hules para aumentar su resistencia a la abrasión.

Otros copolímeros de estireno-butadieno son muy útiles como resinas y como aceites secantes en pinturas, barnices y recubrimientos.

Hule nitrilo

Este se utiliza cuando se requiere resistencia a altas temperaturas y para hacer mangueras resistentes a los aceites como las utilizadas en aviones para conducir aceite lubricante.

Negro de humo

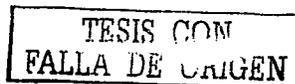
Se utiliza en el hule de las llantas, para fabricar tintas, lacas, pinturas y cierto tipo de polietileno.

2.5.3 Empresas productoras de elastómeros y negro de humo

El anexo B se muestran las empresas que producen elastómeros y negro de humo en México, cabe mencionar que de estas empresas dos concentran más del 70% de la capacidad productiva.

⁴³ Chow P., Susana. Op cit. p.125

⁴⁴Ibidem. p.125

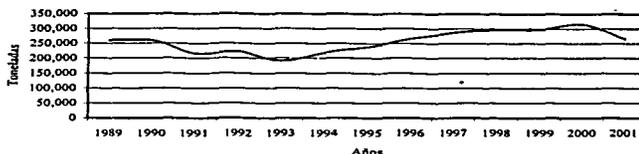


2.5.4 Evolución de la subrama elastómeros y negro de humo

La producción de esta subrama presenta durante el periodo de 1989 a 1993 una paulatina caída, a partir de 1994 la producción crece continuamente hasta llegar al 2000, donde se observa el mayor nivel de producción con 315,098 toneladas, es decir un crecimiento del 20.6% con respecto a 1989, finalmente en el 2001 se muestra una caída, con la cual sólo se alcanza un 2.1% mayor a la producción de 1989 (ver gráfica 17). La TCPA es de 0.2%.

Durante el 2001 esta subrama "tuvo problemas con el suministro de petroquímicos y con precios poco competitivos de gas natural y energía eléctrica. Además un peso sobrevaluado y una reducida escala de producción que dio una posición competitiva débil".⁴⁵

Gráfica 17. Volumen de producción de elastómeros y negro de humo (toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

En las importaciones se observa un rápido crecimiento de 1989 a 1992 (137.0% respecto al año base), pero en 1993 tienen una importante caída y posteriormente durante el periodo de 1994 al 2001 se observa un crecimiento muy lento, donde en este último año fueron 139.6% mayor a 1989 (ver gráfica 18). La TCPA es de 7.5%.

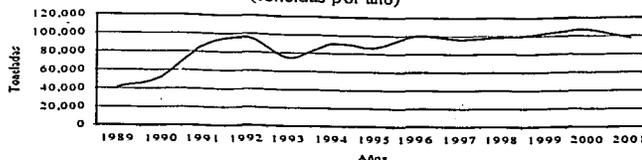
Durante el 2001 esta subrama "enfrentó a un mercado afectado por la recesión interna e importaciones sujetas a prácticas desleales de comercio exterior (precio y calidad)".⁴⁶

⁴⁵ Secretaría de Energía, op cit. p.176

⁴⁶ Ibidem. p. 176

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Gráfica 18. Volumen de importaciones de elastómeros y negro de humo (toneladas por año)

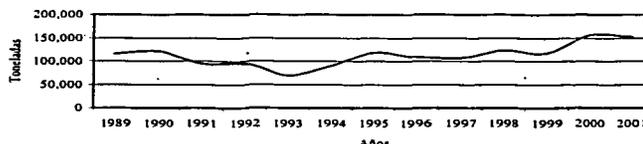


Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

Las exportaciones presentan durante el periodo de 1989 a 1993 un crecimiento negativo, para solamente alcanzar en este último año el mínimo volumen de exportaciones con 69,852 toneladas, es decir, sólo el 60.1% de la producción de 1989, pero a partir de 1994 y hasta el 2001 se observa un paulatino crecimiento, donde en este último el nivel de importaciones es 30.6% mayor a 1989 (ver gráfica 19). La TCPA es del 2.2%.

Durante el 2001 "las exportaciones se vieron afectadas por la recesión de EUA y la presencia de nuevos e importantes competidores en Europa Oriental y Lejano Oriente, que manejan precios reducidos para penetrar en el mercado internacional".⁴⁷

Gráfica 19. Volumen de exportaciones de elastómeros y negro de humo (toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

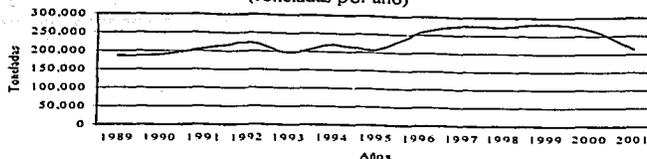
El consumo aparente muestra niveles aproximadamente constantes durante el periodo de 1989 a 1995, a partir de 1996 y hasta 2001 se presenta un largo ciclo de crecimiento-decrecimiento donde se alcanza el máximo de consumo aparente en 1999 con 282,882 toneladas, 52.3% mayor a 1989 y finalmente en el 2001 sólo se alcanza un nivel del 14.4% mayor a 1989 (ver gráfica 20). La TCPA es de 1.1%,

Esta subrama reportó al Anuario Petroquímico que durante el 2001 enfrentó una sobre oferta de productos de la industria a nivel mundial que ha impactado en el mercado nacional e internacional. El cierre de plantas llanteras en México ha afectado las ventas.

⁴⁷ Ibidem. p. 176

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Gráfica 20. Volumen del consumo aparente de elastómeros y negro de humo (toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

2.5.5 Capacidad instalada y producción de elastómeros y negro de humo 2001

Durante el 2001 la capacidad instalada de esta subrama decreció un 1.1% con respecto a 2000, la capacidad máxima de producción fue de 359,200 toneladas por año y el grado de utilización de ésta fue del 63.1%.

La distribución de la producción de los elastómeros y negro de humo en este mismo año por orden de importancia son: los hules con el 65.3%, el látex o el 32.8% y el negro de humo con el 1.9% del total de la producción .

Fuente: SENER. Anuario Petroquímico 2001

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.6 ESPECIALIDADES

“Las especialidades petroquímicas son productos orgánicos derivados de insumos petroquímicos básicos como intermedios. Cabe mencionar que existen especialidades de origen híbrido, es decir, que resultan de la combinación de productos de origen petroquímico y materiales que provienen de recursos minerales”⁴⁸.

Estos productos son complemento de la industria petroquímica secundaria, como en el caso de las subramas de resinas, hules y fibras, por lo que las especialidades petroquímicas adquieren un carácter estratégico ya que tienen una participación directa en sectores de mucha importancia para la economía nacional.

Antes de 1984 no existía una clasificación de las especialidades petroquímicas, debido a que los productos estaban incluidos en grupos tales como el de los polímeros. “A partir de 1984 la Comisión Petroquímica Mexicana hizo una clasificación por grupos de acuerdo a su uso, teniéndose los siguientes:

- Adhesivos
- Aditivos para lubricantes y combustibles
- Alimentos
- Colorantes
- Explosivos
- Farmoquímicos
- Hulequímicos
- Iniciadores y catalizadores
- Plaguicidas
- Plastificantes
- Químicos aromáticos
- Propelentes y refrigerantes
- Tensoactivos
- Otras especialidades”⁴⁹

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

⁴⁸ Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal. “La industria de las especialidades petroquímicas”. C.P.M. (1984). p. 11

⁴⁹ *Ibidem*. p. 12

2.6A ADHESIVOS

“Los adhesivos son productos formulados de baja o moderada viscosidad; sus principales componentes pueden ser uno o más polímeros, y sus propiedades y características de desempeño varían ampliamente. Sin embargo todas ellas incluyen la adhesión a superficies, resistencia y durabilidad.

Los polímeros que se utilizan en el grupo de adhesivos se clasifican como sigue:

Resinas termofijas (resinas fenólicas o amino-formaldehído)

Termoplásticos (acrílicas, copolímeros del acetato de etilen-vinilo)”⁵⁰.

2.6A1 Usos finales de algunos adhesivos

En el diagrama 2.3 se describen algunos de los usos finales de los adhesivos de acuerdo con la base del adhesivo.

Cuadro 2.3. Usos finales de algunos adhesivos

Base	Destino final
Acrílica	-Cintas y etiquetas
Epóxica	-Construcción -Automotriz -Otros
EVA	-Papel higiénico -Empaque -Encuadernación -Otros
Neopreno	-Ind. del calzado y peletería -Laminados -Ind. Textil -Otros
PVA	-Ind. del papel y cigarro -Ind. mueblera y maderera -Empaques -Otros
PVC	-Construcción -Otros

Fuente: Elaboración propia con base en el Anuario Petroquímico 2001. SENER.

⁵⁰ Ibidem. p. 27

2.6A2 Empresas productoras

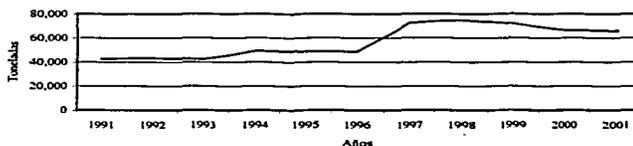
En anexo B muestra las empresas productoras de adhesivos en México.

2.6A3 Evolución de la especialidad adhesivos

La producción de adhesivos se mantiene a niveles constantes durante el periodo de 1991 a 1993, posteriormente presenta un ligero crecimiento en 1994 y nuevamente se mantiene en niveles constantes de producción hasta 1996, aunque en 1997 y 1998 se observa un alto crecimiento de la producción alcanzando en este último año el máximo histórico con 74,770 toneladas, 74.8% mayor a 1989, finalmente de 1999 al 2001 la producción tiene una paulatina caída alcanzando en este último año un nivel de producción sólo del 54.3% mayor a 1989 (ver gráfica 21). La TCPA es de 4.4%.

Durante el 2001 "Una empresa tuvo problemas por falta de suministro de solventes por parte de PEMEX, una empresa de esta cerró su planta productiva para distribuir productos importados de EUA".⁵¹

Gráfica 21. Volumen de producción de adhesivos
(toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

Las importaciones presentan en general un comportamiento de crecimiento de 1989 al 2001, han pasado de 2,895 toneladas a 61,172 toneladas respectivamente, es decir, las importaciones son un 2,013% mayores a 1989. Sólo durante los periodos de 1992 a 1993 y 1994 a 1996 las importaciones se mantienen a niveles aproximadamente constantes (ver gráfica 22). Estas han crecido con una TCPA del 28.9%.

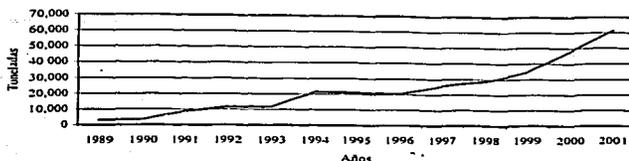
"La presencia de productos terminados importados a muy bajos precios disminuyeron las utilidades y volúmenes de ventas durante el 2001".⁵²

⁵¹ Secretaría de Energía, op cit. p. 176

⁵² Ibidem. p. 176

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Gráfica 22. Volumen de importaciones de adhesivos
(toneladas por año)

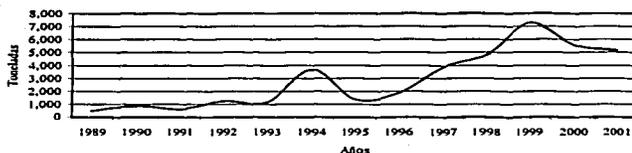


Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

De 1989 a 1993 las exportaciones presentan niveles aproximados, posteriormente se presentan dos ciclos de crecimiento-decrecimiento bastante marcados, de 1993 a 1995 y de 1996 al 2000 presentándose el máximo de exportaciones durante el segundo ciclo en el año de 1999 con 7,286 toneladas (ver gráfica 23). La TCPA es de 21.5%.

Durante el 2001 "el tipo de cambio peso/dólar afectó negativamente las exportaciones de la subrama".⁵³

Gráfica 23. Volumen de exportaciones de adhesivos
(toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

El consumo aparente presenta en general un crecimiento positivo. El consumo aparente paso de 50,785 toneladas en 1991 a 122,034 toneladas en el 2001, es decir, un aumento de 140.3%, aunque en los últimos años se observa una tasa pequeña de crecimiento (ver gráfica 24). La TCPA es del 9.1%.

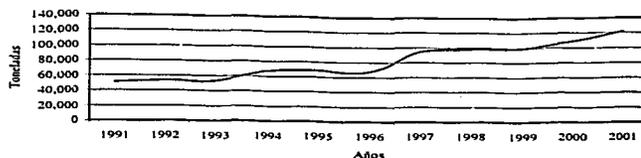
Durante el 2001 esta especialidad se "enfrento a un mercado nacional deprimido que afectó las ventas, además la industria del calzado, que compra productos de la subrama, redujo el nivel de operaciones debido a la competencia desleal de las importaciones de productos asiáticos".⁵⁴

⁵³ Ibidem. p. 176

⁵⁴ Ibidem p. 176

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

**Gráfica 24. Volumen del consumo aparente de adhesivos
(toneladas por año)**



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

2.6A4 Capacidad instalada y producción de adhesivos

Durante el 2001 la capacidad instalada de esta especialidad aumentó 4.7% con respecto al 2000, la capacidad máxima de producción fue de 119,600 toneladas por año y el grado de utilización fue del 55.2%.

La distribución de la producción de los adhesivos en este mismo año por orden de importancia son: base PVA con el 41.5%, el neopreno con el 16.5%, el poliuretano con el 11.9%, base EVA con el 9.5%, base SBR con el 9.0%, base epóxica con el 1.7%, base acrílica con el 0.7%, base PVC con el .04% y otras con el 8.8% del total de la producción.

Fuente: SENER. Anuario Petroquímico 2001

TECNICOS
FALLA DE ORIGEN

2.6B MATERIAS PRIMAS DE ADITIVOS PARA LUBRICANTES Y ADITIVOS PARA COMBUSTIBLES

“Los aditivos para aceites lubricantes y combustibles se adicionan a éstos en pequeñas cantidades para mejorar ciertas propiedades deseables, o para impartirles cualidades que no estuviesen presentes en ellos.

Los principales tipo de aditivos para lubricantes son:

Los detergentes, que trabajan en condiciones de temperaturas altas eliminando contaminantes del aceite y subproductos de combustión, minimizando los depósitos en las máquinas.

Los dispersantes, su función es prevenir o retardar la formación de lodos y para solubilizar los lodos que se formen.

Mejoradores de índice de viscosidad, que se utilizan para que no se adelgace el aceite lubricante con el calor

Agentes antidesgastantes, que evitan el contacto con el metal, formando un recubrimiento protectorio, así como inhibidores de corrosión, inhibidores de oxidación, depresores de punto de escurrimiento y antiespumantes. Así mismo, los aditivos más importantes para combustibles son los inhibidores de corrosión, antioxidantes, antidetonantes, colorantes, anticongelantes, dispersantes y detergentes”⁵⁵

2.6B1 Empresas productoras de materias primas de aditivos para lubricantes y aditivos para combustibles

El anexo B presenta las empresas productoras de materias primas de aditivos para lubricantes y aditivos para combustibles.

2.6B2 Evolución de materias primas de aditivos para lubricantes y aditivos para combustibles

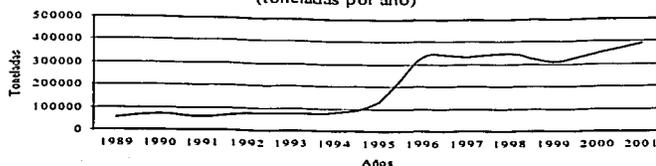
Ésta presenta durante el periodo de 1989 a 1994 niveles constantes en su producción, posteriormente en 1995 y 1996 se observa un fuerte crecimiento, de 1997 a 1999 la producción presenta un pequeño descenso con ligeras recuperaciones, y finalmente se observa una recuperación en el 2000 y 2001, en donde se alcanza en este último año el mayor nivel de producción, 634.0% mayor a 1989 (ver gráfica 25). Esta creció con una TCPA de 18.1%.

“La recesión económica redujo los niveles de producción en algunas empresas, además el sector enfrentó aumentos en los precios del gas natural y energía eléctrica que repercutió en un incremento de costos”.⁵⁶

⁵⁵ Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal. op cit p. 28.

⁵⁶ Secretaría de Energía. op cit. p181

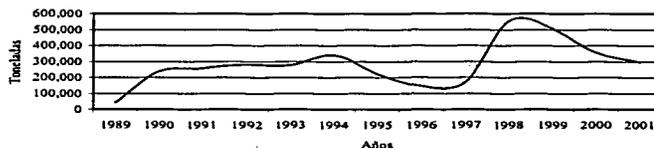
Gráfica 25. Volumen de producción de materias primas de aditivos para lubricantes y aditivos para combustible (toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

Las importaciones presentan ciclos de crecimiento-decrecimiento muy pronunciados, las fases de crecimiento se presentan de 1989 a 1992, de 1993 a 1994 y de 1995 a 1998, donde se muestra el máximo nivel de importaciones con 553,185 toneladas; mientras que las fases de decrecimiento se presentan de 1992 a 1993, de 1994 a 1996 y de 1998 al 2001, en este último año las importaciones fueron 626.7% mayores a 1989 (ver gráfica 26). La TCPA es de 18.0%.

Gráfica 26. Volumen de importaciones de materias primas de aditivos para lubricantes y aditivos para combustible (toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

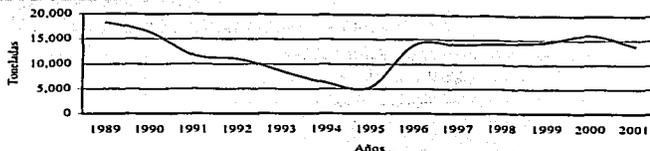
Las exportaciones muestran de 1989 hasta 1995 una pronunciada caída, pasaron de 18,246 toneladas a 5,296 toneladas respectivamente. Posteriormente se presenta una recuperación en 1996 del 163.4% respecto a 1995, es decir, se exportaron 13,948 toneladas, de 1996 al 2000 se observa una recuperación muy lenta, para finalizar el periodo de estudio con una tendencia negativa (ver gráfica 27). La TCPA es de -2.3%.

Esta especialidad reportó al que durante el 2001 "las exportaciones se redujeron debido a la recesión de EUA y al tipo de cambio peso/dólar".⁵⁷

⁵⁷ Ibidem. p. 181

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Gráfica 27. Volumen de exportaciones de materias primas de aditivos para lubricantes y aditivos para combustible (toneladas por año)

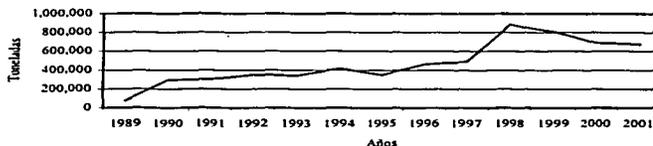


Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

El consumo aparente presenta un crecimiento del 285.3% de 1989 a 1990, en el año 1991 y hasta el año 1995 se mantiene en niveles aproximadamente constantes, pero de 1996 a 1998 se observa un crecimiento paulatino, alcanzando el máximo nivel de consumo en este último año con 885,482 toneladas. Finalmente el consumo muestra una caída constante de 1999 al 2001 (ver gráfica 28). La TCPA es de 19.9%

Esta especialidad reportó que durante el 2001 “el mercado estuvo sujeto a mucha incertidumbre y competencia”.⁵⁸

Gráfica 28. Volumen del consumo aparente de materias primas de aditivos para lubricantes y aditivos para combustible (toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

⁵⁸ *Ibidem*. p. 181

2.6B3 Capacidad instalada y producción de materias primas de aditivos para lubricantes y aditivos para combustibles

Durante el 2001 la capacidad instalada de esta especialidad presentó un crecimiento del 11.4% con respecto al 2000 , la capacidad máxima de producción fue de 500,000 toneladas por año y el grado de utilización fue del 78.7% .

La distribución de la producción de los adhesivos durante este mismo año por orden de importancia son: el MTBE con el 54.4%, el TAME con el 40.5%, agentes detergentes con el 3.4%, agentes dispersantes con el 0.7% y agentes de extrema presión con el 0.7% del total de la producción.

Fuente: SENER. Anuario Petroquímico 2001

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.6C ADITIVOS PARA ALIMENTOS

“La industria alimenticia demanda, entre otras materia primas, aditivos de diferentes tipos y clases para sus procesos productivos. Los aditivos para alimentos coadyuvan en la calidad de los productos: al ser mezclados con los alimentos producen ciertas reacciones que favorecen la conservación del buen estado por periodos prolongados, dan coloración más atractiva, reforzamiento del sabor y estabilización”.⁵⁹

2.6C1 Usos de algunos aditivos para alimentos

El cuadro 2.4 muestra los usos finales de algunos aditivos para alimentos

Cuadro 2.4. Usos de algunos aditivos para alimentos

Aditivo	Uso final
Cloruro de colina	-Complementos vitamínicos
Benzoato de sodio	-Conservadores -Ind. Alimenticia -Ind. Refresquera -Ind. Farmacéutica
Ácido fumárico para alimentos	-Acidulantes -Ind. Refresquera

Fuente: Anuario Petroquímico 2001

2.6C2 Empresas productoras de aditivos para alimentos

El anexo B muestra las empresas que fabrican aditivos para alimentos en México.

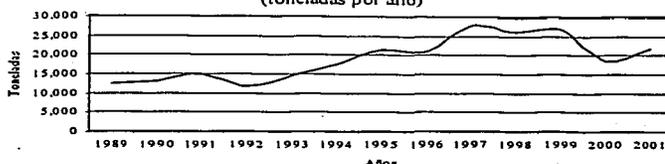
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

⁵⁹ Secretaría de Energía. op. cit p.98

2.6C3 Evolución de la especialidad aditivos para alimentos

La producción de aditivos para alimentos presenta varias periodos de crecimiento-decrecimiento, los periodos de crecimiento se presentan de 1989 a 1991, de 1992 a 1997, donde se presenta el máximo nivel de producción con 27,612 toneladas, 119.6% mayor a 1989, de 1998 a 1999 y del 2000 al 2001, donde en este último año la producción fue 71.5% mayor a 1989, mientras que los periodos de decrecimiento se muestran de 1991 a 1992, de 1997 a 1998 y finalmente de 1999 al 2000 (ver gráfica 29). Esta ha crecido con una TCPA de 4.5%.

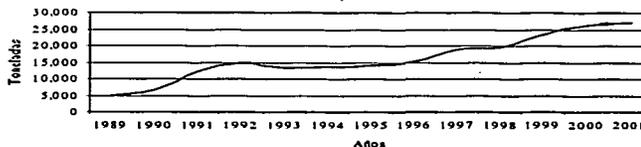
Gráfica 29. Volumen de producción de aditivos para alimentos (toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

Las importaciones prestan un importante crecimiento de 1989 a 1992 (un 195.4% con respecto al año base), al año siguiente y hasta 1996 presentan un nivel constante y de 1997 hasta el 2001 se observa un crecimiento paulatino, es en este último año donde las importaciones son 440.5% mayores a 1989 (ver gráfica 30). La TCPA es de 15.1%.

Gráfica 30. Volumen de importaciones aditivos para alimentos (toneladas por año)

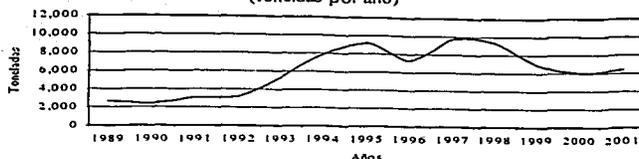


Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

Las exportaciones presentan un alto crecimiento entre 1989 y 1995, posteriormente en el año de 1996 hay una ligera caída, pero en el año siguiente se presenta una recuperación donde se alcanza el nivel máximo de importaciones con 9,773 toneladas (274.4% mayor a 1989), sin embargo enseguida se observa una caída que continua hasta el 2000, y finalmente hay una pequeña recuperación en el 2001 donde las importaciones son 145.2% mayores a 1989 (ver gráfica 31). La TCPA es del 7.7%.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

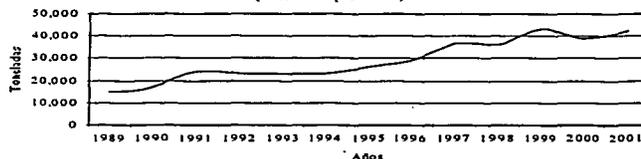
Gráfica 31. Volumen de exportaciones de aditivos para alimentos (toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

El consumo aparente presenta un crecimiento significativo durante el periodo de 1989 a 1991, de 1992 a 1994 se muestran niveles estables; pero a partir de 1995 y hasta 1999 se observa un crecimiento paulatino, donde se alcanza el nivel máximo de consumo con 43,201 toneladas, un crecimiento del 189.0% respecto a 1989, posteriormente al año siguiente se observa una ligera caída y finalmente hay una ligera recuperación en el 2001 donde se alcanza un nivel de consumo 181.7% mayor a 1989 (ver gráfica 32). Éste ha crecido con una TCPA del 9.0%.

Gráfica 32. Volumen del consumo aparente de aditivos para alimentos (toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

2.6C4 Capacidad instalada y producción de aditivos para alimentos

Durante el 2001 la capacidad instalada de esta especialidad aumentó 33.7% con respecto al 2000, la capacidad máxima de producción fue de 43,600 toneladas por año y el grado de utilización fue del 49.5%.

La distribución de la producción de los aditivos para alimento en este mismo año por orden de importancia son: el cloruro de colina con el 83.6%, el bicarbonato de sodio con el 15.0%, el ácido fumárico con el 1.1% y el benzoato de sodio con el 0.2% del total de la producción.

Fuente: SENER. Anuario Petroquímico

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.6D COLORANTES

“Los colorantes ayudan a mejorar la presentación visual de un producto, le dan textura y valor. Los colorantes ácidos se emplean para teñir fibras proteicas como la lana, los básicos, principalmente para tintas, papel carbón y cintas para máquinas de escribir; los directos, para teñir algodón, lana y seda; los colorantes dispersos se aplican en formas de materiales que se absorben en las fibras, con las que forman una solución sólida. Cabe destacar que los colorantes para alimentos son cuidadosamente regulados”.⁶⁰

Los colorantes se clasifican por su tipo de aplicación en: colorantes ácido, básicos, azoicos (colorantes naftol), premetalizados (colorantes metal-complejo), de cromo, directos, dispersos, reactivos, al azufre, a la cuba, colorantes para piel, para papel, para solventes, para alimentos, medicinas y cosméticos, para el cabello, y otros.

El algodón y el poliéster son los productos textiles que más consumen colorantes a nivel mundial. El algodón puede colorearse con distintos tipos de colorantes como los reactivos, al azufre, directos y a la cuba. Mientras que el poliéster se colorea principalmente con colorantes dispersos.

Los colorantes más utilizados para papel son los directos, seguidos por los básicos y los ácidos que se emplean para aplicaciones especiales.

2.6D1 Empresas productoras de colorantes

El anexo B presenta las empresas que producen colorantes en México.

2.6D2 Evolución de la especialidad colorantes

La producción de colorantes presenta dos ciclos de crecimiento-decrecimiento el primero de 1989 a 1994 y el segundo de 1995 al 2000 para mostrar finalmente en el 2001 una importante recuperación y el máximo nivel de producción con 12,197 toneladas, donde se alcanza un crecimiento del 216.6% respecto a 1989 (ver gráfica 33). La TCPA se del 10.1%.

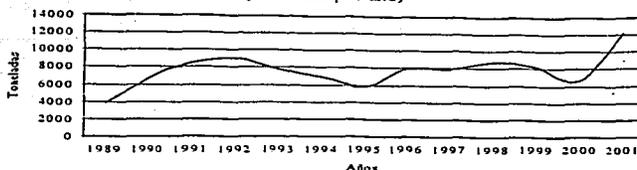
Durante el 2001 este sector “tuvo problemas en los precios del gas LP, sosa cáustica, agua, energía, y gasolina impactando así negativamente a la producción”.⁶¹

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

⁶⁰ Ibidem. p. 102

⁶¹ Ibidem. p.178

Gráfica 33. Volumen de producción de colorantes
(toneladas por año)

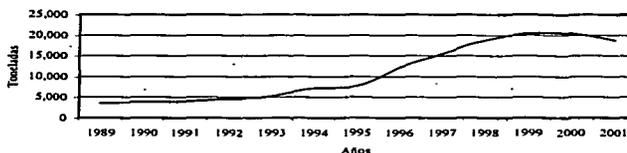


Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

Las importaciones muestran durante el periodo de 1989 a 1995 un crecimiento lento, pero a partir de 1996 y hasta el 2000 las importaciones presentan un alto crecimiento, pasando de 7,722 toneladas en 1995 a 20,343 en el 2000, es decir, las importaciones crecieron en este periodo un 163.4%. Posteriormente en el 2001 se observa una ligera caída para alcanzar un crecimiento del 428.5% con respecto a 1989 (ver gráfica 34). La TCPA es del 14.9%.

Durante el 2001 "el mercado nacional se enfrentó a la competencia de productos de origen asiático más abundante y con precios más bajos".⁶²

Gráfica 34. Volumen de importaciones de colorantes
(toneladas por año)

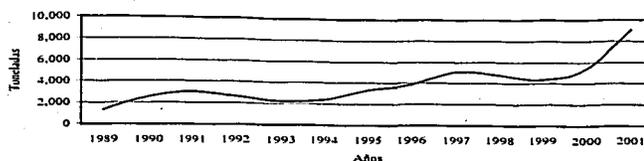


Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

Las exportaciones presentan ciclos de crecimiento-decrecimiento, las fases de crecimientos se presentan de 1989 a 1991, de 1993 a 1997 y de 1999 al 2001, donde se observa el máximo nivel de importaciones con 9,040 toneladas, siendo las exportaciones en este último año 561.8% mayores a 1989, mientras que las fases de decrecimiento se presentan de 1991 a 1993 y de 1997 a 1999 (ver gráfica 35). Estas han crecido con una TCPA del 17.0%.

⁶² Ibidem. p. 178

Gráfica 35. Volumen de exportaciones decolorantes
(toneladas por año)

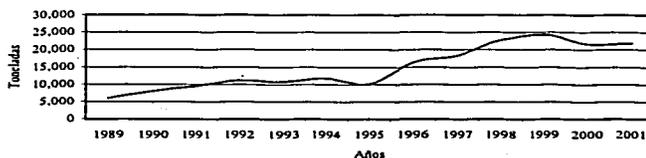


Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

El consumo aparente presenta durante el periodo de 1989 a 1994 una ligera tasa de crecimiento, posteriormente muestra una pequeña caída en 1995, pero de 1996 y hasta 1999 se observa un alto crecimiento, donde en este último año se alcanza el nivel máximo de consumo con 24,284 toneladas y un crecimiento del 302.6% con respecto a 1989, finalmente se observa una tendencia negativa en los dos últimos años (ver gráfica 36). La TCPA es del 11.3%.

Durante el 2001 este sector "enfrentó un mercado nacional afectado por la recesión económica y una sobre oferta de productos de la industria a nivel mundial".⁶³

Gráfica 36. Volumen del consumo aparente de colorantes
(toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

⁶³ Ibidem. p. 178

2.6D3 Capacidad instalada y producción de colorantes

Durante el 2001 la capacidad instalada de esta especialidad creció un 123.5% con respecto al 2000, la capacidad máxima de producción fue de 26,600 toneladas por año y el grado de utilización fue del 45.8%.

La distribución de la producción de los colorantes durante este mismo año en orden de importancia son: colorantes dispersos con el 42.1%, colorantes al azufre con el 29.6, colorantes para alimentos con el 16.9%, colorantes básicos con el 9.7%, colorantes directos con el 1.4% y colorantes ácidos con el 0.2% del total de la producción.

Fuente: SENER. Anuario Petroquímico 2001

2.6E EXPLOSIVOS

“Los explosivos son materiales que al ser manejados adecuadamente, se someten a una muy rápida reacción de descomposición, con la consecuente formación de materiales más estables (la mayor parte gaseosa), y la liberación de una cantidad constante de calor. Los productos de la explosión ocupan un volumen mucho mayor que el explosivo, por lo tanto el calor liberado expande los productos gaseosos, provocando con ella una alta presión que puede ser aplicada para efectuar un trabajo”.⁶⁴

Por lo regular los explosivos son sólidos o líquidos, pueden estar constituidos por un solo compuesto químico, una formulación de éstos, o una formulación de uno o mas compuestos explosivos con materiales no explosivos.

Existen dos clases de explosivos: altos y bajos.

“Los bajos explosivos son aquellos que utilizados normalmente se someten a autocombustión, a velocidades que varían desde un centímetro por minuto, a 400 metros por segundo.

Los altos explosivos se caracterizan por su alta velocidad de reacción o detonación (1,000-8,500 metros por segundo) y altas presiones (50,000 a 0.3 millones de Kgf/cm²)”.⁶⁵

Esta subrama tiene dos sectores de consumo diferentes: el primero es el militar, que por razones de secrecía, no hay estadísticas disponibles, sin embargo, es un consumidor importante de explosivos.

El segundo sector es el civil, el cual incluye a las industrias de la construcción, minería y a la fabricación de municiones para uso deportivo, entre otros.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

⁶⁴Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal. op. cit. p.30

⁶⁵ Ibidem. p. 31

2.6E1 Usos de algunos explosivos

El cuadro 2.5 muestra los usos de algunos de los explosivos más usados por consumidores de explosivos.

Cuadro 2.5. Usos de algunos explosivos

- **ANFO:** Este tipo de explosivo se empezó a producir en los años 50's. Su nombre se debe a la concentración de las palabras Nitrato de Amonio y Aceite Comestible en inglés y ha sido aceptado en la mayoría de los países. Es el explosivo más usado en la actualidad debido a su bajo costo, facilidad de fabricación y manejo. Sin embargo tiene como desventaja una nula resistencia al agua y su baja densidad.

No obstante, es recomendable en todos los casos donde se pueda utilizar ya que no existe ningún explosivo más energético gramo a gramo.

- **Hidrogeles:** Son explosivos introducidos en los años 60's. Como su nombre lo indica son explosivos gelatinizados a base de agua y tienen un desempeño similar a las dinamitas pero con grandes ventajas en lo referente a seguridad, tienen gran resistencia al agua y una consistencia que facilita su manejo. Están sensibilizados por varias sustancias como aluminio, nitrato de monometilamina y en sus inicios por ANT. Por lo regular se usan como carga de fondo o cuando los barrenos tienen gran cantidad de agua. Tienen el inconveniente en el último de los casos de no acoplarse al mismo diámetro del barreno, produciendo una pérdida de energía ya que se utilizan encartuchados.
- **Emulsiones:** Son explosivos introducidos en los años 70's. Son el resultado de emulsionar sustancias inmiscibles, como nitrato de amonio diluido en agua y algún ácido graso. El resultado son pequeñas gotas de nitrato de amonio diluido rodeadas por el ácido graso. Se sensibilizan con aire, el cual puede proporcionarse por medio de pequeñas esferas huecas o bien con una reacción química obtenida al momento de producir el explosivo. Son resistentes al agua y presentan algunos problemas en su manejo debido a su consistencia. Se utilizan como carga de fondo o cuando se tienen problemas de agua en los barrenos y al igual que los hidrogeles pierden energía al momento de detonar por el mal acoplamiento con los barrenos cuando las emulsiones son encartuchadas.

Fuente: Ing. Mario Aguirre Castillo. Uso y aplicación de explosivos en operaciones al tajo abierto. Mundo Minero. 1998. <http://amsac.com.mx/mminero/septiembre/sep98a5.html>

2.6E2 Empresas productoras

El anexo B muestra las empresas que fabrican explosivos en México.

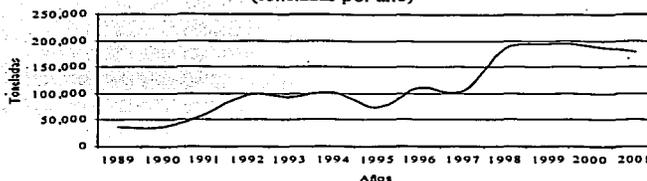
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.6E3 Evolución de la especialidad explosivos

La producción de explosivos presenta varias fases de crecimiento-decrecimiento, las fases de crecimiento se observan de 1990 a 1992, de 1993 a 1994, de 1995 a 1996, de 1997 a 1999, donde en este último año se alcanza el nivel máximo de producción con 104,788 toneladas (un crecimiento del 426.3% respecto a 1989), mientras que las fases de decrecimiento se muestran de 1992 a 1993, de 1994 a 1995, de 1996 a 1997, de 1999 al 2001, donde se alcanza en este último año un crecimiento del 379.0% respecto a 1989 (ver gráfica 37). La TCPA es de 13.9%.

Durante el 2001 esta sector "tuvo problemas con los precios del amoniaco y gas natural que afectaron su competitividad, además de la concentración de la producción de nitrado de amonio en una sola empresa nacional por el cierre de otras empresas de la industria".⁶⁶

Gráfica 37. Volumen de producción de explosivos
(toneladas por año)

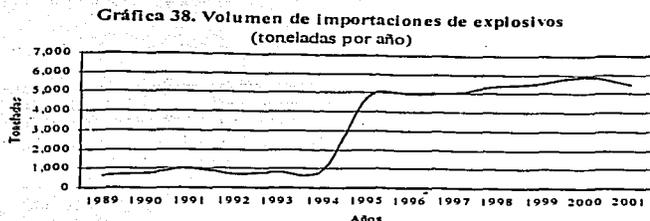


Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

Las importaciones de explosivos presentan durante el periodo de 1989 a 1994 un comportamiento estable, pero en 1995 presentan un alto crecimiento, posteriormente se observa un crecimiento lento hasta el año 2000, finalmente en el 2001 se observa una ligera caída para alcanzar en este último año un nivel de crecimiento del 797.7% respecto a 1989 (ver gráfica 38). La TCPA es del 20.1%.

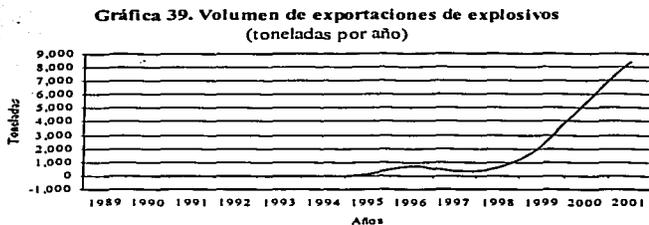
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

⁶⁶ Secretaría de Energía. op cit. p. 178



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

Las exportaciones en este sector comienzan prácticamente a partir de 1995 con 45 toneladas y aumentan a 667 toneladas en 1996, posteriormente presentan una ligera caída en 1997, pero a partir de 1998 y hasta el 2001 se observa un alto crecimiento alcanzando en este último año el máximo nivel de importaciones con 8,395 toneladas (ver gráfica 39). La TCPA es del 80.5%.



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

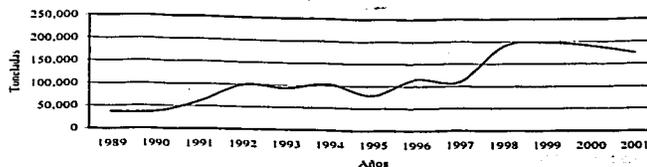
El consumo aparente presenta una evolución muy similar a la de producción, presenta varias fases de crecimiento-decrecimiento, las fases de crecimiento se muestran de 1989 a 1993, de 1993 a 1994, de 1995 a 1996 y de 1997 a 1999, donde se alcanza el máximo nivel de consumo con 197,995 toneladas (426.5% mayor a 1989), mientras que las fases de decrecimiento se presentan de 1992 a 1993, de 1994 a 1995, de 1996 a 1997 y del 2000 al 2001 donde en este último año se alcanza un nivel de consumo 363.6% mayor a 1989 (ver gráfica 40). La TCPA es del 13.6%.

Durante el 2001 este sector "se enfrentó a la contracción del mercado, tanto por falta de obra pública como por la construcción de carreteras, presas, entre otras cosas".⁶⁷

⁶⁷ Ibidem. p.178

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

**Gráfica 40. Volumen del consumo aparente de explosivos
(toneladas por año)**



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

2.6E4 Capacidad instalada y producción de explosivos

Durante el 2001 la capacidad instalada de esta especialidad creció un 4.2% con respecto al 2000, la capacidad máxima de producción fue de 575,300 toneladas por año y el grado de utilización fue del 30.8%.

La distribución de la producción de los explosivos durante este mismo año por grado de importancia son: el nitrato de amonio (grado industrial) con el 59.7% y los explosivos (anfo, emulsiones e hidrogeles) con el 40.3% del total de la producción .

Fuente: SENER. Anuario Petroquímico 2001

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.6F FARMOQUÍMICOS

“La industria químico-farmacéutica o farmoquímica involucra la elaboración de principios activos, excipientes, aditivos y otras sustancias que se utilizan en la elaboración de medicamentos”.⁶⁸

Los antiinflamatorios, analgésicos, antibióticos, antibacterianos, antihistamínicos, antiulcerosos y otros son las clases terapéuticas más importantes.

2.6F1 Empresas productoras de farmoquímicos

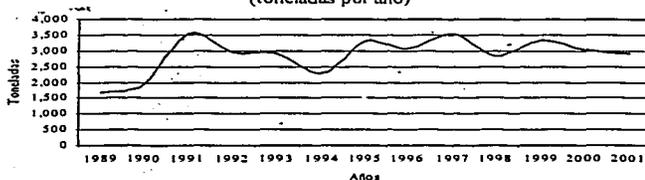
El anexo B muestra las empresas que producen farmoquímicos en México.

2.6F2 Evolución de la especialidad farmoquímicos

La producción de farmoquímicos presenta varios periodos de crecimiento-decrecimiento, los periodos de crecimiento se muestran de 1989 a 1991, de 1994 a 1995, de 1996 a 1997, donde se alcanza el nivel máximo de producción con 3,548 toneladas (112.6% mayor a 1989) y de 1998 a 1999, mientras que las periodos de decrecimiento se muestran de 1991 a 1994, de 1995 a 1996, de 1997 a 1998 y de 1999 al 2001 en donde en este último año la producción fue 74.5% mayor a 1989 (ver gráfica 41). La TCPA es del 4.7%.

Durante el 2001 “se enfrentó a una situación difícil para introducir nuevos productos nacionales por falta de una adecuada regulación sanitaria”.⁶⁹

Gráfica 41. Volumen de producción de farmoquímicos
(toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

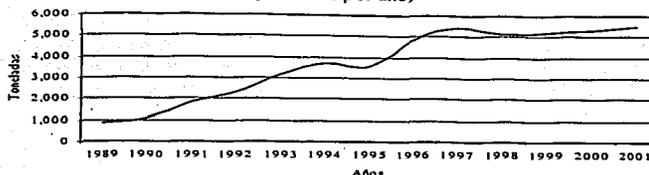
Las importaciones de farmoquímicos presentan un rápido crecimiento durante los primeros cinco años, posteriormente decrece ligeramente y tiene una recuperación paulatina hasta 1997 y finalmente terminan el 2001 con un crecimiento del 550.0% respecto a 1989 (ver gráfica 42). La TCPA es del 16.9%.

⁶⁸ Secretaría de Energía, Minas e Industria paraestatal. op. cit. p. 31

⁶⁹ Secretaría de Energía. op cit. p. 180

Durante el 2001 “el mercado nacional enfrentó una fuerte competencia del extranjero, especialmente de India y China. Una importante empresa del sector dejó de producir dos importantes productos farmoquímicos debido a los bajos precios de los productos importados. En casos específicos el sector señala que los precios de importación son equivalentes al 70% de los costos de producción nacional”.⁷⁰

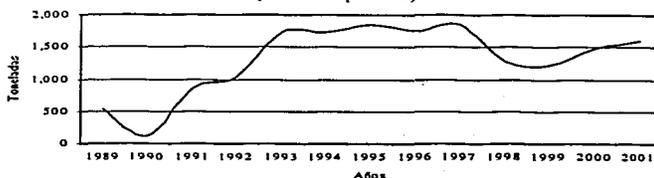
Gráfica 42. Volumen de importaciones de farmoquímicos (toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

Las exportaciones presentan de 1989 a 1990 una considerable caída, pero de 1991 y hasta 1993 se observa un alto crecimiento, de 1994 a 1997 las importaciones se mantienen en un nivel aproximadamente constante, posteriormente se observa una caída en 1998 y 1999 y finalmente se muestra un recuperación en el 2000 y 2001, donde en este último año se alcanza un crecimiento del 202.8% respecto de 1989 (ver gráfica 43). La TCPA es del 9.6%.

Gráfica 43. Volumen de exportaciones de farmoquímicos (toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

El consumo aparente presenta un crecimiento positivo de 1989 a 1992, posteriormente hay un consumo constante hasta 1994, de 1995 a 1997 se observa el mayor crecimiento del periodo de estudio, donde se alcanza el nivel máximo de consumo con 7,299 toneladas, 267.0% mayor a 1989. Finalmente el consumo se mantiene en niveles estables durante el periodo de 1998 al 2001, donde en este último año alcanzó un crecimiento del 243.0% respecto a 1989 (ver gráfica 44). La TCPA es del 10.8%.

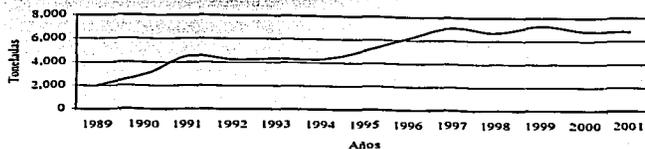
⁷⁰ Ibidem. p. 180

TESIS CON
FALLA DE URGEN

Subramas de la industria petroquímica mexicana

Durante el 2001 ésta "enfrentó un mercado nacional deprimido por que son pocos los laboratorios que utilizan productos de la industria".⁷¹

Gráfica 44. Volumen del consumo aparente de farmoquímicos (toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

2.6F3 Capacidad instalada y producción de farmoquímicos

Durante el 2001 la capacidad instalada de esta especialidad presentó un decrecimiento del 1.7%, la capacidad máxima de producción fue de 5,356 toneladas por año y el grado de utilización fue del 54.4%.

La distribución de la producción de farmoquímicos durante este mismo año por grado de importancia son: Antiinflamatorios con el 82.8%, intermedios hormonales con el 10.8%, antihelmínticos con el 5.4% y otros con el 10.8% del total de la producción.

Fuente: SENER. Anuario Petroquímico 2001

⁷¹ Ibidem. p.180

2.6G HULEQUÍMICOS

“Las especialidades químicas agrupadas en este rubro son compuestos que se adicionan a los hules naturales o sintéticos con el objeto de impartirles las cualidades necesarias para su conversión a productos terminados con calidad, estabilidad y propiedades requeridas.

Los principales aditivos utilizados en la formulación de hules son los aceleradores y agentes vulcanizantes que controlan la velocidad de vulcanización además de permitir que se lleve a cabo a menores temperaturas mejorando las propiedades físicas del hule, activadores, antioxidantes, antiozonantes, estabilizadores, esponjantes, plastificantes químicos y retardantes, entre otros”.⁷²

2.6G1 Usos de algunos hulequímicos

El cuadro 2.7 muestra los usos finales de algunos hulequímicos

Cuadro 2.7. Usos de los Hulequímicos

Antioxidantes	<ul style="list-style-type: none"> -Industria llantera -Artículos y partes industriales -Industria del calzado -Industria del plástico
Aceleradores	<ul style="list-style-type: none"> -Industria llantera -Industria del calzado -Artículos y partes industriales
Antiozonantes	<ul style="list-style-type: none"> -Artículos y partes industriales
Retardadores	<ul style="list-style-type: none"> -Industria del calzado -Artículos y partes industriales
Esponjantes	<ul style="list-style-type: none"> -Industria del calzado -Industria textil

Fuente: Elaboración propia con base en Anuario Petroquímico 2001

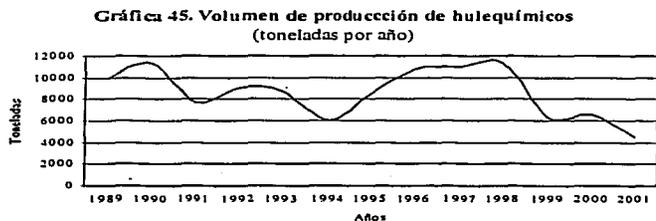
⁷² Secretaría de Energía, Minas e Industria paraestatal. op. cit. p. 32.

2.6G2 Empresas productoras de hulequímicos

El anexo B muestra las empresas que producen hulequímicos en México. Cabe decir que CROMPTON CORPORATION tiene el 85.25% del total de la capacidad instalada de la producción de hulequímicos en México.

2.6G3 Evolución de la especialidad hulequímicos

La producción muestra varios ciclos de crecimiento-decrecimiento. Las fases de crecimiento se presentan de 1989 a 1990, de 1991 a 1992, de 1994 a 1998, donde se alcanza el máximo nivel de producción con 11,340 toneladas, 13.9% mayor a 1989. Por otro lado las fases de decrecimiento se presentan de 1990 a 1991, de 1993 a 1994, de 1998 a 1999, en donde se observa una importante caída en la producción, y finalmente del 2000 al 2001, donde en este último año sólo se alcanza el 45.3% de la producción observada en 1989 (ver gráfica 45). La TCPA es del -6.4%.



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

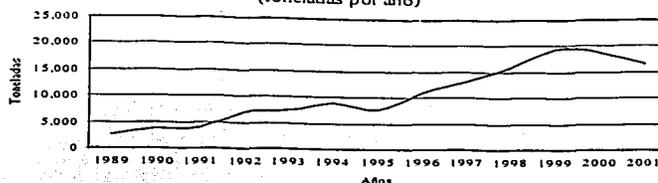
Las importaciones presentan un crecimiento paulatino durante el periodo de 1989 a 1999, donde se observa el máximo nivel de importaciones con 19,358 toneladas (688.1% mayores a 1989), y finalmente se tiene una caída en el año 2000 y 2001, donde en este último año las exportaciones alcanzan un incremento del 688.1% por encima del observado en 1989 (ver gráfica 46). La TCPA es del 17.2%.

Durante el 2001 este sector "se enfrentó a una entrada masiva de productos importados".⁷³

⁷³ Secretaría de Energía. op cit. p.180

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Gráfica 46. Volumen de importaciones de hulequímicos (toneladas por año)

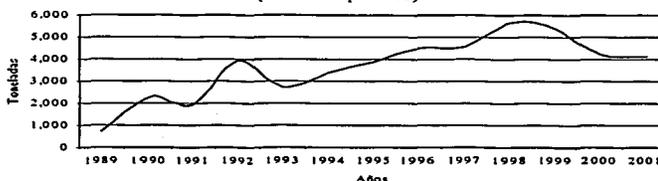


Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

Las exportaciones presentan varias fases de crecimiento-decrecimiento, las fases de crecimiento se presentan de 1989 a 1990, de 1991 a 1992, de 1993 a 1998, donde se alcanza el nivel máximo de importaciones con 5,643 toneladas y de 1999 al 2000, mientras que las fases de decrecimiento se presentan de 1990 a 1991, de 1992 a 1993, de 1998 a 1999 y del 2000 al 2001, donde en este último año se tiene un crecimiento del 83.6% respecto a 1989 (ver gráfica 47). La TCPA es del 15.8%.

Esta especialidad reportó al Anuario Petroquímico que durante el 2001 se vio en malas condiciones, afectada por la recesión de EUA y una cotización peso/dólar que promueve importaciones y afecta las exportaciones.

Gráfica 47. Volumen de exportaciones de hulequímicos (toneladas por año)



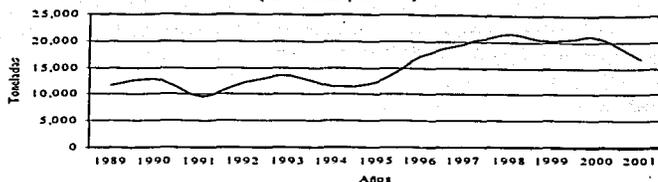
Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

El consumo presenta un comportamiento cíclico de 1989 a 1995, pero de 1996 y hasta 1998 presentan un importante crecimiento donde se alcanza el nivel máximo de consumo con 21,655 toneladas, 85.0% mayor a 1989 y finalmente se observa una caída paulatina de 1999 al 2001, donde en este último año se observa un crecimiento del 44.0% respecto a 1989 (ver gráfica 48). La TCPA es del 3.1%.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Durante el 2001 esta especialidad "se enfrentó a una disminución en sus ventas por el cierre de lanternas en México".⁷⁴

Grafica 48. Volumen del consumo aparente de hulequímicos (toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

2.6G4 Capacidad instalada y producción de hulequímicos

Durante el 2001 la capacidad instalada de esta especialidad tuvo un crecimiento negativo del 2.3% respecto al 2000, la capacidad máxima de producción fue de 9,800 toneladas por año y el grado de utilización fue del 44.9%.

La distribución de la producción de hulequímicos en este mismo año por orden de importancia son: antiozonantes con el 55.0% , aceleradores con el 24.6%, antioxidantes con el 16.9%, esponjantes con el 1.9% y retardadores con el 1.6% del total de la producción.

Fuente: SENER. Anuario Petroquímico 2001

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

⁷⁴ Ibidem. p. 180

2.6H INICIADORES Y CATALIZADORES

“Son los productos que alteran la velocidad de una reacción química sin formar parte de ella. Además aportan mayor rendimiento al proceso y menor consumo de energía”⁷⁵.

Los catalizadores se utilizan para fabricar cientos de productos en una gran variedad de industrias, en consecuencia juegan un papel muy importante en las economías de países industrializados. Debido a las ventajas que ofrecen los catalizadores están constantemente bajo desarrollo e implementación.

La clasificación de este grupo está de acuerdo a los segmentos de mercado a los que se orientan: refinación del petróleo, procesos químicos, y control de emisiones contaminantes.

2.6H1 Empresas Productoras de iniciadores y catalizadores

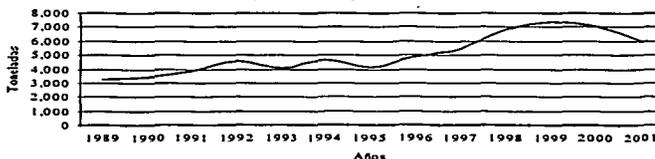
El anexo B muestra las empresas productores de iniciadores y catalizadores en México.

2.6H2 Evolución de la especialidad de iniciadores y catalizadores

La producción de iniciadores y catalizadores muestra un lento crecimiento de 1989 a 1992, posteriormente durante el periodo de 1993 a 1995 se mantiene en niveles aproximadamente estables, pero de 1996 a 1999 se muestra un importante crecimiento llegando a 7,361 toneladas (127.0% mayor a 1989) y finalmente se presenta una caída durante los 2000 y 2001, donde en este último año se alcanza un crecimiento de 83.9% respecto a 1989 (ver gráfica 49). La TCPA es del 5.2%.

Durante el 2001 “los incrementos en los precios del gas LP, ácido laurico y caproico afectaron costos y gastos”.⁷⁶

Gráfica 49. Volumen de producción de iniciadores y catalizadores (toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

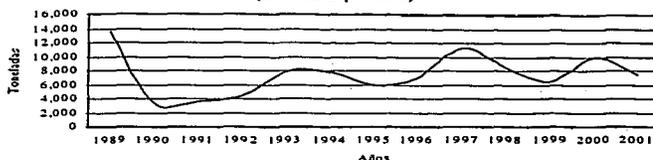
⁷⁵Secretaría de Energía, Minas e Industria paraestatal. op. cit. p.33

⁷⁶Secretaría de Energía. op cit. p. 181

Subramas de la industria petroquímica mexicana

Las importaciones muestran una drástica caída de 1989 a 1991, pasando de 13,641 toneladas a 3,660 toneladas respectivamente, es decir, una caída del 73.6%. Posteriormente se presentan varios periodos de crecimiento-decrecimiento, presentándose los periodos de crecimiento de 1991 a 1994, de 1996 a 1997 y de 1999 al 2000, mientras que los periodos de decrecimiento se presentan de 1994 a 1996, de 1997 a 1999 y del 2000 al 2001, donde en este último año se observa un crecimiento negativo del 45.6% respecto a 1989. (ver gráfica 50). Esta tuvieron una TCPA de -4.9%.

Gráfica 50. Volumen de importaciones de iniciadores y catalizadores (toneladas por año)

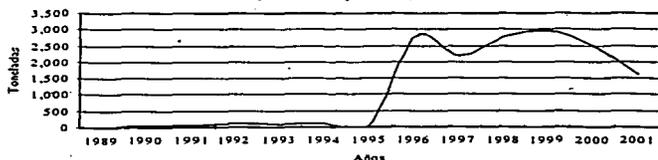


Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

Las exportaciones de esta subrama comienzan a partir de 1990 y mantienen un comportamiento constante hasta 1994, presenta una ligera caída en 1995, pero en 1996 presentan un alto crecimiento pasando de 25 toneladas a 2,798 toneladas respectivamente. En el año de 1997 se muestra una leve caída pero enseguida tienen una recuperación hasta 1999 y finalmente en el año 2000 y 2001 se muestra una considerable caída (ver gráfica 51). La TCPA es del 42.7%.

Durante el 2001 "perdieron mercado de exportación por los elevados costos internos y falta de tecnología".⁷⁷

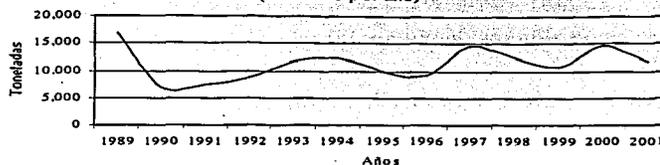
Gráfica 51. Volumen de exportaciones de iniciadores y catalizadores (toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

El consumo aparente presenta un drástica caída en 1990, pero inmediatamente se presenta una recuperación hasta 1994, posteriormente se presentan ciclos de crecimiento-decrecimiento, las fases de crecimiento son de 1996 a 1997, de 1998 al 2000, mientras que las fases de decrecimiento se presentan de 1994 a 1996, de 1997 a 1998 y del 2000 al 2001, donde en este último año se alcanzó un consumo sólo del 69.5% al observado en 1989 (ver gráfica 52). La T CPA es de -3.0 %.

Gráfica 52. Volumen del consumo aparente de iniciadores y catalizadores (toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

2.6H3 Capacidad instalada y producción de iniciadores y catalizadores

Durante el 2001 la capacidad instalada de esta especialidad tuvo un crecimiento negativo de 8.2% respecto al 2000, la capacidad máxima de producción fue de 14,600 toneladas por año y el grado de utilización fue del 41.1%.

La distribución de producción de iniciadores y catalizadores durante este mismo año por orden de importancia son: octoatos, cloruros, naftenatos e isononoatos metálicos con el 39.0%, peróxidos orgánicos con el 28.0%, peracetatos, peroctoatos, perpivalatos, percarbonatos con el 6.9%, catalizadores a base de ácidos con el 4.2% y otros con el 21.9% del total de la producción.

Fuente: SENER. Anuario Petroquímico 2001

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

2.6I PLAGUICIDAS

“Son productos que al ser utilizados en forma conjunta con los fertilizantes y la irrigación, son vitales en la producción agrícola”⁷⁸

Los plaguicidas son utilizados como agentes de prevención y control de los distintos tipos de plagas que afectan la productividad del sector agropecuario.

2.6I1 Usos finales de algunos plaguicidas

El cuadro 2.8 muestra los usos finales de algunos de plaguicidas.

Cuadro 2.8. Usos finales de los plaguicidas

TIPO	USOS
Insecticidas	Utilizado para combatir insectos. (gorgojos, moscos)
Herbicidas	Utilizados para el control de plantas herbáceas de los cultivos (maleza)
Biocidas	Este plaguicida generalmente puede utilizarse para matar todo genero de vida
Acaricidas	Usado contra los ácaros (arañas)
Molusquicidas	Usados contra los moluscos (caracol)
Rodenticidas	Usados contra los roedores (ratas y ratones)
Fungicidas	Usados contra los hongos
Nematicidas	Usados contra los nematodos (gusanos del suelo)

2.6I2 Empresas productoras de plaguicidas

El anexo B presenta las empresas que fabrican plaguicidas en México.

2.6I3 Evolución de la especialidad plaguicidas

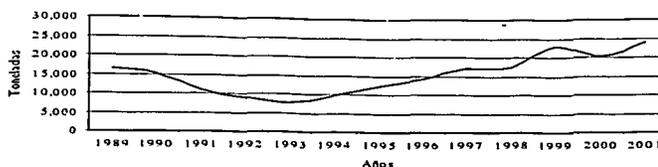
Los plaguicidas muestran una reducción importante en su producción de 1989 hasta 1993, en donde se alcanza una producción 52.7% menor a la de 1989, en los siguientes años muestra una recuperación paulatina hasta 1999 para posteriormente tener una ligera caída en el 2000, pero nuevamente hay una recuperación en el 2001, donde se alcanza el nivel máximo de producción con 23,836 toneladas, 45.3% mayor a 1989, (ver gráfica 53). La TCPA es del 3.1%.

Esta subrama reporto haber tenido problemas con el precio del gas natural, que fue mayor al internacional.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

⁷⁸ Secretaría de Energía, Minas e Industria paraestatal. op. cit p. 34.

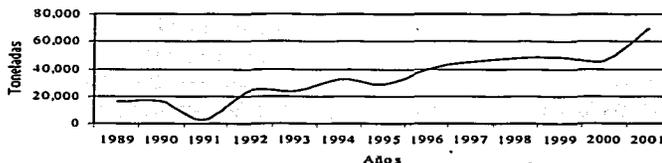
Gráfica 53. Volumen de producción de plaguicidas
(toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

Las importaciones de plaguicidas muestran un comportamiento constante de 1989 a 1990; pero en 1991 las importaciones muestran una importante caída (un decrecimiento del 85.6% respecto a 1989), posteriormente presentan un crecimiento paulatino hasta 1999. En el año 2000 hay una ligera caída, pero finalmente en el 2001 se observa una recuperación alcanzando el máximo histórico con 69,598 toneladas, 332.2% mayores a 1989 (ver gráfica 54). La TCPA es del 12.9%.

Gráfica 54. Volumen de importaciones de plaguicidas
(toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

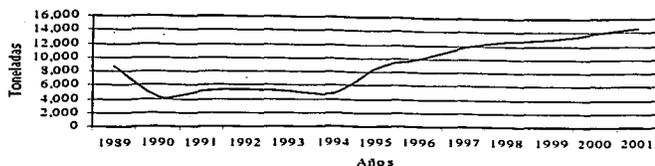
Las exportaciones presentan una importante reducción de 1989 a 1990, para posteriormente tener un ligero aumento y mantenerse aproximadamente constantes hasta 1994. A partir del año siguiente las exportaciones muestran una tendencia creciente hasta llegar en el 2001 a un nivel del 65.4% por arriba del observado en 1989 (ver gráfica 55). La TCPA 4.3%.

Durante el 2001 esta especialidad "enfrentó un tipo de cambio peso/dólar desfavorable para las exportaciones ya que no se pudieron abrir nuevos mercados en el extranjero".⁷⁹

⁷⁹ Secretaría de Ebergia. op cit. p.179

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

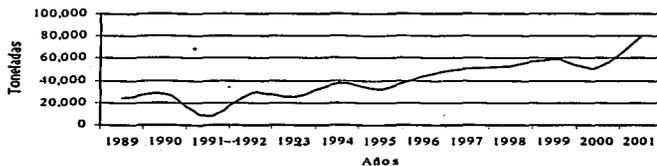
Gráfica 55. Volumen de exportaciones de plaguicidas
(toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

El consumo aparente tiene un comportamiento similar a las importaciones. De 1989 a 1990 presentan un comportamiento constante, en 1991 presenta una caída, pero hay una recuperación hasta 1999, para presentar una ligera caída el año siguiente y finalmente vuelve a recuperarse en el 2001 donde se alcanza el máximo nivel con 78,915 toneladas, es decir, un crecimiento del 232.0% respecto a 1989 (ver gráfica 56). La TCPA es del 10.5%.

Gráfica 56. Volumen del consumo aparente de plaguicidas
(toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

2.6I4 Capacidad instalada y producción de plaguicidas

Durante el 2001 la capacidad instalada de esta especialidad decreció un 5.5%, la capacidad máxima de producción fue de 56,700 toneladas por año y el grado de utilización fue de 41.9% .

La distribución de la producción en este mismo año por grado de importancia son: "insecticidas con el 60.8%, herbicidas con el 30.5%, funguicidas con el 5.75, otros con el 3.0%" del total de la producción.

Fuente: SENER. Anuario Petroquímico 2001

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.6J PLASTIFICANTES

“Son compuestos que al ser añadidos a un plástico incrementan su flexibilidad, manejabilidad o grado de dilatación. La función de estos materiales es reducir las fuerzas intermoleculares normales de la resina, para permitir el deslizamiento macromolecular con mayor libertad”⁸⁰.

La mayor parte de los plastificantes son líquidos orgánicos no volátiles o sólidos con bajo punto de fusión. Los principales plastificantes que conforman este grupo son los adipatos, ftalatos, meleatos y epoxilados, entre otros.

2.6J1 Usos de algunos plastificantes

Los ftalatos son compuestos sintéticos que son usados comúnmente para dar flexibilidad a plásticos. Los productos en los que se encuentra incluyen cepillos de dientes, partes de automóviles, herramientas, juguetes, y empaques de alimentos. El ftalato también es usado en cosméticos, insecticidas y aspirina.

2.6J2 Empresas productoras de plastificantes

El anexo B muestra las empresas productoras de plastificantes en México.

2.6J3 Evolución de la especialidad plastificantes

La producción de plastificantes presenta una tasa de crecimiento ligeramente positiva de 1989 a 1991, para posteriormente iniciar una importante disminución durante los años 1992 y 1993, pero en 1994 y 1995 hay una pronta recuperación, sin embargo enseguida sufre una caída. De 1997 a 1999 se observa una paulatina recuperación, alcanzando en este último año el máximo volumen de producción histórico con 82,837 toneladas, 49.7% mayor a 1989, finalmente en los últimos años se observa una tendencia de decrecimiento, alcanzando en el 2001 un crecimiento sólo del 29.7% por encima de 1989 (ver gráfica 57). La TCPA es del 2.2%.

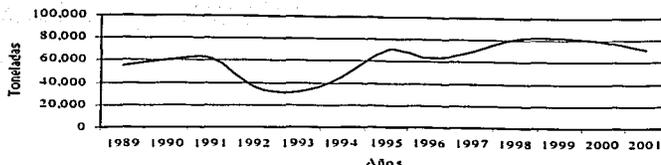
Durante el 2001 este sector “enfrentó aumentos en el precio del gas natural reduciendo su competitividad, y una empresa implantó paros de planta por el reducido nivel de ventas”.⁸¹

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

⁸⁰Secretaría de Energía, Minas e Industria paraestatal. op. cit. p. 35.

⁸¹Secretaría de Energía. op. cit. p. 179

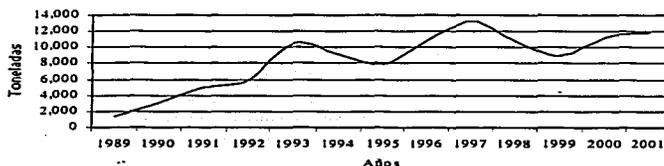
Gráfica 57. Volumen de producción de plastificantes (toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

Las importaciones presentan periodos de crecimiento-decrecimiento, los periodos de crecimiento se presentan de 1989 a 1993, de 1996 a 1997, donde se alcanza el nivel máximo de importaciones 13,286 toneladas, y de 1999 a 2001, mientras tanto los periodos de decrecimiento se presentan de 1993 a 1995, y de 1997 a 1999. Éstas son en el 2001 784.2% mayores a 1989 (ver gráfica 58). La TCPA es del 19.9%.

Gráfica 58. Volumen de importaciones de plastificantes (toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

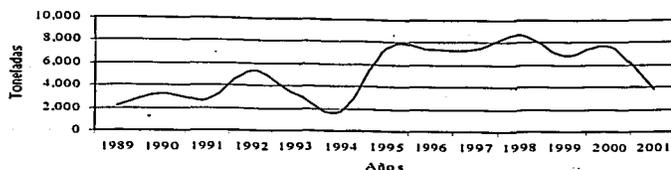
Las exportaciones muestran ciclos de crecimiento-decrecimiento, las fases de crecimiento se presentan de 1989 a 1990, de 1991 a 1992, 1994 a 1995, donde en este periodo se observa un fuerte crecimiento, de 1997 a 1998, donde se alcanza el nivel máximo de exportaciones con 7,374 toneladas (243.3% mayor a 1989) y finalmente de 1999 al 2000, mientras que las fases de decrecimiento se presentan de 1990 a 1991, de 1992 a 1994, de 1995 a 1996, de 1998 a 1999 y del 2000 al 2001, donde en este último año se alcanza un crecimiento del 78.8% respecto a 1989 (ver gráfica 59). La TCPA es del 4.9%.

Durante el 2001 "las exportaciones se vieron afectadas por la paridad peso/dólar y por la sobre oferta de productos en el mercado internacional".⁸²

⁸² Ibidem. p. 179

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

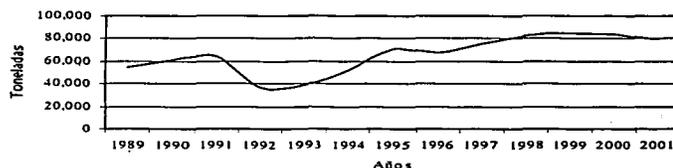
**Gráfica 59. Volumen de exportaciones de plastificantes
(toneladas por año)**



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

El consumo aparente muestra una evolución semejante a la producción, presenta un leve crecimiento de 1989 a 1991; pero se observa una importante caída en el siguiente año, siendo ésta la más drástica en el periodo de estudio, posteriormente se observa una recuperación durante el periodo de 1993 hasta 1995 y una ligera caída en 1996, de 1997 a 1999 se presenta un crecimiento paulatino, donde se tiene el nivel máximo de consumo con 85,022 toneladas, 55.9% mayor a 1989, finalmente durante el 2000 y el 2001 se observa una ligera caída, donde en este último año se alcanzó un nivel de crecimiento del 46.4% respecto a 1989 (ver grafica 60). La TCPA es del 3.2%.

**Gráfica 60. Volumen del consumo aparente de plastificantes
(toneladas por año)**



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

2.6J4 Capacidad instalada y producción de plastificantes

Durante el 2001 la capacidad instalada de esta especialidad tuvo un crecimiento negativo del 4.8% respecto al 2000, la capacidad máxima de producción fue de 101,900 toneladas por año y el grado de utilización fue del 70.4%.

La distribución de la producción de los plastificantes en este mismo año por orden de importancia son: los ftalatos con 86.8%, los adipatos con el 0.7%, los meleatos con el 0.2% y otros con el 12.3% del total de la producción.

Fuente. SENER. Anuario Petroquímico 2001

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.6K PROPELENTES Y REFRIGERANTES

“Éstos, por sus propiedades de no toxicidad, de no ser flamables y tener una amplia gama de aplicaciones, se emplean en la fabricación de aerosoles y espumas, para la refrigeración, aire acondicionado, en productos electrónicos y extintores de fuego. Las principales materias primas utilizadas para la producción de propelentes son el gas butano y el propano, y para los refrigerantes el tetracloruro de carbono y el cloroformo”.⁸³

2.6K1 Usos de algunos propelentes y refrigerantes

A continuación que describen algunos de los clorofluorometanos que se producen en México:

R-11 (Triclorofluorometano)

Utilizado para la limpieza de circuitos de refrigeración, en grades instalaciones de aire acondicionado y para espumación. Es líquido a temperatura ambiente.

R-12 (Diclorodifluorometano)

Utilizado en neveras, muebles de frío, pequeñas cámaras de helados y en general aparatos que conservan la temperatura, y en el aire acondicionado del automóvil.

R-22 (Monoclorodifluorometano)

Utilizado en grandes instalaciones de Aire Acondicionado y equipos portátiles.

R-113 (Triclorotrifluoroetano)

Utilizado para refrigeración.

2.6K2 Empresas productoras de propelentes y refrigerantes

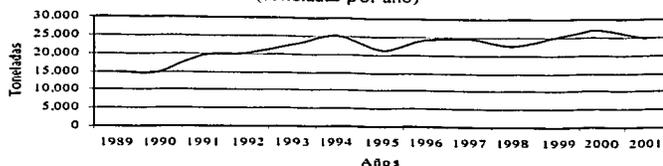
El anexo B presenta las empresas productoras de propelentes y refrigerantes en México.

2.6K3 Evolución de la especialidad propelentes y refrigerantes

La producción presenta durante el periodo de 1989 a 1994 un crecimiento paulatino, posteriormente la producción presenta un comportamiento cíclico con tendencia positiva hasta el 2001 colocándose la producción este último año en un 65.0% por encima del observado en 1989 (ver gráfica 61). La TCPA es del 4.2%.

⁸³ Ibidem. p. 118

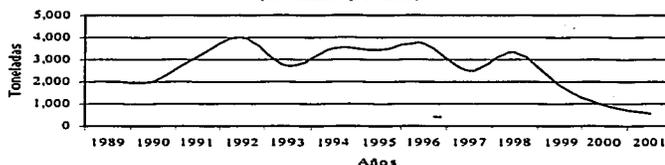
Gráfica 61. Volumen de producción de propelentes y refrigerantes (toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

Las importaciones muestran un crecimiento constante de 1989 a 1992, donde se alcanza el máximo histórico con 4,015 toneladas, 102.9% mayores a 1989, pero en el año siguiente sufren una importante caída, posteriormente de 1993 al 2001 presentan un comportamiento oscilatorio con una marcada tendencia decreciente (ver gráfica 62). La TCPA es de -10.2%.

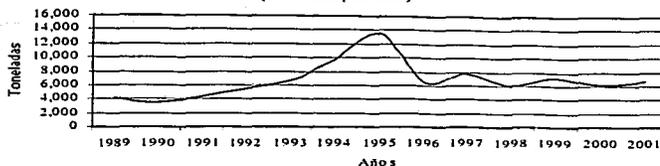
Gráfica 62. Volumen de importaciones de propelentes y refrigerantes (toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

Las exportaciones muestran un alto crecimiento de 1989 a 1995 pasando de 4,246 toneladas a 13,619 toneladas respectivamente, es decir, un crecimiento de 200.7% con respecto al año base, pero en 1996 presentan una fuerte caída, para posteriormente mantenerse a niveles aproximados hasta el 2001, donde se alcanza en este último año un crecimiento de 56.7% respecto a 1989 (ver gráfica 63). La TCPA es del 3.8%.

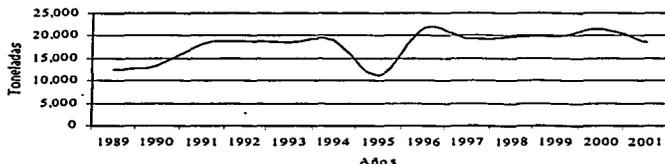
Gráfica 63. Volumen de exportaciones de propelentes y refrigerantes (toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

El consumo aparente muestra un crecimiento positivo de 1989 a 1992, posteriormente éste se mantiene a niveles constantes de hasta 1995, en 1996 presenta una caída, pero al año siguiente muestra una pronta recuperación para alcanzar un nivel muy parecido de consumo al de 1995, finalmente se mantiene en niveles constantes hasta el 2001, donde se observa un crecimiento del 46.2% respecto a 1989 (ver gráfica 64). La TCPA es del 3.2%.

Gráfica 64. Volumen del consumo aparente de propelentes y refrigerantes (toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

2.6K4 Capacidad instalada y producción de propelentes y refrigerantes

Durante el 2001 la capacidad instalada de esta especialidad se mantuvo constante con respecto al 2000, la capacidad máxima de producción fue de 45,500 toneladas por año y el grado de utilización fue del 53.8%.

La distribución de la producción durante este mismo año por orden de importancia son: el gas propelente con el 60.0% y el clorofluorometanos con el 40.0% del total de la producción.

Fuente: SENER. Anuario Petroquímico 2001

2.6L QUÍMICOS AROMÁTICOS

“Los productos de este grupo comprenden un amplio rango de compuestos orgánicos, generalmente aromáticos en su estructura, utilizados para impartir sabores y aromas característicos a los alimentos, cosméticos, tabacos, productos farmacéuticos y productos higiénicos para el cuidado personal y el hogar, entre otros”⁸⁴.

Dependiendo de su origen los químicos aromáticos se clasifican en naturales y sintéticos.

2.6L1 Empresas productoras de químicos aromáticos

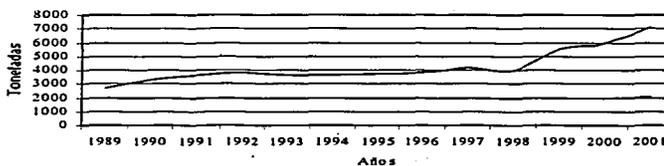
El anexo B presenta las empresas productoras de químicos aromáticos en México.

2.6L2 Evolución de la especialidad químicos aromáticos

Las producción de aromáticos muestra un ligera tasa de crecimiento de 1989 a 1992, se mantiene en niveles constantes de 1993 a 1998 y finalmente se 1999 al 2001 se observa un crecimiento paulatino, donde en este último año se alcanza una producción 163.0% mayor a 1989 (ver gráfica 65). La TCPA es del 8.4%.

Durante el 2001 esta especialidad “enfrentó problemas en los precios del gas LP y los servicios que impactaron en los costos de producción, también problemas con el suministro de tolueno por parte de Pemex”⁸⁵.

Gráfica 65. Volumen de producción de químicos aromáticos (toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

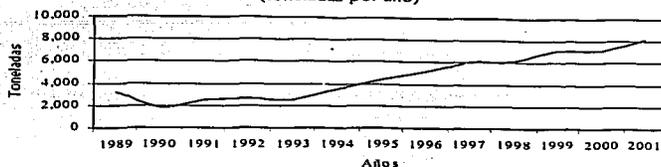
Las importaciones muestran sólo una ligera caída de 1989 a 1990, posteriormente muestran un crecimiento paulatino hasta llegar al 2001 mostrando un nivel de importaciones del 158.8% por encima del observado en 1989 (ver gráfica 66). La TCPA es del 8.2%.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

⁸⁴ Secretaría de Energía, Minas e Industria paraestatal. op. cit p. 37

⁸⁵ Secretaría de energía. op cit .p 182

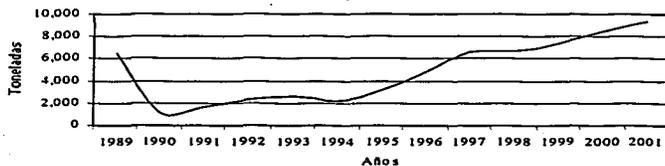
Gráfica 66. Volumen de Importaciones de químicos aromáticos (toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

Las exportaciones muestran de 1989 a 1991 una fuerte caída pasando de 6,478 toneladas a 1,630 toneladas respectivamente, es decir, un decrecimiento del 74.8% con respecto a 1989, pero posteriormente se observa un crecimiento paulatino hasta el 2001, donde se tiene el nivel máximo de exportaciones con 9,361 toneladas, 44.5% mayores al observado en 1989 (ver gráfica 67). La TCPA es del 3.1%.

Gráfica 67. Volumen de exportaciones de químicos aromáticos (toneladas por año)

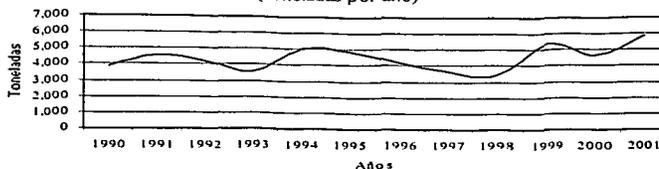


Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

El consumo aparente muestra durante todo el periodo de estudio un comportamiento oscilatorio con una ligera tendencia a aumentar, en el año 2001 se alcanzó un crecimiento del 50.5% respecto a 1990. La TCPA es del 3.8%.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Gráfica 68. Volumen del consumo aparente de químicos aromáticos (toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

2.6L3 Capacidad instalada y producción de químicos aromáticos

Durante el 2001 la capacidad instalada de esta especialidad aumento 46.0% respecto al 2000, la capacidad máxima de producción fue de 9,200 toneladas por año y el grado de utilización fue del 77.2%.

La distribución de la producción de químicos aromáticos en este mismo año por orden de importancia son: los acetatos con el 41.5%, los salicilatos con el 33.7%, el propianato de bencilo y dicilo con el 12.0%, la L-carvanay el fenil atanol con el 10.0%, otros con el 2.8% del total de la producción.

Fuente: SENER. Anuario Petroquímico 2001

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.6M AGENTES TENSOACTIVOS

“Los agentes tensoactivos son sustancias químicas orgánicas, que en solución acuosa modifican la tensión superficial del líquido. Dichos productos son capaces de penetrar materiales porosos, dispersar partículas sólidas, emulsionar aceites y grasas, o producir espuma cuando se agitan, por estas propiedades pueden ser: agentes humectantes, detergentes, agentes penetrantes, dispersantes, emulsificantes y espumantes”⁸⁶.

Existen muchos compuestos químicos que tienen propiedades tensoactivas, sin embargo de acuerdo con su comportamiento en solución acuosa los tensoactivos se clasifican en: aniónicos, catiónicos, no-iónicos y anfotéricos.

2.6M1 Empresas productoras de agentes tensoactivos

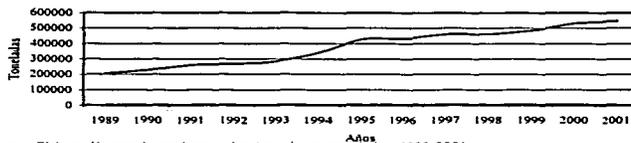
El anexo B presenta las empresas productoras de agentes tensoactivos en México.

2.6M2 Evolución de las especialidad agentes tensoactivos

La producción de agentes tensoactivos muestra un crecimiento paulatino durante todo el periodo de estudio, el mayor periodo de crecimiento se observa de 1993 a 1995. El nivel de producción en el 2001 es 164.9% mayor con respecto a 1989 (ver gráfica 69). La TCPA es del 8.4%.

Durante el 2001 este sector “enfrentó variaciones excesivas en el precio del gas natural y el encarecimiento de materias primas nacionales que obligó a buscar materias primas importadas más baratas”.⁸⁷

Gráfica 69. Volumen de producción de agentes tensoactivos
(toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

Las importaciones de tensoactivos muestran un nivel constante de 1989 a 1991, pero de 1992 a 1994 se muestra un gran crecimiento, al siguiente año se observa una caída y enseguida se presenta un crecimiento constante hasta el 2000 donde se alcanza el nivel máximo de exportación con 106,167 toneladas para finalmente tener una ligera caída en el 2001 y alcanzar un 64.5% por encima del observado en 1989. (ver gráfica 70). La TCPA es del 16.5%.

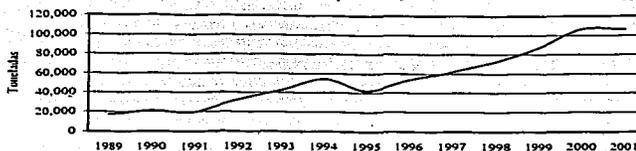
⁸⁶ Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal. op. cit. p. 37

⁸⁷ Secretaría de Energía. op cit. p. 177

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Durante el 2001 enfrentó “la entrada de productos importados de EUA (Texas), Rusia, Corea y otros países, a precios bajos, pero de no muy buena calidad, que han contraído el mercado nacional”.⁸⁸

Gráfica 70. Volumen de importaciones de agentes tensoactivos (toneladas por año)

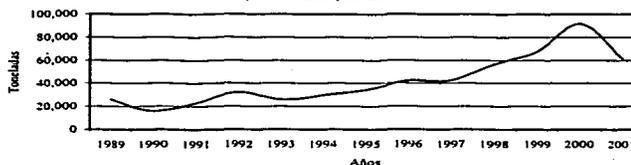


Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

Las exportaciones muestran una ligera caída de 1989 a 1990, pero posteriormente se observa un crecimiento paulatino a partir de 1991 hasta el 2000, en donde se alcanza el nivel máximo de importación con 91,481 toneladas (252.6% mayores a 1989), finalmente se observa una importante caída en el 2001 para colocarse este último año con un 136.4% de crecimiento respecto a 1989 (ver gráfica 71). La TCPA es de 7.4%.

Esta especialidad reportó al Anuario Petroquímico que durante el 2001 se enfrentó un tipo de cambio peso/dólar desfavorable para la exportación.

Gráfica 71. Volumen de exportaciones de agentes tensoactivos (toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

El consumo aparente presenta un crecimiento paulatino durante todo el periodo de estudio, excepto en el 2001. El nivel de consumo en este último año es 199.6% mayor respecto a 1989. La TCPA es del 9.6%.

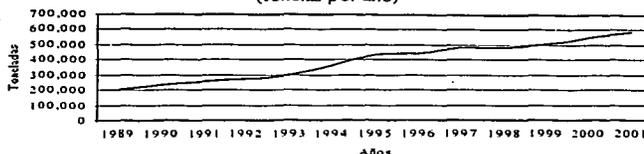
⁸⁸ Ibidem. p. 177

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Subramas de la industria petroquímica mexicana

Durante el 2001 esta especialidad enfrentó "un mercado interno con mucha competencia que generó poca utilidad, cero beneficios y hasta pérdidas en empresas menos competitivas".⁸⁹

Gráfica 72. Volumen del consumo aparente de agentes tensoactivos (tonelas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

2.6M3 Capacidad instalada y producción de agentes tensoactivos

Durante el 2001 la capacidad instalada de esta especialidad tuvo un crecimiento de 3.3%, la capacidad máxima de producción fue de 776,300 toneladas por año y el grado de utilización fue del 70.3%.

La distribución de la producción en el mismo año por orden de importancia son: aniónicos con el 81.0%, no aniónicos con el 9.8% y catiónicos con el 9.2% del total de la producción.

Fuente: SENER. Anuario Petroquímico 2001

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

⁸⁹ Ibidem. p. 177

2.6N3 OTRAS ESPECIALIDADES

“Este grupo incluye una amplia gama de productos, los cuales van dirigidos a diversas industrias tales como la cervecera, cerámica, cerillera, aceitera, alimenticia, combustible, minero-metalúrgica, farmacéutica, fotográfica, textil, galvanoplástia, azucarera, y electrónica, entre otras”⁹⁰.

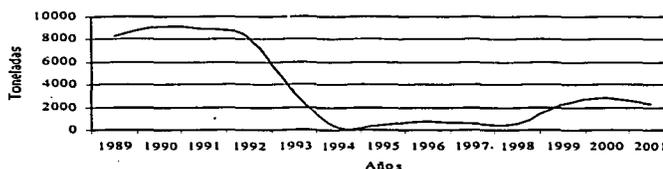
2.6N1 Empresas productoras de otras especialidades

El anexo B muestra las empresas que fabrican otras especialidades en México.

2.6N2 Evolución de otras especialidades

La producción de otras especialidades presenta niveles aproximados de 1989 a 1992, pero a partir de año siguiente y hasta 1994 se observa una drástica caída. Posteriormente la producción se mantiene estable hasta 1998 y en 1999 se muestra un crecimiento hasta el 2000 para finalmente tener una ligera caída en el 2001, donde se alcanza un nivel de producción sólo del 26.8% del observado en 1989 (ver gráfica 73). La TCPA es del -10.4%.

Gráfica 73. Volumen de producción de otras especialidades
(toneladas por año)



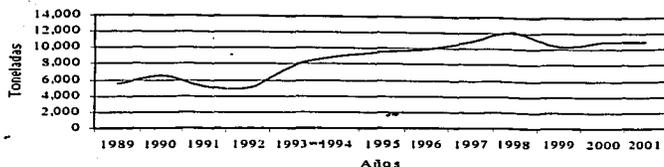
Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

Las importaciones muestran de 1989 a 1990 un ligero aumento, posteriormente presentan una disminución de 1991 a 1992, pero de 1993 y hasta 1998 se observa un alto crecimiento, alcanzando el máximo nivel en este último año con 12,194 toneladas, 123.65% mayores a 1989, al año siguiente muestran una caída pero una pronta recuperación en el 2000 y 2001, donde en este último año se alcanza un crecimiento del 101.9% sobre el observado en 1989 (ver gráfica 74). La TCPA es del 6.0%.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

⁹⁰Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal. op. cit p.38.

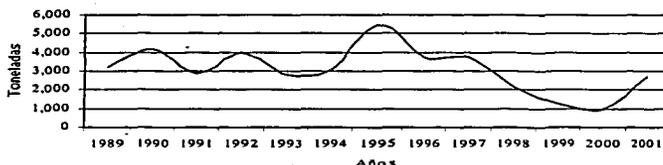
Gráfica 74. Volumen de importaciones de otras especialidades (toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

Las exportaciones muestran varios ciclos de crecimiento decrecimiento, las fases de crecimiento se presentan de 1989 a 1990, de 1991 a 1992, de 1994 a 1995, donde se alcanza el nivel máximo de exportaciones con 5,464 toneladas (70.0% mayores a 1989) y del 2000 al 2001, donde se alcanza un 83.4% por encima de lo observado en 1989. Las fases de decrecimiento se presentan de 1990 a 1991, de 1992 a 1993 y de 1995 al 2000 donde se presenta una drástica caída, alcanzando solamente el 29.8% del nivel exportado en 1989 (ver gráfica 75). La TCPA es del -1.5%.

Gráfica 75. Volumen de exportaciones de otras especialidades (toneladas por año)

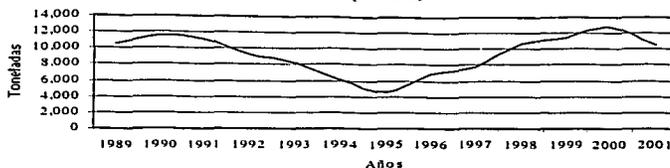


Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

El consumo aparente presenta un ligero crecimiento de 1989 a 1990; pero a partir del año siguiente y hasta 1995 presenta un constante decrecimiento alcanzando tan sólo el 43.0% del consumo observado en 1989. Posteriormente se observa una paulatina recuperación hasta el 2000 donde se alcanza el nivel máximo de consumo con 12,810 toneladas (21.4% mayor a 1989), para finalmente tener una caída en el 2001, donde se coloca en un nivel de consumo igual a 1989 (ver gráfica 76). La TCPA es del 0.0071%.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Gráfica 76. Volumen del consumo aparente de otras especialidades (toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicos 1989-2001

2.6N3 Capacidad y producción de otras especialidades

Durante el 2001 la capacidad instalada de otras especialidades tuvo un aumento de 19.3% respecto al 2000, la capacidad máxima de producción fue de 9,900 toneladas por año” y el grado de utilización fue del 22.2%.

La distribución de la producción de otras especialidades en este mismo año por orden de importancia son: cloruros y benzoatos con el 11.1%, oleoatos con el 5.6%, estearatos con el 4.1%, cocoatos con el 3.0% y otros 76.6% del total de la producción.

Fuente: SENER. Anuario Petroquímico 2001

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3

CAPÍTULO 3

PANORAMA INTERNACIONAL DE LA INDUSTRIA

PETROQUÍMICA

La industria petroquímica ha tenido un crecimiento muy alto por más de 50 años. Este crecimiento se da principalmente con la manufactura de insumos básicos e intermedios y polímeros sintéticos utilizados por las diferentes subramas.

El valor de la industria química durante el 2002 se estima en 1.82 billones de dólares, 2.8% mayor al año anterior que fue de 1.77 billones de dólares. La región líder en mundo es Asia, seguida por la Unión Europea y América del Norte.

Las 10 primeras empresas del mundo alcanzaron un total de ventas en conjunto cercanas a los 178 mil millones de dólares durante el 2001, que equivalen a casi a el 10% del valor total de la industria química.

3.1 BREVE HISTORIA DE LA PETROQUÍMICA INTERNACIONAL

A partir de la segunda mitad de los años 40s y hasta finales de los 70s, la demanda global de los petroquímicos creció a un ritmo superior al 10% anual. Esto se debió a principalmente a la rápida sustitución de los materiales naturales por materiales sintéticos como los plásticos y las fibras, y a la gran disponibilidad de insumos petrolíferos como el etano, las naftas y gas LP, a los avances tecnológicos y a las economías que permitieron altos niveles de producción a bajo costo. Fue a finales de los años 70's cuando la industria petroquímica comenzó a mostrar un gran crecimiento.

La industria petroquímica global estaba claramente dominada por los EU, Europa Occidental y Japón. Hasta principios de los 80's éstas participaban con más del 80% de la producción mundial. Sin embargo se comenzaron a construir nuevas plantas petroquímicas en otros países (como Canadá y Arabia Saudita) con reservas abundantes de petróleo curdo y gas natural.

Países como Singapur, Corea, y Taiwán expandieron rápidamente su capacidad durante las décadas de los 80's y 90's para abastecer sus economías y para exportar a otras regiones con capacidades limitadas como China. Otros países como Tailandia, Malasia, Indonesia y Brasil, debido a su gran necesidad de autoabastecimiento, incrementaron sus capacidades.

Al entrar en operación de estas plantas, los mercados de exportación de Estado Unidos, Europa Occidental y Japón disminuyeron y los volvió vulnerables a las importaciones de más bajo costo de otros productores. Debido a esto, la industria petroquímicas de EU, Europa Occidental y Japón han presentado tasas de decrecimiento más bajas.

3.2 PRINCIPALES PRODUCTOS PETROQUÍMICOS

Los productos que más se producen en la industria petroquímica son el metanol, las oleofinas (etileno, propileno, butadieno y butilenos) y los aromáticos (benceno, tolueno y xileno). Éstos son las materias primas para un gran número de productos químicos y son considerados como *petroquímicos primarios*.

Durante el 2000 la capacidad anual mundial para la producción de estos siete petroquímicos primarios alcanzó 311 millones de toneladas métricas. El etileno es el petroquímico más importante en términos de volumen, seguido por el propileno y el benceno.

3.2.1 Situación de los petroquímicos primarios

Etileno y sus derivados

Durante el año 2001 la capacidad nominal anual para la producción de etileno alcanzó 105 millones de toneladas métrica. Una enorme planta que incrementó enormemente la capacidad de producción mundial de etileno en el 2001es la Craker de Nova Chemical/Down que arrancó a fines del 2000 en Joffre, Alberta. Esta unidad es la más grande del mundo y cuanta con una capacidad de producción de 1.3 millones de toneladas anuales.

Con la fusión de Down Chemical y Union Carbide, Down es el mayor productor de etileno. Los 4 principales productores de etileno son Down, Exxon-Movil, Royal Dutch/Shell y Equistar.

Aromáticos y derivados

Las grandes compañías petroleras tienen el control de este segmento. En EU la reformación catalítica de las fracciones del petróleo crudo representan la principal fuente de aromáticos, cerca del 85% de la oferta de BTX y la pirólisis de la gasolina representa el 15%.

En Europa Occidental la producción de aromáticos a partir de la pirólisis representa un porcentaje mayor que en EU, debido al uso predominante de la nafta y gasóleo en la producción del etileno. El 60% del benceno proviene de las gasolinas de pirólisis.

Los 12 productores más importantes del mundo de benceno representan el 40% de la capacidad mundial. Las principales empresas son Exxon-Movil, Royal Dutch/Shell, Down Chemical, PB-Amoco, TotalfinaElf, Chevron y PDVSA.

Los 10 principales productores de tolueno en el mundo representan cerca del 40% de la capacidad total mundial y son: Exxon-Movil, BP-Amoco, Chevron Phillips Chemical, Reliance Industries, Koch Petroleum Group, PDVSA, Royal Dutch/Shell, CPC, Formosa Chemical y Pemex.

Los xilenos son el segundo aromático de importancia en términos de consumo mundial. El p-xileno es el más importante de los tres isómeros. La fusión de Exxon y Movil dio como resultado la empresa productora líder de xilenos a nivel mundial. BP es el segundo productor en volumen.

Las compañías como BASF, Mitsubishi Group, ENI y Sinopec están muy integradas de los aromáticos a una gran variedad de derivados.

Metanol y derivados

Actualmente el metanol se obtiene principalmente del gas natural y en menores cantidades del petróleo. Los países con una gran disponibilidad de gas natural (como Canadá, Malasia, Chile y Arabia Saudita) han construido capacidad de metanol enfocada a la exportación, dando como consecuencia una mayor oferta mundial de metanol.

Uno de los proveedores importantes de metanol al mundo hasta principios de los 80's era Estados Unidos, el cual se ha convertido actualmente en un gran importador de metanol.

3.3 SITUACIÓN INTERNACIONAL DE LAS SUBRAMAS PETROQUÍMICAS

3.3.1 Intermedios

Se espera que el consumo de olefinas ligeras para el periodo 2001-2007 sean mayores al 5% promedio anual. El polietileno marcará la pauta del crecimiento global de la demanda de petroquímicos intermedios.

Se espera que las exportaciones de América del Norte y del Medio Oriente sigan cubriendo las necesidades de consumo en la creciente Asia

3.3.2 Fertilizantes Nitrogenados

Estados Unidos es uno de los principales consumidores de fertilizantes y representa el 13% del consumo total mundial. Europa Occidental el 11% del consumo mundial. Europa es un gran productor de fertilizantes, sin embargo, en los últimos años la región se ha vuelto una importadora neta de éstos. Rusia tienen un papel muy importante ya que es un productor significativo, representa el 8% del consumo mundial, China representa el 22% del consumo mundial de fertilizantes y Japón sólo representa el 1.2%

3.3.3 Resinas sintéticas

El segmento principal de las resinas sintéticas son las poliolefinas, ya que durante el 2001 se consumieron cerca de 84 millones de toneladas. Debido a que estos productos seguirán sustituyendo a los materiales naturales se espera un consumo cercano a las 113 millones de toneladas de poliolefinas para el 2007. Las resinas más importantes son el PVC, los polietilenos, el polipropileno y el poliestireno.

En 1998 México participó con el 1.32% de la producción mundial de polipropileno, con el 2.95% de la producción mundial de poliestireno y con el 1.54 % de la producción mundial de polipropileno. Los cuadros 3.1, 3.2 y 3.3 presentan la producción mundial de las tres últimas poliolefinas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 3.1

VOLUMEN DE LA PRODUCCION MUNDIAL DE POLIPROPILENO
SEGUN PAISES SELECCIONADOS
1995-98
(Miles de toneladas)

PAIS	1995	1996	1997	1998 P/
Total	14 832	14 920	16 176	16 998
Japon	2 502	2 700	2 854	2 520
Corea, Rep. de	1 019	1 738	2 056	2 355
Francia	1 065	1 107	1 239	1 321
Bélgica	1 056	1 100	1 285	1 310
Alemania	405	499	40	385
Eslovenia	387	429	542	748
Brasil	559	500	639	709
Italia	549	439	542	535
República Unida de México	90	99	205	479
México	227	278	264	224
Estados Unidos	153	148	139	153
República Rusa	82	82	103	148
Polonia	137	138	144	135
República Checa	104	118	119	124
Otros países	5 547	5 259	6 048	5 351

Nota: Resina seca con contenido de propileno polimerizado

a/ Vetas

b/ peso húmedo de resina y materiales plásticos

Fuente: Para México: ANIQ, A.C. Anuario Estadístico de la Industria Química Mexicana, 2001.

Para el resto de los países: ONU. Industrial Commodity Statistics Yearbook, 1998.

(citado por INEGI, "Industria Química en México 2001". p. 181)

Cuadro 3.2

VOLUMEN DE LA PRODUCCION MUNDIAL DE POLIESTIRENO
SEGUN PAISES SELECCIONADOS
1995-98
(Miles de toneladas)

PAIS	1995	1996	1997	1998 P/
Total	9 894	9 751	9 607	9 348
Japon	2 149	2 178	2 201	1 975
Corea, Rep. de	905	1 000	1 104	1 038
Alemania	828	559	532	630
República Unida de México	337	349	307	470
Bélgica	447	417	414	412
Hong Kong	337	392	336	398
Italia	272	279	291	287
México	123	138	187	282
República Suiza	388	450	232	197
Eslovenia	140	197	197	167
Brasil	186	150	143	153
República Checa	70	80	84	98
Suecia	30	31	58	70
Francia	56	64	61	64
Polonia	46	47	49	52
Colombia	50	NO	80	80
República Rusa	39	54	48	35
Otros países	3 391	3 400	3 243	3 229

Nota: Resina seca con contenido de estireno polimerizado

Fuente: Para México: ANIQ, A.C. Anuario Estadístico de la Industria Química Mexicana, 2001.

Para el resto de los países: ONU. Industrial Commodity Statistics Yearbook, 1998.

(citado por INEGI, "Industria Química en México 2001". p. 181)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 3.3

VOLUMEN DE LA PRODUCCION MUNDIAL DE POLIETILENO
SEGUN PAISES SELECCIONADOS
1995-98
(Miles de toneladas)

PAIS	1995	1996	1997	1998 P ¹
Total	31 521	32 181	31 841	32 274
Japón	3 193	3 313	3 366	3 143
Corea, Rep. de	2 541	2 507	2 243	3 133
China	ND	2 194	2 190	2 283
Alemania	1 791	1 758	1 725	1 795
Brasil	1 239	1 281	1 485	1 518
Italia	ND	1 361	1 375	1 258
Francia	1 417	1 355	1 158	1 249
Países Bajos	2 007	1 968	1 117	1 232
Rusia	1 052	1 055	1 065	1 177
Federación Rusa	685	573	566	597
México	527	528	528	497
Suecia	484	441	440	497
Reino Unido	533	615	453	340
Turquía	300	303	303	291
Argentina	274	244	283	290
Portugal	230	227	260	263
Estados Unidos	170	170	172	179
Polonia	151	164	160	173
Corea, Rep.	145	144	145	144
China, Rep.	108	121	121	134
España	843	856	900	ND
Argentina	278	274	258	ND
Otros países	13 753	10 718	13 779	12 035

Nota: Resina seca con contenido de estireno polimerizado

Fuente: Para México: ANIQ, A.C. Anuario Estadístico de la Industria Química Mexicana, 2001.

Para el resto de los países: ONU. Industrial Commodity Statistics Yearbook, 1998.

(citado por INEGI, "Industria Química en México 2001". p. 181)

3.3.4 Fibras químicas

La demanda de fibras químicas ha aumentado más que la demanda de fibras naturales a nivel mundial. Esta tendencia es mayor en los países en vías de desarrollo. Las fibras más importantes son las fibras de poliéster, nylon y las acrílicas.

Se espera un aumento en la demanda mundial de fibras de poliéster, del 4.2% anual para el periodo del 2002 al 2007 y un incremento en la capacidad del 3.6% anual para el mismo periodo. Para las fibras acrílicas se espera un crecimiento en la demanda del 2.5% anual y un incremento en la capacidad del 2.0% para el mismo periodo. Para las fibras de nylon se espera un incremento de la demanda de 2.8% anual y un incremento en la capacidad del 2.0% anual para el mismo periodo.

3.3.5 Elastómeros y negro de humo

Los hules que se consumen y producen en mayor volumen son los elastómeros de estireno-butadieno y representan el 40% del consumo mundial del hule sintético en el 2001. En los últimos años el consumo de este elastómero ha disminuido debido a que el mercado llantero, que

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

es su mercado más importante, cada vez produce más llantas radiales, las cuales consumen menos SBR. Éste también se ha enfrentado a una mayor competencia en precios frente al hule natural.

A su vez otros hules sintéticos han crecido con mayor rapidez como el hule nitrilo y el hule polibutadieno.

La capacidad mundial para producir SBR en el 2001 se estima en 5 millones de toneladas métricas. Los principales productores de SBR en EU son empresas fabricantes de llantas que controlan el 50% de la producción en esa región.

En cuanto al negro de humo cerca del 70% del consumo mundial se utiliza en la producción de llantas, otro 20% se emplea en la manufactura de productos de hule. El negocio del negro de humo está en manos de empresas químicas y tres son las que poseen el 50% de la capacidad mundial y son: Cabot Corporation, Degussa y Columbian Chemicals.

3.3.6 Adhesivos

Los mercados para los adhesivos siguen en crecimiento, debido a la sustitución de materiales tradicionales por sintéticos. A nivel mundial este mercado se estima en más de 3.1 millones de toneladas con un valor cercano a los 23,000 millones de dólares en el 2001. Los productos de poliuretano son los adhesivos de mayor fabricación, los cuales representan el 77.0% del total.

3.3.7 Aditivos para alimento

Esta industria está muy fragmentada, con una gran variedad de productos y participantes que atienden a la industria del alimento como mercado final. Los productores de este sector varían en tamaño, en productos y mercados.

3.3.8 Agentes tensoactivos

Esta industria es muy compleja debido a factores como el enorme número de productores, tipos de productos y los diversos mercados finales.

El consumo de agentes tensoactivos y surfactantes alcanzó en el año 2001 cerca de 6.2 millones de toneladas, valuados alrededor de 10,000 millones de dólares.

3.3.9 Colorantes

Participan más de 2000 empresas en la industria mundial de colorantes, con una concentración importante en Asia, particularmente en China e India, donde se localiza el 90% de las empresas. Estas empresas son pequeñas, y sólo ofrecen un producto. Durante el año 2000 las compañías que representaron el 50% del mercado son: Ciba Specialty, Distar, BASF y Clariant.

3.3.10 Explosivos

A principios de lo 80's, esta industria mundial tuvo una gran reestructuración en donde grandes participantes como DuPont y Hercules salieron del mercado o vendieron sus negocios a otros participantes.

Los mercados de explosivos industriales en Europa Occidental y Japón se caracterizan por ser pequeños con respecto al mercado norteamericano (conjuntamente representan sólo el 10% del mercado norteamericano) y no se espera un crecimiento en los próximos años.

3.3.11 Farmoquímicos

Este mercado mundial involucra cerca de 2,000 productos y su valor se estima alrededor de 45 mil 600 millones de dólares en el 2001. Asimismo, se estima un crecimiento del 6.5% hasta 2007.

3.3.12 Hulequímicos

Se estima que el consumo en las regiones más importantes (estados Unidos, Europa Occidental y Japón) es de 342 miles de toneladas métricas. Estados Unidos es el consumidor más importante, representa el 45% del consumo total de estas tres regiones.

3.3.13 Materias primas de aditivos para lubricantes y aditivos para combustible

El mercado de aditivos para lubricantes está dominado por grandes empresas multinacionales, algunas asociadas a empresas petroleras como Chevron, Ethyl Corporation, Lubrizol e Infineum.

Un gran exportador de aditivos para lubricantes a otras regiones del mundo es Estados Unidos, principalmente a Japón que importa gran parte de su consumo.

3.3.14 Plaguicidas

El mercado mundial de pesticidas se estima en cerca de 33 mil millones de dólares en 2001. En el mundo existen alrededor de 30 importantes empresas productoras de pesticidas, aunque en Estados Unidos, Europa Occidental y Japón está la mitad de ella y controlan más del 90% de la fabricación de éstos.

3.3.15 Plastificantes

La región más importante en términos de capacidad y consumo es Europa Occidental, ya que representa el 25% de la capacidad mundial y el 23% del consumo mundial. Estados unido también tiene una participación importante, representando el 17% de la capacidad y el 19% del consumo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.4 CRECIMIENTO DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN

3.4.1 Medio Oriente

Los productores del Medio Oriente seguirán aprovechando su enorme ventaja de menores costos de los insumos para continuar aumentando su capacidad instalada. Esta región posee cerca del 10% de la capacidad global de etileno.

Los productores europeos y norteamericanos tendrán que competir con las nuevas plantas altamente eficientes de esta región, a medida que la nueva capacidad entre en operación y bajen los grados de utilización a nivel mundial.

La inversiones de nuevos proyectos en los principales países de esta región dependerán de la capacidad financiera y la decisión de las empresas petroquímicas y de energías estatales, de cuestiones socio-políticas internas y externas y de posibles asociaciones con empresas extranjeras que quieran invertir en la región.

Irán tiene ambiciosos planes para desarrollar su industria petroquímica, por medio de su empresa estatal National Petrochemical Co. Algunos ejemplos de las inversiones que busca desarrollar son:

- Un proyecto de oleofinas que arrancó en marzo del 2003 con plantas de etileno (520,000 toneladas métricas de capacidad), propileno, PEAD y PELBD.
- Proyecto de oleofinas en la misma región con plantas de etileno (1.1 millones de toneladas métricas por año), propileno, PEBD, PEAD, PP y etilénglicol.

Qatar ha jugado un papel importante en el desarrollo de nuevas inversiones en petroquímica y tiene planes para completar nuevos proyectos para el 2007. Algunos ejemplos son:

- Q-Chem, un "join-venture" entre Chevron Phillips Chemical y Qatar Petroleum arrancó el segundo complejo de etileno de Qatar, una planta de polietileno y una unidad de 1-hexano en Mesaieed.
- Qatar Petroleum y Atofina son socios mayoristas de Qatofin, que están planeando una planta de 450,000 toneladas métricas de polietileno.

Otros países de la región como Emiratos Arabes Unidos (EAU), Kuwait, Egipto y Omán desarrollaron complejos petroquímicos importantes y tienen otros en planeación. Algunos ejemplos son:

- En los EAU, Borealis completó un "craker" en Borouge a través de un "joint-venture" con Abu Dhabi National Oil. Esta empresa tiene una planta de etileno de 600,000 toneladas métricas y dos plantas de 225,000 toneladas métricas de PEAD/PELBD. Nuevos desarrollos de gas natural harán que tenga etano disponible para nuevos proyectos petroquímicos para el 2007, y así podrá alimentar a un nuevo "craker" de etileno de 1.2 millones de toneladas métricas.

3.4.2 América del Norte

La demanda de productos petroquímicos ha sido baja en los Estados Unidos, principalmente por el bajo crecimiento económico asociado a una caída de la industria manufacturera en general, a pesar de un aumento en la producción de servicios, por lo que no se espera una recuperación significativa hasta el 2004.

La mala posición en costos, a causa de los altos precios del gas natural (los precios de Estados Unidos son los más altos del mundo), causó que la producción de petroquímicos en este país no fuera competitiva frente a los mercados globales y se incrementaron las importaciones de productos finales.

El 2001 fue el peor de la industria petroquímica norteamericana desde los años 80's, pues la demanda presentó una caída del 10%, la rentabilidad de la mayoría de las empresas en el 2002 tampoco fue muy favorable debido a los altos costos de la energía y de los insumos.

Fuentes:

SENER. Anuario Petroquímico 2001

SENER. Panorama y perspectiva internacional de la industria química.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA GLOBAL DE LOS PROCESOS PARA LA FABRICACIÓN DE RESINAS SINTÉTICAS

En este capítulo se determina la eficiencia global de transformación de las resinas sintéticas que emplean las empresas mexicanas tanto públicas como privadas a través de la relación insumo-producto con respecto a los mejores procesos internacionales reportados en el PEP YEARBOOK INTERNATIONAL⁹¹

La relación insumo-producto nos permite conocer si los procesos utilizados por la industria mexicana están dentro de los estándares internacionales o muy lejos de ellos.

4.1 RELACIÓN INSUMO-PRODUCTO Y EFICIENCIA⁹²

A continuación se describen los conceptos utilizados en el estudio de la eficiencia de los procesos de producción de las resinas sintéticas.

Insumo

⁹¹ SRIC. "PEP YEARBOOK". 1998 EUA. 3 Tomos: Europe, Mexican Gulf and Asia

⁹² www.hacienda.gob.ni/sigfa/tomol/progxresult/condicion.htm

Eficiencia global de transformación de las resinas sintéticas

Son los recursos humanos, materiales (bienes intermedios), maquinarias (depreciación y rendimiento), y equipos y servicios no personales que se requieren para el logro de un producto (bien o servicio). Cuantitativamente se expresa en unidades físicas y su valoración monetaria se obtiene multiplicando la cantidad comprada o utilizada por su precio unitario.

Producto

Son bienes o servicios que surgen como resultado, cualitativamente diferente, de la combinación de los insumos que requieren sus respectivas producciones.

Todo bien o servicio producido posee características cualitativas y puede ser, con mayor o menor dificultad, cuantificado. En todo caso es de naturaleza diferente a los insumos que se requieren para su producción.

Relación insumo-producto

Es la relación que, dada una tecnología de producción, se establece entre los diversos insumos, combinados en el proceso de producción en cantidades y calidades adecuadas y precisas, con el respectivo producto que los requiere.

Esta Relación encierra las siguientes características:

- El proceso de combinar diversos recursos (insumos) para la obtención de un producto se denomina producción.
- Cada relación insumo-producto expresa una de las diversas tecnologías de producción disponibles para realizar el proceso de producción.
- Toda relación insumo producto implica determinada relación de cantidad y calidad entre los insumos y el producto resultante.
- Cada relación insumo-producto puede expresarse en coeficientes de insumos-producto.
- La relación insumo-producto vincula, cualitativamente y cuantitativamente, los recursos humanos, materiales (bienes de intermedios) y servicios con el producto que los requiere.

Eficiencia

Se puede definir la eficiencia como la mejor combinación posible de recursos reales y financieros mínimos que permitan producir bienes o servicios adecuados. El concepto de eficiencia se utiliza para analizar los procesos productivos a través de la relación insumo-producto.

En materia de eficiencia debe tenerse presente que los datos que resulten de su medición no pueden ser analizados en términos absolutos, sino que tienen que relacionarse con el alcance insumo-producto que indiquen el resultado de la gestión de la institución relacionado a periodos anteriores y/o con respecto a patrones estándares de referencia, con la debida consideración a los cambios tecnológicos que se hayan introducido en el ámbito de la red de producción de servicios.

Análisis y determinación de la eficiencia global

El PEP YEARBOOK INTERNATIONAL contiene los mejores y más actuales datos económicos para la mayoría de las especialidades, productos químicos y polímeros reportados por Process Economics Program (PEP).

El YEARBOOK contiene la economía de los procesos desarrollados por PEP en base a la información públicamente disponible de patentes, literaturas y comunicados de la industria. El diseño del proceso puede estar basado en la patente de una compañía en particular, pero no necesariamente tiene que ser un proceso utilizado por esa compañía o un licenciador.

El PEP de SRI Internacional es la principal fuente para la evaluación económica de las tecnologías de proceso, con alrededor de 1000 procesos evaluados. El PEP proporciona a la industria química con los datos más actuales, extensas evaluaciones técnicas y económicas para nuevas tecnologías y procesos comerciales ya existentes.

4.2 ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA GLOBAL DE LOS PROCESOS PARA LA FABRICACIÓN DE RESINAS SINTÉTICAS

En este subcapítulo se determina la eficiencia de los procesos utilizados en la industria mexicana para fabricar resinas sintéticas a través de la relación insumo-producto tomando como referencia los procesos internacionales marcados por PEP YEAR BOOK.

En México se fabrican los siguientes tipos de resinas:

Tipo de resina

- Acrílica en solución
- Emulsiones acrílicas estirenadas
- Emulsiones acrílicas
- Poliacrílatos
- Alquidálicas
- Epóxicas
- Fenólicas
- Fumáricas
- Furánicas
- Intercambio iónico
- Meléicas
- Malamina formaldehído
- Emulsiones vinílicas
- Emulsiones vinil acrílicas
- Poliacrilamidas
- Poliamidas
- Cloruro de polivinilo
- Poliéster
- Poliestireno cristal
- Poliestireno expandible
- Poliestireno impacto
- Poliestireno dispersiones
- Polietileno de alta densidad
- Polietileno de baja densidad
- PET (grado botella)
- Polimetacrilato de metilo
- Polipropileno
- Poliuretano flexible
- Poliuretano (sistema) rígido
- Poliuretano (sistema) flexible
- Poliuretanos (sistema) varios
- Poliuretanos (elastómeros)
- Poliuretanos (soluciones)
- ABS
- SAN
- Urea-formaldehído
- Esteres derivados de brea
- Otras

Fuente: Secretaría de Energía

En los anexos B y C se presentan la generalidades de los plásticos y la obtención de polímeros respectivamente. En ellos se tiene información acerca de la clasificación de los plásticos, el concepto de polimerización, así como las técnicas de polimerización y finalmente una breve explicación de cómo dar la forma final a los plásticos.

Debido a la dificultad para obtener la información internacional requerida, sólo se lograron obtener los procesos internacionales para 13 tipos de resinas. Por lo que sólo se efectúa el análisis de eficiencia para éstas. A continuación se describe el perfil técnico-químico de estas resinas, los procesos internacionales y las comparaciones de la eficiencia de los procesos.

4.2.1 Resinas ABS

PERFIL QUÍMICO TECNOLÓGICO

1. **NOMBRE QUÍMICO:** Resina de acrilonitrilo-butadieno-estireno
2. **FÓRMULA CONDENSADA:** $(C_{15}H_{17}N)_n$
3. **PESO MOLECULAR:** $(214)_n$
4. **PROPIEDADES Y PRINCIPALES ESPECIFICACIONES:** Las resinas de acrilonitrilo-butadieno-estireno son sistemas de dos fases y constan de un hule de estireno-butadieno disperso en una matriz vítrea de estireno-acrilonitrilo (SAN).

Las propiedades de esta resina termoplástica son: una dureza excelente, un brillo alto, no se raya, buena resistencia química. Es un sólido dimensionalmente estable entre temperaturas que van de $-40^{\circ}C$ a $107^{\circ}C$, siendo este rango no muy amplio, sin embargo es muy satisfactorio. Tiene una densidad de 1.06 g/cm^3 , con un módulo de elasticidad a la flexión de $20,000$ a $28,000 \text{ Kp/cm}^2$, su fuerza de alargamiento va de 350 a 600 kp/cm^2 , 10% a 40% de alargamiento de rotura. Tiene, alta capacidad para recibir impactos, alta resistencia a la fatiga y buena resistencia eléctrica. Esta resina es inflamable, pero se le puede añadir retardadores de flama.

Las resinas de ABS se pueden metalizar al vacío y pueden ser electroplateadas, son insolubles en alcohol, hidrocarburos alifáticos y aceites. Son atacados por ácidos, hidrocarburos clorados, aldehídos y cetonas.

5. **PRINCIPALES USOS:** Cuando las resinas ABS se moldean por inyección se utilizan para la elaboración de gabinetes de radios, teléfonos, calculadoras y partes para refrigeradores. Por la extrusión se fabrican tuberías y conexiones de alta calidad, también láminas que pueden moldearse para utilizarse en cubiertas para podadoras y vehículos para nieve.

Las resinas de ABS se caracterizan por su facilidad de decoración, pueden pintarse, metalizarse, estamparse, cromarse y no presentan problemas de superficie antiadherente. El plástico metalizado ha sustituido a las parrillas de metal para automóviles.

6. **PRODUCCIÓN Y CAPACIDAD INSTALADA:** En México la capacidad instalada en el año 2001 fue de $130,400$ toneladas por año y la producción en el mismo año fue de $116,265$ toneladas.

7. **TOXICIDAD Y CONTAMINACIÓN:** La pirólisis de ABS genera HCN sumamente venenoso, sin embargo la combustión de ésta si se efectúa en presencia de productos celulósicos como es normal, el HCN que se genera es consumido y sólo se originan los productos normales de una combustión.

Fuentes de información: Estudios de Posgrado de la Facultad de Química. "Perfiles químico-tecnológicos". (1985) / Witcoff A. Harol. "Productos químicos orgánicos industriales vol. 1 Materias Primas y Fabricación. vol. 2 Tecnología, Fabricaciones y Usos". Limusa.(1994). / Secretaría de Energía. "Anuario Estadístico Petroquímica 2001".

4.2.1.1 Procesos de internacionales producción

1) *Resina ABS por polimerización por adición/emulsión*

Descripción del proceso:

El hule de Polibutadieno es parcialmente injertado con estireno y acrilnitrilo a través de una polimerización en emulsión, después la resina de ABS es extraída con monómero de estireno y acrilnitrilo para formar una dispersión de hule estable en fase no acuosa. La polimerización por adición se realiza en dos etapas. La primera etapa se lleva a cabo en un autoclave enchaquetado equipado con un agitador helicoidal. La segunda etapa se realiza en un reactor de flujo tapón de diseño especial. El producto se extrusiona y se granula, éstos son mezclados con aditivos y colorantes. Este proceso es similar a la tecnología licenciada por Toray.

La tabla 4.1 muestra la relación insumo producto de este proceso.

Tabla 4.1 Relación Insumo-producto

MATERIA PRIMA	(Ton de mat. prima / 1Ton de producto)
Estireno	0.574411
Acrilnitrilo	0.25079
Butadieno	0.19647

Fuente: PEP YEARBOOK

2) *Resinas de ABS por polimerización en emulsión*

Descripción del proceso:

Las resinas de ABS son mezclas de SAN rígido y una fase dispersa que consiste de hule polibutadieno, unido con estireno y acrilnitrilo. El proceso incluye la preparación del SAN y dos uniones de hules con SAN, cada uno preparado de un diferente tipo de hule de polibutadieno. Todos los hules son preparados por polimerización en emulsión, los monómeros que no reaccionaron son eliminados de los hules. El SAN es combinado con los dos hules en tres diferentes composiciones. Los hules combinados son precipitados, desecados y pasan a gránulos los cuales son después mezclados con aditivos y colorantes y extrusados en gránulos.

Este proceso es similar al utilizado por la mayorías de los productores de ABS y fue desarrollado por SRI a través de las patentes descritas por Bayer y Uniroyal.

La tabla 4.2 muestra la relación insumo producto para este proceso.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 4.2 Relación insumo-producto

MATERIA PRIMA	(Ton de mat. prima / 1Ton de producto)
Estireno	0.54129
Acrilnitrilo	0.21189
Butadieno	0.25503

Fuente: PEP YEARBOOK

3) *Resinas de ABS por polimerización en emulsión (goma sintética de Japón)*

Descripción del proceso:

El proceso de polimerización en emulsión descrito abajo es un diseño conceptual de SRI basado en una patente emitida en Japón por Synthetic Rubber Company.

Este proceso consiste de seis secciones de operación, produciendo tres resinas de ABS bimodales teniendo un contenido de hule del 10%, 14% y 18% peso. Inicialmente dos hules de polibutadieno con un tamaño de partícula de 0.1 y 0.3 μ m respectivamente, son preparadas de modo intermitente en dos líneas de producción paralelas.

Separadamente, se prepara el copolímero SAN en una serie de dos reactores con la eliminación de los monómeros que no reaccionaron a través de una trampa de vapor. Los dos hules de polibutadieno son combinados con una relación peso de 9:1. La combinación resultante es un injerto del estireno y acrilnitrilo polimerizados en dos reactores operados en paralelo. Los monómeros que no reaccionaron son eliminados a través de una trampa de vapor. Los copolímeros de ABS y SAN preparados de esta manera son combinados en tres diferentes relaciones de pesos, de esta manera son producidos tres copolímeros de ABS con los tres contenidos de hule antes mencionados. Los copolímeros de ABS son secados y comprimidos como producto natural o mezclados con aditivos como retardadores de flama, pigmentos, antioxidantes y/o fibra de vidrio.

La tabla 4.3 muestra la relación insumo producto para este proceso

Tabla 4.3 Relación insumo-producto

MATERIA PRIMA	(Ton de mat. prima / 1Ton de producto)
Estireno	0.62498
Acrilnitrilo	0.23002
Butadieno	0.14975

Fuente: PEP YEARBOOK

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4) *Resinas de ABS por proceso continuo de polimerización por adición*

El proceso continuo de polimerización por adición descrito abajo es un diseño conceptual de SRI basado en la patentes editadas por Monsanto Chemical.

Este proceso consta de tres secciones de operación. Inicialmente el hule de polibutadieno triturado es disuelto en una solución de estireno antes de la polimerización. La polimerización se realiza en dos reactores en serie. La primera reacción es en un autoclave convencional operado a 81°C con un tiempo de reacción de 2 horas. La segunda reacción se lleva a cabo en un reactor isobárico horizontal multifase operado a 147 °C con un tiempo de reacción de 1.7 horas. El efluente del segundo reactor es transferido a un volatilizador para recuperar los monómeros que no reaccionaron. El volatilizador es un evaporador que opera a 245°C y 100mmhg.

El producto resultante es compactado en perlas. Los gránulos de ABS son mezcladas con aditivos como: retardador de flama, pigmentos, antioxidantes.

La tabla 4.4 muestra la relación insumo-producto para este proceso.

Tabla 4.4 Relación Insumo-producto

MATERIA PRIMA	(Ton de mat. prima / 1Ton.de producto)
Estireno	0.52889
Acrilnitrilo	0.25639
Butadieno	0.13299

Fuente: PEP YEARBOOK

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.2.1.2 Eficiencia de los procesos utilizados por la industria mexicana

En la tabla 4.5 se muestra el resumen de los procesos, el desarrollador y la relación insumo-producto para cada uno de los procesos descritos arriba, sólo se considera el insumo principal. Además se muestra la misma relación para las empresas mexicanas que producen resinas ABS.

Tabla 4.5. Evaluación del desempeño insumo principal por tecnología

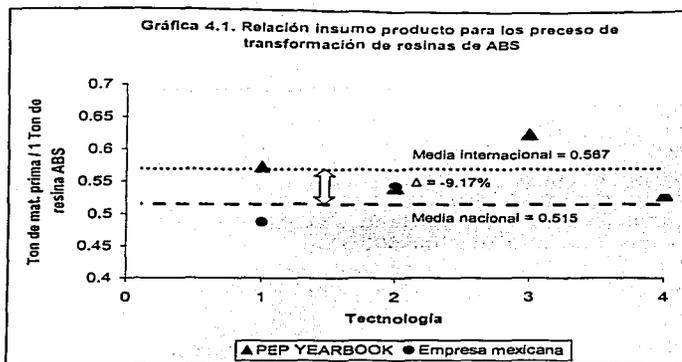
Tecnología	Proceso	Desarrollador	Insumo de referencia	Relación Insumo/producto
				Ton de mat. prima 1 Ton de producto
1	<i>emulsión / polimerización en masa</i>	Toray	Estireno	0.57411
2	<i>polimerización en emulsión</i>	Bayer y Uniroyal	Estireno	0.54129
3	<i>polimerización en emulsión</i>	Syntetic Rubber Company	Estireno	0.62498
4	<i>polimerización en masa continua.</i>	Monsanto Chemical	Estireno	0.52889
1	<i>Empresa mexicana ¹</i>	General Electric Plastics	Estireno	0.4876
2	<i>Empresa mexicana ¹</i>	Basf	Estireno	0.5431

¹ Debido a la confidencialidad que tienen las empresas no se ponen los nombres de las mismas

Fuentes: PEP YEARBOOK en el caso de tecnologías internacionales.

La información de las empresas mexicanas se obtiene de la encuesta petroquímica 2001 de la SENER.

La gráfica 4.1 muestra la relación insumo-producto para los procesos internacionales y para los procesos utilizados por las empresas mexicanas. La relación media para los procesos internacionales, es de 0.567 toneladas de estireno para producir una toneladas de resina de ABS, mientras que la media de los procesos utilizados por empresas mexicanas es de 0.515 toneladas de estireno para producir una toneladas de resinas de ABS.



Como se puede observar la empresa mexicana 2 tiene una relación insumo-producto muy cerca de la tecnología internacional 2. La empresa mexicana 1 tiene una relación insumo-producto que utiliza menos insumos para producir 1 Ton de resina de ABS, por lo que esta empresa está por encima de los estándares internacionales.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.2.2 Policloruro de vinilo (PVC)

PERFIL QUÍMICO TECNOLÓGICO

1. **NOMBRE QUÍMICO:** Polímero de cloruro de vinilo
2. **FÓRMULA CONDENSADA:** $(-\text{CH}_2-\text{CHCl}-)_x$
3. **PESO MOLECULAR:** Variable
4. **PROPIEDADES Y PRINCIPALES ESPECIFICACIONES:** Resina termoplástica en polvo blanco o granos incoloros. Tiene una densidad de 1.38 g/cm^3 , su temperatura de fusión es de 85°C . Es soluble en hidrocarburos clorados y cetonas. Es resistente a aceites minerales, alcoholes, ácidos y álcalis diluidos. Se degrada a una temperatura de $300-400^\circ\text{C}$.

Existen dos tipos de cloruro de polivinilo, el flexible y el rígido. Ambos tienen alta resistencia a la abrasión y a los productos químicos.

Estos materiales pueden estirarse hasta 4.5 veces su longitud original. El PVC rígido tiene densidades de 1.3 a 1.6. Los artículos hechos con este material no pueden estirarse más del 40% de su longitud original

El cloruro de polivinilo rígido o sin plastificar tiene grupos polares C-Cl. Su cristalinidad es baja y es opaco cuando se le procesa en forma convencional, se puede polimerizar en fase condensada para fabricar botellas transparentes.

Es un polímero que tiene bajo costo, posee buena resistencia al impacto, es rígido, es resistente a los productos químicos e inflamable.

Su degradación es un problema, en especial en su procesamiento, siendo esta una de las razones por la que se utilizan copolímeros de PVC.

El PVC flexible o plastificado debe su nombre a que la adición del primer 1.2% de plastificante lo hace rígido, pero cantidades adicionales mayores lo convierten gradualmente en un plástico blando y flexible, tiene propiedades mecánicas deficientes, pero tiene muchas aplicaciones donde se requiere un plástico blando.

5. PRINCIPALES USOS: El PVC no es muy utilizado para empaque excepto en botellas rígidas, donde ofrece un fácil procesamiento y un producto menos quebradizo que otros materiales transparentes como los policarbonatos y poliestirenos.

El PVC flexible debido a su flexibilidad y resistencia al fuego es muy adecuado para aislamientos en alambres y cables eléctricos, por su resistencia al agua es muy utilizado en la fabricación de impermeables y calzado y en la elaboración de papel tapiz, ya que es resistente al lavado.

Las resinas de PVC casi nunca se usan solas, sino que se mezclan con diferentes aditivos.

6. PRODUCCIÓN Y CAPACIDAD INSTALADA: En México la capacidad instalada en el año 2001 fue de 564,100 toneladas por año y la producción en el mismo año fue de 434,838 toneladas.

7. **TOXICIDAD Y CONTAMINACIÓN:** Presenta un importante inconveniente, que no se degrada, es decir permanece intacto por mucho tiempo

8. **COMENTARIOS SOBRE LA SITUACIÓN INTERNACIONAL DEL MERCADO:** La producción de PVC representa el segundo producto de mayor importancia de las resinas sintéticas a nivel internacional Se espera un incremento en la demanda mundial del 3.5% anual durante el periodo del 2002 al 2007.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fuentes: Estudios de Posgrado de la Facultad de Química. "Perfiles químico-tecnológicos". (1985) / Wittcoff A. Harol. "Productos químicos orgánicos industriales vol. 1 Materias Primas y Fabricación, vol. 2 Tecnología, fabricaciones y Usos". Limusa.(1994). / Secretaría de Energía. "Anuario Estadístico Petroquímica 2001". / Chow, P. Susana. "Petroquímica y sociedad". F.C.E. (1998).

4.2.2.1 Procesos internacionales de producción

1) PVC por polimerización directa

Descripción del proceso:

El cloruro de vinilo es polimerizado en lotes en dos etapas. En el polimerizador, la reacción es iniciada por el dietilperoxicarbonato a 67°C por 0.25 horas para convertir el 8% del cloruro de vinilo. La mezcla reaccionante es transferida a uno de los cinco polimerizadores el cual contiene el 40% del total del cloruro de vinilo cargado en el lote. La polimerización es iniciada por peroxicarbonato de dietilo y lauril peróxido a 70°C por 3.5 hr. Para alcanzar una conversión del 67% con respecto al total de cloruro de vinilo cargado en el lote. El cloruro de vinilo que no sufrió conversión es recuperado en tres etapas: 1) desgasificación directa a 60 psia, 2) venteo y compresión a presión atmosférica 3) evacuación a vacío a 60 mmHg. Durante la siguiente etapa una solución acuosa de lauril sulfato de sodio es añadida a el vapor desprendido del polímero. Todo este cloruro de vinilo es condensado y recuperado en dos condensadores utilizando agua fría y un refrigerante. El polímero estabilizado terminado es enviado a almacenamiento.

Este proceso esta basado en la patente desarrollada por Atochem.

Tabla 4.6 Relación insumo-producto

MATERIA PRIMA	(Ton de mat. prima / 1Ton de producto)
Cloruro de vinilo	1.01014
Lauril peróxido	0.00036

Fuente: PEP YEARBOOK

2) PCV por polimerización en emulsión por lotes

Descripción del proceso:

El cloruro de vinilo emulsionado en agua con lauril bencensulfonato, fosfato de sodio monobásico y alcohol estearico es polimerizado en dos líneas de polimerización en paralelo, cada una con tres polimerizadores. Una cantidad controlada de ácido ascórbico y peróxido de hidrógeno son añadidas para iniciar la reacción, la temperatura de polimerización de 52°C es controlada con casi toda la capacidad de enfriamiento. La reacción se lleva a cabo en 6 horas para alcanzar una conversión del 82.3%. La mayor parte del cloruro de vinilo que no se convirtió es desgasificada en un retenedor de gas donde el monómero se recupera continuamente. La dispersión de polímero que contiene 2.5% de cloruro de vinilo es enviada a un estabilizador a vacío para reducir el contenido de cloruro de vinilo hasta aproximadamente un 0.8%. La dispersión tratada pasa a través de unas coladeras para eliminar agregados de mayor tamaño y es concentrada en evaporadores de capa delgada antes de ser secada por rocío. El polímero secado esta terminado y es enviado a almacenamiento.

Este proceso esta basado en la patente de Huels.

Tabla 4.7 Relación insumo-producto

MATERIA PRIMA	(Ton de mat. prima / 1Ton de producto)
Cloruro de vinilo	1.01319
Alcohol estearico	0.00036

Fuente: PEP YEARBOOK

3) PCV por polimerización en suspensión

Descripción del proceso:

Un lote cloruro de vinilo suspendido en agua con ácido acrílico-complímero de diacrilato glicol-etileno y mono laurato de sorbitan es polimerizado en dos líneas de polimerización en paralelo, cada una con tres polimerizadores. La reacción es iniciada por el di (2-etil-hexil) peroxycarbotato a 57 °C por 6 horas, para alcanzar una conversión del 88%. La mayor parte del cloruro de vinilo que no sufrió conversión es desgasificado por un retenedor de gas del cual el monómero se recupera continuamente. La suspensión de polímero que contiene aproximadamente 14,000 ppm de cloruro de vinilo (en base sólidos) se envía continuamente a una columna de estabilización de suspensión donde se utiliza vapor para eliminar aproximadamente el 99.0% del cloruro de vinilo restante. El polímero estabilizado es separado del resto del agua por medio de una centrifuga y secado en un secador de lecho fluidizado. El polímero seco esta terminado y es enviado a almacenamiento.

Este proceso esta basado en una patente de Shin-Etsu chemical.

Tabla 4.8 Relación insumo-producto

MATERIA PRIMA	(Ton de mat. prima / 1Ton de producto)
Cloruro de vinilo	1.00914

Fuente: PEP YEARBOOK

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4) PVC por polimerización en emulsión

Descripción del proceso: --

El cloruro de vinilo en emulsión es polimerizado en un polimerizador de operación continua. Los emulsificantes son el lauril-sulfato de sodio, lauriloxietil sulfato de sodio y el tetradecil sulfato de sodio. La polimerización es iniciada por el persulfato de sodio, la dispersión de PVC con una conversión del cloruro de polivinilo del 93% es descargada continuamente del polimerizador a un tanque agitado. La mayor parte del cloruro de vinilo que no reaccionó desgasificada del tanque agitado a un retenedor de gas del cual el monómero es continuamente recuperado. La dispersión de PVC sufre una estabilización de manera intermitente y después es continuamente secado por rocío.

Este proceso esta basado en las patentes emitidas por Chemische Werke Huels

Tabla 4.9 Relación insumo-producto

MATERIA PRIMA	(Ton de mat. prima / 1Ton de producto)
Cloruro de vinilo	1.01

Fuente: PEP YEARBOOK

4.2.2.2 Eficiencia de los procesos utilizados por la industria mexicana

En la tabla 4.10 se muestra el resumen de los procesos, el desarrollador y la relación insumo-producto para cada uno de los procesos descritos arriba, sólo se considera el insumo principal. Además se muestra la misma relación para las empresas mexicanas que producen PVC.

Tabla 4.10. Evaluación del desempeño insumo principal por tecnología

Tecnología	Proceso	Desarrollador	Insumo de referencia	Relación Insumo/producto
				Ton de mat. prima 1 Ton de producto
1	<i>polimerización en masa</i>	Atochem	Cloruro de vinilo	1.01014
2	<i>polimerización en emulsión por lotes</i>	Huels	Cloruro de vinilo	1.01319
3	<i>polimerización en suspensión</i>	Shin-Etsu chemical.	Cloruro de vinilo	1.00914
4	<i>polimerización en emulsión</i>	Chemische Werke Huels	Cloruro de vinilo	1.01
1	<i>Empresa mexicana¹</i>	-	Cloruro de vinilo	1.001
2	<i>Empresa mexicana¹</i>	-	Cloruro de vinilo	1.002
3	<i>Empresa mexicana (por masa)¹</i>	Atofina	Cloruro de vinilo	1.0116
4	<i>Empresa mexicana (por emulsión)¹</i>	V-tech	Cloruro de vinilo	1.0288
5	<i>Empresa mexicana (por suspensión)¹</i>	V-tech	Cloruro de vinilo	1.0912

Notas:

¹ Debido a la confidencialidad que tienen las empresas no se ponen los nombres de las mismas

Fuentes: PEP YEARBOOK en el caso de tecnologías internacionales.

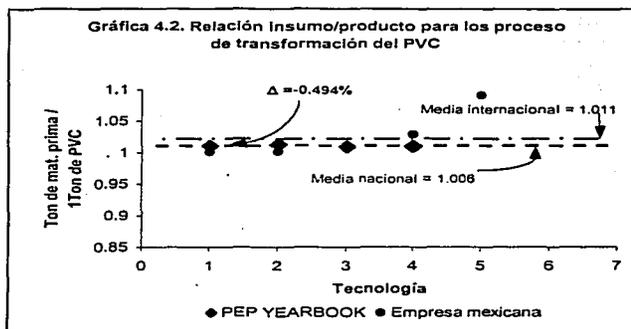
La información de las empresas mexicanas se obtiene de la encuesta petroquímica 2001 de la SENER.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Análisis y determinación de la eficiencia global

En la gráfica 4.2 se puede observar que las cuatro primeras empresas mexicanas tienen una relación insumo-producto muy cercana a las internacionales, sólo una empresa mexicana tiene una relación un poco más alejada respecto a la internacional.

La relación media para los procesos internacionales, es de 1.011 toneladas de cloruro de vinilo para producir una tonelada de PVC, mientras que la media de los procesos utilizados por empresas mexicanas es de 1.006 toneladas de cloruro de vinilo para producir una tonelada de PVC.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.2.3 Resinas fenol-formaldehído (fenólicas)

1. **NOMBRE QUÍMICO:** Polímero de fenol formaldehído

2. **PROPIEDADES Y PRINCIPALES ESPECIFICACIONES:** Las resinas fenol-formaldehído pertenecen al grupo de termofijos tradicionales. Es un sólido gris a negro, infusible cuando se ha curado, es resistente a la humedad, a los solventes y al calor hasta los 200°C, posee buena resistencia eléctrica; no es combustible. Con ácidos oxidantes sufre descomposición, pero es resistente a los álcalis.

3. **PRINCIPALES USOS:** Se utilizan en moldeo o como adhesivos y en laminados decorativos. La resistencia de estas resinas al calor es mejor que la mayoría de las otras resinas termoplásticas, tiene resistencia al agua. La desventaja de las fenólicas es que tienen un color oscuro y sólo se puede modificar un poco a través de la adición de pigmentos para dar tonos oscuros o negro.

4. **PRODUCCIÓN Y CAPACIDAD INSTALADA:** En México la capacidad instala en el año 2001 fue de 61,055 toneladas por año y la producción en este mismo año fue de 23,975 toneladas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fuentes: Estudios de Posgrado de la Facultad de Química. "Perfiles químico-tecnológicos". (1985) / Wittcoff A. Harol. "Productos químicos orgánicos industriales vol. 1 Materias Primas y Fabricación. vol. 2 Tecnología, fabricaciones y Usos". Limusa.(1994). / Secretaría de Energía. "Anuario Estadístico Petroquímica 2001".

4.2.3.1 Procesos internacionales de producción

1) *Resina Fenol-formaldehído Novalac en polvo para moldeo*

Un jarabe de fenol-formaldehído Novalac es hecho por la condensación parcial de 0.83 moles de formaldehído y un mol de fenol (formando una solución acuosa) en un reactor intermitente a 100°C. La reacción es iniciada por un ácido y se lleva a cabo en 2 horas. El fenol y el formaldehído que no reaccionó son removidos por una trampa de vapor, el agua es evaporada al vacío. La resina derretida es convertida en hojuelas y éstas son echas polvo. La resina en polvo se mezcla con 10% de el agente de curación hexametilentetramina, lubricante estearato de calcio, y un peso igual de relleno de harina de madera. La mezcla combinada es parcialmente cortada en láminas y después cortada como gránulos. La tabla 4.11 muestra la relación insumo producto de este proceso.

Este proceso ha sido elaborado por SRI en base a artículos publicados por varios productores.

Tabla 4.11 Relación insumo-producto

MATERIA PRIMA	(Ton de mat. prima / 1Ton de producto)
Fenol	0.902
Formaldehído	0.25

Fuente: PEP YEARBOOK

2) *Resina fenólica por Jarabe Resol de fenol-formaldehído, 50% sólidos en proceso por lotes*

Descripción del proceso:

Un jarabe resol de fenol-formaldehído es una solución acuosa de un polímero parcialmente condensado con 1.3 moles de formaldehído y un mol de fenol, el tiempo de reacción es de 2 a 3 horas a 60°C. Cada lote contiene alrededor de 50% de sólidos en por ciento peso. La reacción es iniciada por hidróxido de sodio. Cuando se llega al grado deseado de condensación, el fenol o el formaldehído que no reaccionó es retirado con una corriente de vapor a vacío. El jarabe es enfriado, neutralizado (pH de 7.0) con ácido sulfúrico y filtrado. La tabla 4.12 muestra la relación insumo producto de este proceso.

Este proceso ha sido elaborado por SRI de los artículos publicados por varios productores.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 4.12 Relación insumo-producto

MATERIA PRIMA	(Ton de mat. prima / 1Ton de producto)
Fenol	0.829
Formaldedhído	0.344

Fuente: PEP YEARBOOK

4.2.3.2 Eficiencia de los procesos utilizados por la industria mexicana

En la tabla 4.13 se muestra el resumen de los procesos, el desarrollador y la relación insumo-producto para cada uno de los procesos descritos arriba, sólo se considera el insumo principal. También se muestra la misma relación para las empresas mexicanas que producen resinas fenólicas.

Tabla 4.13. Evaluación del desempeño insumo principal por tecnología

Tecnología	Proceso	Desarrollador	Insumo de referencia	Relación Insumo/producto
				Ton de mat. prima 1 Ton de producto
1	<i>polvos de moldeo Novalac</i>	varios productores	Fenol	0.902
2	<i>Jarabe Resol</i>	varios productores	Fenol	0.829
1	<i>Empresa mexicana¹</i>	-	Fenol	0.674
2	<i>Empresa mexicana¹</i>	Perstop	Fenol	0.3766
3	<i>Empresa mexicana¹</i>	-	Fenol	0.62
4	<i>Empresa mexicana (novalac)¹</i>	Propia	Fenol	0.9
5	<i>Empresa mexicana (resoles)¹</i>	Propia	Fenol	0.6496
6	<i>Empresa mexicana¹</i>	-	Fenol	0.835
7	<i>Empresa mexicana¹</i>	-	Fenol	0.97
8	<i>Empresa mexicana¹</i>	-	Fenol	0.7234
9	<i>Empresa mexicana (novalac)¹</i>	Huttene-Albertus	Fenol	0.939
10	<i>Empresa mexicana (resoles)¹</i>	Huttene-Albertus	Fenol	0.423
11	<i>Empresa mexicana¹</i>	Reichhold chemical	Fenol	0.4
12	<i>Empresa mexicana¹</i>	-	Fenol	0.32

lotas:

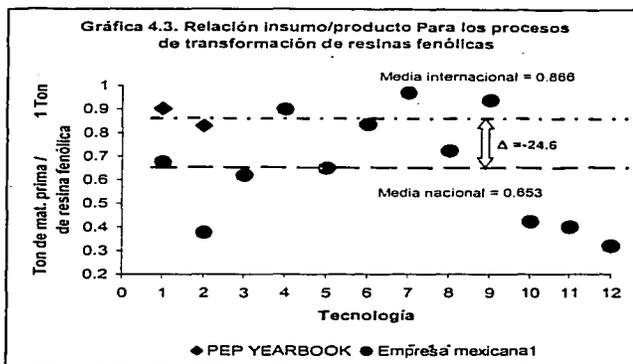
Debido a la confidencialidad que tienen las empresas no se ponen los nombres de las mismas

uentes: PEP YEARBOOK en el caso de tecnologías internacionales.

La información de las empresas mexicanas se obtiene de la encuesta petroquímica 2001 de la SENER.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la gráfica 4.3 se muestran las relaciones insumo-producto para los procesos de fabricación de resinas fenólicas. Como se puede observar las empresas mexicanas 4 y 6 tienen relaciones insumo-producto prácticamente iguales a los procesos internacionales, las empresas 7 y 9 tienen una relación cercana a la media internacional y todas las demás empresas mexicanas tienen una relación insumo-producto que es más eficiente que las marcadas por los procesos internacionales, sobre todo las empresas 2, 10, 11 y 12 que producen una tonelada de resinas fenólicas con mucho menos insumo.



Hay tres empresas mexicanas que producen resinas fenólicas a partir de paraformaldehído (producto de la polimerización de formaldehído), tienen una relación insumo-producto de 0.0384, 0.0652 y 0.050 toneladas de paraformaldehído por toneladas de resina fenólica.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.2.4 PET grado botella (Poliéster)

PERFIL QUÍMICO TECNOLÓGICO

1. **NOMBRE QUÍMICO:** Resina de poliéster
2. **FÓRMULA CONDENSADA:** Es variable, depende del alcohol y el ácido de agente reforzante (comúnmente estireno)
3. **PESO MOLECULAR:** Es variado, depende del uso final de la resina.
4. **PROPIEDADES Y PRINCIPALES ESPECIFICACIONES:** Este material tiene una buena barrera a los gases y a la humedad, además tiene buena resistencia al rasgado, es altamente transparente y con brillo.
4. **PRINCIPALES USOS:** El PET es un poliéster grado botella, se utiliza para fabricar envases rígidos, sin embargo se encuentra también en forma de película, siendo ésta la que se conoce como poliéster.

El principal consumo del PET grado botella se debe a su aplicación en las botellas para refresco, algunas de éstas están ya compitiendo con las latas de aluminio. Además de estas botellas hay otro tipo de botellas y recipientes donde se utiliza la resina de PET, tales como en los recipientes de líquidos para limpieza, detergentes, como envases en un gran número de bebidas, envases para alimentos (que no sean envasados a temperaturas superiores a los 60°C, ya que el envase sufre deformación) y contenedores para pelotas de tenis.

6. **PRODUCCIÓN Y CAPACIDAD INSTALADA:** En México la capacidad instalada en el año 2001 fue de 499,000 toneladas por año y la producción en este mismo año fue de 453,777 toneladas.
7. **COMENTARIOS SOBRE LA SITUACIÓN INTERNACIONAL DEL MERCADO:** Se espera que en los EU la demanda global crezca un 6.5% a 7.0% anual durante el periodo del 2002 al 2007 y un crecimiento anual de la capacidad instalada de 5.5% a 6.05 durante el mismo periodo.
8. **TOXICIDAD Y CONTAMINACIÓN:** Esta resina no es considerada como tóxica, pero los productos hechos con esta resina no son biodegradables.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

4.2.4.1 Procesos internacionales de producción

1) *PET grado botella*

Descripción del proceso:

El proceso descrito abajo esta basado en la información de Zimmer y en patentes publicadas por Dhabi-Ashomer y Dhabi International.

Ácido tereftálico, etilenglicol y catalizador de polimerización trióxido de antimonio son mezclados con bis(2-hidroxietil) tereftalato reciclado para formar una pasta. La pasta es alimentada al primero de los cinco reactores en serie: 2 reactores de esterificación, 2 reactores de prepolicondensación y un reactor de policondensación final. Los dos reactores de esterificación operan a 260 °C, pero el primero opera a una presión de 4.97 atm y el segundo a 1.97 atm. El vapor de ambos reactores es destilado para eliminar el agua formada por la reacción y recuperar el etilenglicol el cual es regresado al primer reactor. Un tercio del líquido del segundo reactor, principalmente tereftalato es recirculado al primer reactor. Los dos tercios restantes son alimentados al primer reactor de policondensación operado a 275 °C y 250 mmHg, después pasa al segundo reactor operado a 275 °C y 50 mmHg. El efluente líquido del segundo reactor se alimenta al reactor de policondensación final que opera a 280 °C y 1 mmHg. El etilenglicol formado es eliminado como vapor de varios reactores de policondensación y después es condensado, purificado por destilación y reciclado. El polímero derretido es convertido en gránulos, secado, clasificado y almacenado en recipientes hasta su uso o embarque. La tabla 4.14 muestra la relación insumo-producto de este proceso.

Tabla 4.14 Relación insumo-producto

MATERIA PRIMA	(Ton de mat. prima / 1Ton de producto)
Ácido tereftálico	0.86748

Fuente: PEP YEARBOOK

4.2.4.2 Eficiencia de los procesos utilizados por la industria mexicana

En la tabla 4.15 se muestra el resumen de los procesos, el desarrollador y la relación insumo-producto para cada uno de los procesos descritos arriba, sólo se considera el insumo principal. Además se muestran la misma relación para las empresas mexicanas que producen PET grado botella.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 4.15. Evaluación del desempeño insumo principal por tecnología

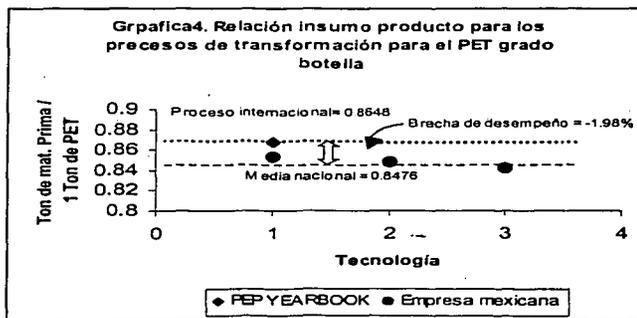
Tecnología	Proceso	Desarrollador	Insumo de referencia	Relación Insumo/producto
				Ton de mat. prima / 1 Ton de producto
1	PET del ácido tereftálico	Zimmer-Dhabi-Ashomer	ácido tereftálico	0.86748
1	Empresa mexicana ¹	-	ácido tereftálico	0.853
2	Empresa mexicana ¹	Eastman chemical co.	ácido tereftálico	0.848
3	Empresa mexicana ¹	-	ácido tereftálico	0.8418

Notas:

¹ Debido a la confidencialidad que tienen las empresas no se ponen los nombres de las mismas

Fuentes: PEP YEARBOOK en el caso de tecnologías internacionales.
La información de las empresas mexicanas se obtiene de la encuesta petroquímica 2001 de la SENER.

En la gráfica 4.4 se muestra la relación para el proceso internacional, que es de 0.8648 toneladas de ácido tereftálico para producir una toneladas de PET, mientras que relación media para los procesos utilizados por las empresas mexicanas es de 0.8476 toneladas de ácido tereftálico para producir una toneladas de PET. Como se puede observar los procesos utilizados por las empresas mexicanas utilizan una menor cantidad de insumo para producir una tonelada de PET.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

4.2.5 Poliéster

PERFIL QUÍMICO TECNOLÓGICO

1. **NOMBRE QUÍMICO:** Resina de poliéster
2. **FÓRMULA CONDENSADA:** Variable
3. **PESO MOLECULAR:** Variable
4. **PROPIEDADES Y PRINCIPALES ESPECIFICACIONES:** Las resinas de poliéster insaturadas son líquidas y solo algunas veces son sólidas. La viscosidad va desde 100 cps hasta 300 cps, su densidad va desde 1.10 g/cm³ hasta 1.40 g/cm³. Esta resina es insoluble al agua y es soluble en solventes orgánicos del tipo del estireno.

Una resina de poliéster insaturado está compuesta por un poliéster lineal, cuya cadena tiene dobles enlaces etilénicos y un monómero no saturado, como el estireno, que se copolimeriza con el poliéster para formar un material con enlaces cruzados. El poliéster lineal es un producto de condensación de un ácido o anhídrido dibásico insaturado (p.e. anhídrido meileico o ácido fumárico), un ácido o anhídrido saturado (p.j. anhídrido ftálico, ácido adíptico o ácido isoftálico) y un glicol (p.j. propilenglicol, etilenglicol, dietilenglicol o dipropilenglicol).

El estireno es el polímero más común para el entrecruzamiento. Se pueden utilizar otros monómeros para dar resistencia a la intemperie o dar mayor resistencia al fuego.

4. **PRINCIPALES USOS:** El poliéster se puede reforzar con fibra de vidrio. El poliéster reforzado se utiliza para la fabricación de mobiliario y construcción. Una cierta formulación de poliéster proporciona imitaciones de fachadas de mármol, se pueden fabricar chimeneas muy ligeras, equipos para juegos, puertas para duchas, etc.

Los poliésteres pueden moldearse para fabricar mangos de pistolas, por moldes giratorios se fabrican bolas de boliche y secciones de tuberías para drenaje.

6. **PRODUCCIÓN Y CAPACIDAD INSTALADA:** En México la capacidad instalada durante el 2001 fue de 87,425 toneladas por año y la producción en el mismo año fue de 62,561 toneladas.

7. **TOXICIDAD Y CONTAMINACIÓN:** No es considerada como sustancia tóxica, sin embargo los productos fabricados con esta resina no son biodegradables.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fuentes: Estudios de Posgrado de la Facultad de Química. "Perfiles químico-tecnológicos". (1985) / Wittcoff A. Harol. "Productos químicos orgánicos industriales vol. 1 Materias Primas y Fabricación, vol. 2 Tecnología, fabricaciones y Usos". Limusa. (1994). / Secretaría de Energía. "Anuario Estadístico Petroquímica 2001".

4.2.5.1 Procesos internacionales de producción

1) Poliéster insaturado a partir del propilenglicol y anhídridos por el proceso de fusión

Descripción del proceso:

El anhídrido meléico y el anhídrido ftálico son policondensados con propilenglicol para formar poliésteres insaturados para alcanzar el grado deseado. El agua formada en la reacción se elimina separándola con un gas inerte. El tiempo de reacción es alrededor de cinco horas. Los productos de la reacción son llevados a un tanque de dilución donde éstos son diluidos con estireno.

El proceso se basa en la patente de PPG. La tabla 4.16 muestra la relación insumo-producto para este proceso.

Tabla 4.16 Relación Insumo-producto

MATERIA PRIMA	(Ton de mat. prima / 1Ton de producto)
Estireno	0.4
Propilenglicol	0.258
Anhídrido ftálico	0.246
Anhídrido meléico	0.163

Fuente: PEP YEARBOOK

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Análisis y determinación de la eficiencia global

4.2.5.2 Eficiencia de los procesos utilizados por la industria mexicana

En la tabla 4.17 se muestra el resumen de los procesos, el desarrollador y la relación insumo-producto para cada uno de los procesos descritos arriba, sólo se considera el insumo principal. También se muestra la misma relación para las empresas mexicanas que producen poliéster.

Tabla 4.17. Evaluación del desempeño insumo principal por tecnología

Tecnología	Proceso	Desarrollador	Insumo de referencia	Relación Insumo/producto
				Ton de mat. prima 1 Ton de producto
1	<i>a partir del propilenglicol y anhídridos por el proceso de fusión</i>	PPG	Anhídrido ftálico	0.246
1	<i>Empresa mexicana ¹</i>	Propia	Anhídrido ftálico	0.2667
2	<i>Empresa mexicana ¹</i>	-	Anhídrido ftálico	0.216
3	<i>Empresa mexicana ¹</i>	Propia	Anhídrido ftálico	0.14
4	<i>Empresa mexicana ¹</i>	Propia	Anhídrido ftálico	0.25
5	<i>Empresa mexicana ¹</i>	-	Anhídrido ftálico	0.15
6	<i>Empresa mexicana ¹</i>	Propia	Anhídrido ftálico	0.1428
7	<i>Empresa mexicana ¹</i>	RYRSA	Anhídrido ftálico	0.2509
8	<i>Empresa mexicana ¹</i>	Reichhold Chemicals Inc.	Anhídrido ftálico	0.3

Notas:

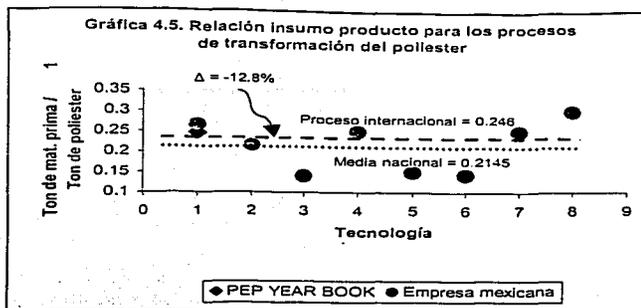
¹Debido a la confidencialidad que tienen las empresas no se ponen los nombres de las mismas

Fuentes: PEP YEARBOOK en el caso de tecnologías internacionales.
La información de las empresas mexicanas se obtiene de la encuesta petroquímica 2001 de la SENER.

En la gráfica 4.5 se puede ver que la relación para el proceso internacional, que es de 0.246 toneladas de anhídrido ftálico para producir una tonelada de poliéster, mientras que relación media para los procesos utilizados por las empresas mexicanas es de 0.2145 toneladas de anhídrido ftálico para producir una tonelada de poliéster.

Como se puede observar las empresas mexicanas 1, 4 y 7 tienen una relación insumo-producto muy cercana a la internacional, mientras que las empresas mexicanas 2, 3, 5 y 6 producen una tonelada de poliéster con una menor cantidad de insumo..

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Existen dos empresas mexicanas que utilizan otros insumos, una con tecnología propia utiliza como insumo principal Bisfenol A con una relación insumo-producto de 0.621 toneladas por toneladas de poliéster y otra empresa que utiliza como insumo principal glicoles propilénicos con una relación insumo-producto de 0.625 toneladas por toneladas de poliéster.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.2.6 Poliestireno

PERFIL QUÍMICO TECNOLÓGICO

1. NOMBRE QUÍMICO: Poliestireno

2. FÓRMULA CONDENSADA: $[C_6H_5-CH-CH_2]_n$

3. PESO MOLECULAR: Variable

4. PROPIEDADES Y PRINCIPALES ESPECIFICACIONES: Es un polímero termoplástico. El poliestireno (cristal o de uso común) es una resina clara y transparente con un amplio rango de puntos de fusión., es buen aislante térmico y eléctrico, su densidad va de 1.04-1.06 g/cm³. Su punto de ablandamiento es de 85 °C, su punto de fusión es de 250 °C.

Los voluminosos grupos fenilos no tienen interacción unos con otros e inhiben la cristalización, por lo que el polímero es amorfo y transparente. A la temperatura ambiente es un plástico quebradizo. El homopolímero es transparente, posee buenas propiedades ópticas, con un índice de refracción de 1.6, por lo que tiene un brillo atractivo. Tiene como desventaja ser inflamable, posee una resistencia moderada a los productos químicos, pero es atacado por los hidrocarburos aromáticos y los clorados, no es muy resistente a la intemperie y si se expone a la luz se torna de color amarillo por mucho tiempo. Estas desventajas pueden superarse en cierto grado añadiendo retardadores de flama y absorbentes de UV.

Esta resina se comercializa en tres diferentes formas y calidades:

El primer tipo, se conoce como de uso común o cristal.

El segundo tipo se conoce como poliestireno de impacto (alto, medio y bajo) que sustituye al de uso general cuando se requiere mayor resistencia. Este tipo es un sistema de dos fases donde las partículas de hule (de 1.5 μm de diámetro) están dispersas en una matriz de poliestireno o están copolimerizadas en una matriz de estireno. Debido a esto, los límites de las fases dispersan la luz por lo que éste es opaco, por lo tanto si se requiere transparencia se debe utilizar el de uso común, si se requiere resistencia al impacto se debe utilizar un copolímero.

Finalmente, el tipo expandible que es utilizado para elaborar la espuma de poliestireno que es la tercera forma más importante en la que se comercializa este material. Las espumas son rígidas, se fabrican a partir de perlas expandibles o láminas.

4. PRINCIPALES USOS: El poliestireno de uso común fluye fácilmente, lo que favorece su uso en el moldeo por inyección. Posee buenas propiedades eléctricas que lo hacen apropiado para aplicaciones electrónicas, absorbe poca agua, lo que permite que sea un buen aislante eléctrico.

El poliestireno de impacto se utiliza también en moldeo para la fabricación de aparatos del hogar, accesorios eléctricos, empaque, juguetes y muebles.

Finalmente, el tipo expandible se emplea en la fabricación de espuma de poliestireno que, a su vez, se usa en la fabricación de accesorios para la industria de empaques y aislamientos.

6. PRODUCCIÓN Y CAPACIDAD INSTALADA: En México la capacidad instalada durante el 2001 fue de 429,409 toneladas por año y la producción en este mismo año fue de 357,550 toneladas.

7. **TOXICIDAD Y CONTAMINACIÓN:** La presentación en espuma se enciende con mucha facilidad, en sus usos normales no es tóxico.

8. **COMENTARIOS SOBRE LA SITUACIÓN INTERNACIONAL DEL MERCADO:** Se estima que la demanda de polietileno tendrá un crecimiento cercano de 4% entre el 2002 y el 2007. Algunas regiones fuertemente consumidoras crecerán a ritmos aún mayores.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fuentes: Estudios de Posgrado de la Facultad de Química. "Perfiles químico-tecnológicos". (1985) / Wittcoff A. Harol. "Productos químicos orgánicos industriales vol. 1 Materias Primas y Fabricación, vol. 2 Tecnología, fabricaciones y Usos". Limusa. (1994). / Secretaría de Energía. "Anuario Estadístico Petroquímica 2001". / Chow, P. Susana. "Petroquímica y sociedad". F.C.E. (1998).

4.2.6.1A Procesos internacionales de producción

1) *Poliestireno cristal*

Fabricación de poliestireno cristal por el proceso de polimerización directa

Descripción del proceso:

El proceso de polimerización directa descrito abajo es un proceso diseñado por SRIC basado en la patente de Asahi Chemical.

El sistema del reactor está formado de una cascada de un reactor de tanque agitado y de dos reactores de torre encaquetada, compartidos y agitados. El estireno y una mezcla reciclada de estireno-etilbenceno se alimentan del polimerizador a 130 °C para una conversión del 47% sin iniciador en el reactor de tanque agitado. El efluente del reactor es polimerizado aun más en los dos reactores de torre. Una solución de etilbenceno con 1,1-bis(t-butilperoxi)ciclohexano (iniciador) es inyectada en cada uno de los reactores de torre. Los efluentes del primer y segundo reactor se mantienen a 130 °C y 140 °C respectivamente. La conversión final es alrededor de 83%. La mezcla polimerizada es primeramente volatilizada a 230 °C y 30 mmHg y después a 230 °C y 10 mmHg en presencia de una pequeña cantidad de agua como un agente de estabilización. El estireno y el etilbenceno se recobran en los volatilizadores y son reciclados. El polímero derretido es extrusado y convertido en gránulos.

Tabla 4.18 Relación insumo-producto

MATERIA PRIMA	(Ton de mat. prima / 1Ton de producto)
Estireno	1.01
Etilbenceno	0.00158

Fuente: PEP YEARBOOK

TESIS CON
FALLA DE CUMPLIMIENTO

4.2.6.2A Eficiencia de los procesos utilizados por la industria mexicana

En la tabla 4.18 se muestra el resumen de los procesos, el desarrollador y la relación insumo-producto para cada uno de los procesos descritos arriba, sólo se considera el insumo principal. Se muestra también la misma relación para las empresas mexicanas que producen poliestireno.

Tabla 4.18. Evaluación del desempeño insumo principal por tecnología

Tecnología	Proceso	Desarrollador	Insumo de referencia	Relación Insumo/producto
				Ton de mat. prima 1 Ton de producto
1 [*]	<i>polimerización directa</i>	Asahi Chemical	Estireno	1.01
2 [*]	<i>Procesos SDS</i>	Suzer Brother, Dainippon Ink chemical y Sumitomo	Estireno	0.996
1 ^{**}	<i>Empresa mexicana[†]</i>	Basf	Estireno	1.006
2 ^{**}	<i>Empresa mexicana[†]</i>	-	Estireno	1.05
3 ^{**}	<i>Empresa mexicana[†]</i>	Atochem	Estireno	0.9978
4 ^{**}	<i>Empresa mexicana[†]</i>	Propia	Estireno	0.969

Notas:

[†] Debido a la confidencialidad que tienen las empresas no se ponen los nombres de las mismas

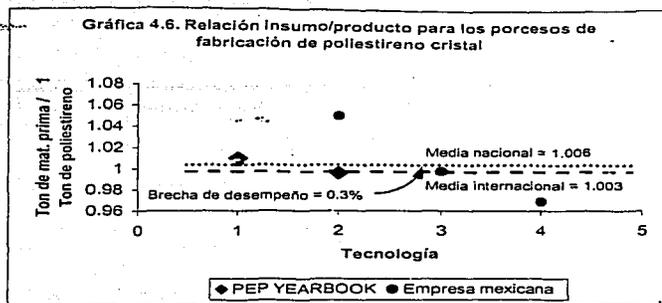
Fuentes: PEP YEARBOOK en el caso de tecnologías internacionales.

La información de las empresas mexicanas se obtiene de la encuesta petroquímica 2001 de la SENER.

La relación media para los procesos internacionales es de 1.003 toneladas de estireno para producir una toneladas de poliestireno cristal, mientras que la relación media para los procesos utilizados por las empresas mexicanas es de 1.006 toneladas de estireno cristal para producir una tonelada de poliestireno cristal.

Como se puede observar en la gráfica 4.6 las empresas mexicanas 1, 3 y 4 tienen una relación insumo-producto que indica que requieren menos insumo para producir una tonelada de poliestireno que las tecnologías internacionales, es decir son muy eficientes. Mientras que la empresa mexicana 2 está un poco alejada de los parámetros internacionales.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.2.6B Poliestireno Impacto

4.2.6.1B Procesos internacionales de producción

1) *Poliestireno de alto impacto por el proceso de polimerización directa continua*

Descripción del proceso:

El proceso de este diseño es hecho por SRI basado en la patente de Mitsubichi-Monsanto. El producto contiene aproximadamente 7.7% pesos de hule.

El proceso tiene un sistema que consiste de dos reactores de tanque agitado enchaquetado en paralelo, conectados por un mezclador común a una cascada de dos reactores de torre enchaquetados, compartidos y agitados. El hule es cortado y disuelto en estireno por aproximadamente 8 horas en lotes. La solución se alimenta después continuamente en uno de los reactores con tanque agitado, el estireno se polimeriza en este reactor en presencia de hule, t-butil perbenzoato y etilbenceno diluido a 102 °C para una conversión del 23%. En el otro reactor de tanque agitado el estireno se polimeriza continuamente a 115 °C para una conversión de 24% sin iniciador. Los efluentes de los dos reactores son mezclados y polimerizados continuamente en el reactor de torre. Los efluentes de los dos reactores de torre se mantienen a una temperatura de 127 °C y 162 °C respectivamente. La conversión final es alrededor del 91%. La mezcla polimerizada es volatilizada a 230 °C y 30 mmHg y después a 230 °C y 20 mmHg en presencia de una pequeña cantidad de agua como agente estabilizante. El estireno y el etilbenceno son recuperados de los volatilizadores y reciclados. El polímero derretido es extrusado y convertido en gránulos. La tabla 4.19 muestra la relación insumo producto para este proceso.

Tabla 4.19 Relación insumo-producto

MATERIA PRIMA	(Ton de mat. prima / 1Ton de producto)
Estireno	0.932
Polibutadieno	0.0778

Fuente: PEP YEARBOOK

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Análisis y determinación de la eficiencia global

4.2.6.2B Eficiencia de los procesos utilizados por la industria mexicana

En la tabla 4.20 se muestra el resumen de los procesos, el desarrollador y la relación insumo-producto para cada uno de los procesos descritos arriba, sólo se considera el insumo principal. Además se muestra la misma relación para las empresas mexicanas que producen poliestireno impacto.

Tabla 4.20. Evaluación del desempeño insumo principal por tecnología

Tecnología	Proceso	Desarrollador	Insumo de referencia	Relación insumo/producto
				Ton de mat. prima 1 Ton de producto
1	<i>Pollimerización directa</i>	Mitsubichi-Monsanto	Estireno	0.932
2	<i>Proceso SDS</i>	Suzer Brother, Dainippon Ink chemical y Sumitomo	Estireno	0.87098
1	<i>Empresa mexicana</i>	Atochem	Estireno	0.9
2	<i>Empresa mexicana</i>	Propia	Estireno	0.9201
3	<i>Empresa mexicana</i>	Propia	Estireno	0.8999
4	<i>Empresa mexicana</i>	Propia	Estireno	1.05

Notas:

¹ Debido a la confidencialidad que tienen las empresas no se ponen los nombres de las mismas

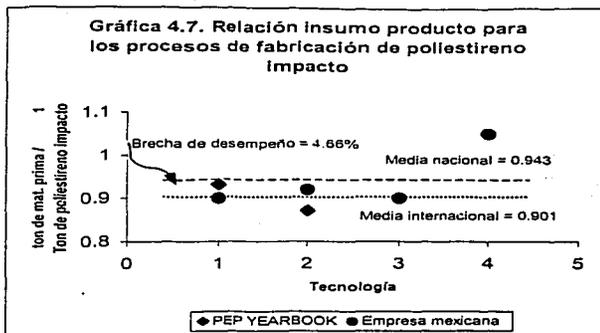
Fuentes: PEP YEARBOOK en el caso de tecnologías internacionales.

La información de las empresas mexicanas se obtiene de la encuesta petroquímica 2001 de la SENER.

La gráfica 4.7 muestra la relación media para los procesos internacionales, que es de 0.901 toneladas de estireno para producir una toneladas de poliestireno impacto, mientras que relación media para los procesos utilizados por las empresas mexicanas es de 0.943 toneladas de estireno para producir una de toneladas de poliestireno impacto.

TESIS CON
FALLA DE ORDEN

Los procesos utilizados por las empresas mexicanas tiene una brecha de desempeño de 4.66% con respecto a la media internacional. Las empresas mexicanas 1, 2 y 3 están dentro de los parámetros internacionales, mientras que la empresa 4 es menos eficiente.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.2.6 C Poliestireno expandible

4.2.6.1C Procesos internacionales de producción

1) *Poliestireno expandible por polimerización en suspensión por lotes*

Descripción del proceso:

Este proceso está diseñado por SRIC basado en la patente de BASF. La polimerización se realiza en lotes, y el producto contiene 6.2% peso de n-pentano.

Para empezar un lote nuevo, se carga en uno de los dos reactores en paralelo enchaquetados y con agitación agua reciclada y desionizada, pirofosfato de sodio, estireno, perbenzoato de t-butil y peróxido de benzoilo. La mezcla es calentada a 85 °C por dos horas y después a 120 °C por 3.5 horas. Una solución de piroldina de polivinilo (estabilizador de suspensión) en agua desionizada se añade al reactor, dos horas después de que la mezcla de reacción ha alcanzado 85 °C, y el pentano es añadido una hora después de que se añadió la piroldina de polivinilo. La mezcla de reacción se mantiene a 120 °C por cinco horas. Después se enfría y la suspensión polimerizada es centrifugada para recuperar los glóbulos de polímero los cuales son lavados con agua, secados, madurados por aeración, tamizados y enviados al deposito de producto. Una porción del licor madre y el agua de lavado son recicladas al reactor para un nuevo lote.

Tabla 4.21 Relación insumo-producto

MATERIA PRIMA	(Ton de mat. prima / 1 Ton de producto)
Estireno	0.957
Pentano	0.3524

Fuente: PEP YEARBOOK

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.2.6.2C Eficiencia de los procesos utilizados por la industria mexicana

En la tabla 4.22 se muestra el resumen de los procesos, el desarrollador y la relación insumo-producto para cada uno de los procesos descritos arriba, sólo se considera el insumo principal. Además se muestran la misma relación para las empresas mexicanas que producen poliestireno expandible.

Tabla 4.22. Evaluación del desempeño insumo principal por tecnología

Tecnología	Proceso	Desarrollador	Insumo de referencia	Relación Insumo/producto
				Ton de mat. prima 1 Ton de producto
1	<i>polimerización en suspensión por lotes</i>	BASF	Estireno	0.957
1	<i>Empresa mexicana¹</i>	-	Estireno	0.94
2	<i>Empresa mexicana¹</i>	Atochem	Estireno	0.9374

Notas:

¹ Debido a la confidencialidad que tienen las empresas no se ponen los nombres de las mismas

Fuentes:

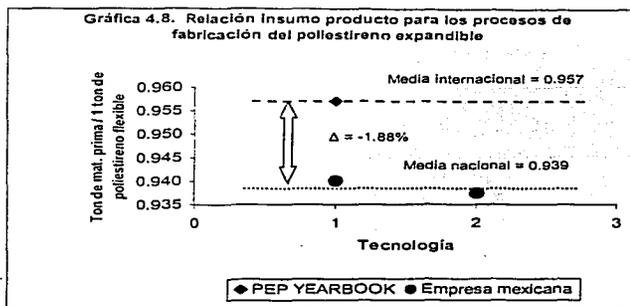
PEP YEARBOOK en el caso de tecnologías internacionales.

La información de las empresas mexicanas se obtiene de la encuesta petroquímica 2001 de la SENER.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Análisis y determinación de la eficiencia global

La gráfica 4.8 muestra la relación para el proceso internacional, que es de 0.957 toneladas de estireno para producir una tonelada de poliestireno expandible, mientras que la relación media para los procesos utilizados por las empresas mexicanas es de 0.939 toneladas de estireno cristal para producir una tonelada de poliestireno expandible.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.2.7 Polietileno (alta densidad)

PERFIL QUÍMICO TECNOLÓGICO

1. **NOMBRE QUÍMICO:** Polietileno de alta densidad
2. **FORMULA CONDENSADA:** $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_x$
3. **PESO MOLECULAR:** Variable
4. **PROPIEDADES Y PRINCIPALES ESPECIFICACIONES:** Es una resina termoplástica, sólida y blanca. Tiene un punto de fusión de aproximadamente 115 °C y puede soportar el agua en ebullición, su densidad es superior a 0.925 y hasta 0.97 g/cm³, debido a su elevada cristalinidad es opaca, es insoluble en agua y solventes orgánicos, no es resistente al ácido nítrico. Su resistencia a la tensión es de 4,000 lb/in², la película es permeable a los gases.

El polietileno de alta densidad (HDPE) se obtiene cuando se polimeriza el etileno a baja presión y en presencia de catalizadores ZieglerNatta.

La principal diferencia entre el LDPE y el HDPE es que el primero es más flexible debido a que la cadena polimérica tiene numerosas ramificaciones con dos o cuatro átomos de carbono, mientras que en el HDPE las cadenas que lo constituyen casi no tienen cadenas laterales, lo que les permite estar más empacadas y por lo tanto el polímero es más rígido.

5. **PRINCIPALES USOS:** El HDPE se emplea para hacer recipientes moldeados por soplado. Las tuberías hechas con este material son flexibles, fuertes y son resistentes a la corrosión, debido a esto se utilizan principalmente para transportar productos corrosivos y abrasivos. También se utilizan en la perforación y transporte de petróleo crudo.

El polietileno en fibras muy finas interconectadas entre sí y formando una red continua se utilizan para hacer cubiertas de libros y carpetas, tapices para muros, etiquetas, batas de laboratorio y forros de sacos para dormir.

6. **PRODUCCIÓN Y CAPACIDAD INSTALADA:** En México la capacidad instalada en el año 2001 fue de 200,000 toneladas por año y la producción es este mismo año fue de 165,332 toneladas.

8. **COMENTARIOS SOBRE LA SITUACIÓN INTERNACIONAL DEL MERCADO:** Al nivel mundial el crecimiento de la demanda se estima en 4.5% anual entre los años 2002 y 2007. El incremento se espera que se de principalmente en los países en desarrollo, los principales países donde se espera un crecimiento en la demanda en los años próximos incluyen a la India, Brasil, México y China. (Estas cifras incluyen HDPE, LDPE y LLDPE).

Fuentes: Estudios de Posgrado de la Facultad de Química. "Perfiles químico-tecnológicos". (1985) / Wittcoff A. Harol. "Productos químicos orgánicos industriales vol. 1 Materias Primas y Fabricación, vol. 2 Tecnología, fabricaciones y Usos". Limusa. (1994). / Secretaría de Energía. "Anuario Estadístico Petroquímica 2001". / Chow, P. Susana. "Petroquímica y sociedad". F.C.E. (1998).

4.2.7.1 Procesos internacionales de producción

1) *Polietileno de alta densidad por el proceso de suspensión en fase líquida*

Descripción del proceso:

La tecnología empleada en este proceso fue desarrollada por varias compañías, incluyendo a Hoechst y Mitsubishi Chemical, incluye el uso del catalizador modificado Ziegler. La polimerización se lleva a cabo en grandes reactores agitados con chaqueta y serpentín para eliminar el calor de la reacción. El etileno, el propileno usado como comonomero, hidrógeno cuando es usado como regulador de peso molecular, el catalizador y el cocatalizador soportados y aceite de diesel hidrogenado se alimentan al tren del reactor donde la polimerización se lleva a cabo a una temperatura de entre 80 °C y 90°C y a una presión de entre 3.9 atm y 11.8 atm. La conversión del etileno es del 98%. La suspensión polimérica es separada del diluyente por centrifugación. Cuando todo el catalizador es eliminado, las pelotillas de polímero en forma de polvo se secan, se extrusionan y se granulan. La tabla 4.22 muestra las relaciones insumo-producto para este proceso.

Tabla 4.22 Relación insumo-producto

MATERIA PRIMA	(Ton de mat. prima / 1Ton de producto)
Etileno	1.035
Hidrógeno	0.00102

Fuente: PEP YEARBOOK

2) *Polietileno de alta densidad por suspensión en fase líquida (Tecnología Phillips)*

Descripción del proceso:

Esta segunda generación del proceso de Phillips es frecuentemente llamado proceso de partícula debido a que las partículas del catalizador mejorado de cromo/silica son suficientemente activas a bajas temperaturas, así que el polímero precipita como se forma, dejando relativamente bajas cantidades de polímero disuelto en el diluyente. La viscosidad del diluyente es baja y la relativamente alta concentración de la suspensión polimérica puede mantenerse en el reactor. La polimerización se efectúa con isobutano a 110 °C y 41.8 atm. Al efluente del reactor se reduce la presión para eliminar el isobutano. El polímero recuperado está directamente terminado, se extrusiona y se granula.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La tabla 4.23 muestra la relación insumo-producto de este proceso.

Tabla 4.23 Relación insumo-producto

MATERIA PRIMA	(Ton de mat. prima / 1Ton de producto)
Etileno	1.025
Isobulano	0.021591

Fuente: PEP YEARBOOK

3) *Polietileno de alta densidad por el proceso de solución a baja presión (Stamicaron Technology)*

Descripción del proceso:

Este proceso utiliza una solución que forma el catalizador Ziegler. Los componentes del catalizador son alimentados a el reactor como soluciones separadas de cloruro de titanio, dibutilo de magnesio y sesquicloruro de etil aluminio. Los comonómeros de etileno y propileno son absorbidos por hexano, enfriado a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ para absorber el calor de polimerización y es alimentado al reactor el cual opera adiabáticamente alrededor de $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ y 34.5 atm . La solución polimérica es continuamente decantada y pasa por dos etapas de separación por flash. El etileno, el propileno y el hexano que no reaccionaron se recuperan en el primer tanque flash y son reciclados directamente al reactor. El hexano del segundo tanque flash es purificado y después es reciclado. El polímero derretido, el convertido, se extrusiona y se granula, los gránulos son limpiados con vapor para eliminar el solvente residual. La tabla 4.24 muestra la relación insumo-producto para este proceso.

Tabla 4.24 Relación insumo-producto

MATERIA PRIMA	(Ton de mat. prima / 1Ton de producto)
Etileno	1.015
Propileno	0.015
N-hexano	0.021977

Fuente: PEP YEARBOOK

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4) *Polietileno de alta densidad por el proceso de solución a media presión*

Descripción del proceso:

Este proceso esta basado en la patente de DuPont.

Etileno y opcionalmente un comonómero (una alfaoleofina de C₄ a C₈, normalmente 1-buteno) se tratan en un desecador de lecho fijo y después son disueltos en ciclohexano. Los monómeros son polimerizados en la solución de ciclohexano en un reactor con agitación en presencia del catalizador tipo Ziegler. Las condiciones de operación son de 300 °C y 102 atm. El polímero formado permanece en la solución. La temperatura es controlada ajustando la temperatura de la corriente de alimentación solvente/monómero. A la salida del reactor se inyecta el desactivador del catalizador y la solución polimérica pasa después a través de un lecho de aluminio el cual absorbe los residuos de catalizador. El solvente y el monómero que no reaccionó son separados del polímero en una operación flash de dos pasos y destilados para reciclarlos al reactor. El polímero derretido se extrusiona y se granula. La tabla .25 muestra la relación insumo-producto para este proceso.

Tabla 4.25 Relación insumo-producto

MATERIA PRIMA	(Ton de mat. prima / 1Ton de producto)
Etileno	1.02
Ciclohexanio	0.001175

Fuente: PEP YEARBOOK

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5) *Polietileno de alta densidad a través de un reactor tubular con isobutano diluido*

Descripción del proceso:

El polietileno se produce continuamente a través del Proceso en Suspensión en un Reactor Tubular usando isobutano como disolvente. Este proceso está diseñado por SRIC basado en la patente de Phillips.

El sistema consiste de un doble reactor tubular que opera a 98 °C y 600 psig, el cual tiene dos pies de diámetro y 800 pies de longitud. Una bomba de flujo axial mantiene la suspensión a una velocidad de 20 ft/s. La suspensión de polietileno esta formada por un catalizador de silica. Este catalizador sólido es pulverizado durante la polimerización y permanece en el producto final, pero es pulverizado hasta que no es visible (4500 lb de polímeros por 1lb de catalizador). La suspensión polimérica es concentrada en separadores donde la mayoría del disolvente y todo el monómero son eliminados. El diluyente que aún permanece es eliminado con una purga de nitrógeno. Después de la eliminación de los pesados y ligeros finales en dos columnas de destilación, el diluyente es reciclado. La tabla 4.26 muestra la relación insumo-producto para este proceso.

Tabla 4.26 Relación Insumo-producto

MATERIA PRIMA	(Ton de mat. prima / 1Ton de producto)
Etileno	1.031
Ciclohexanio	0.0001019

Fuente: PEP YEARBOOK

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Análisis y determinación de la eficiencia global

4.2.7.2 Eficiencia de los procesos utilizados por la industria mexicana

En la tabla 4.27 se muestra el resumen de los procesos, el desarrollador y la relación insumo-producto para cada uno de los procesos descritos arriba, estos procesos son los mejores a nivel internacional, sólo se considera el insumo principal. Además se muestra la misma relación para las empresas mexicanas que producen polietileno de alta densidad.

Tabla 4.27. Evaluación del desempeño insumo principal por tecnología

Tecnología	Proceso	Desarrollador	Insumo de referencia	Relación Insumo/producto
				Ton de mat. prima 1 Ton de producto
1	<i>suspensión en fase líquida</i>	Hoechst y Mitsubishi Chemical	Etileno	1.035
2	<i>suspensión en fase líquida</i>	Phillips	Etileno	1.025
3	<i>solución a baja presión</i>	Stamicaron Thechnology	Etileno	1.015
4	<i>solución a media presión</i>	DuPont	Etileno	1.02
5	<i>con isobutano diluido</i>	Phillips	Etileno	1.031
1	<i>Empresa mexicana¹</i>	Asahi Chemical Ind.	Etileno	1.05
2	<i>Empresa mexicana¹</i>	Asahi Chemical Ind.	Etileno	1.15

Notas:

¹ Debido a la confidencialidad que tienen las empresas no se ponen los nombres de las mismas

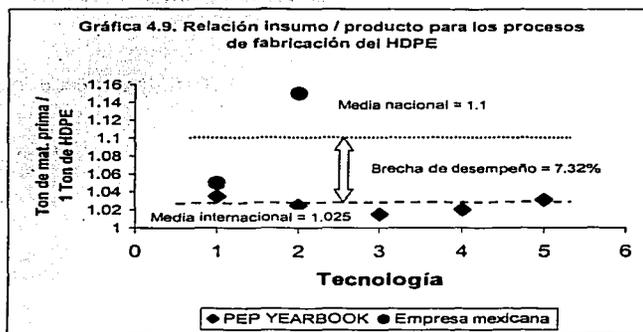
Fuentes: PEP YEARBOOK en el caso de tecnologías internacionales.

La información de las empresas mexicanas se obtiene de la encuesta petroquímica 2001 de la SENER.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La gráfica 4.9 muestra la relación para el proceso internacional, que es de 1.025 toneladas de etileno para producir una tonelada de polietileno de alta densidad, mientras que la relación media para los procesos utilizados por las empresas mexicanas es de 1.1 toneladas de etileno para producir una tonelada de polietileno de alta densidad.

Los procesos utilizados por las empresas mexicanas tienen una brecha de desempeño de 7.32%. Como se puede observar la empresa mexicana 1 tiene una relación insumo-producto muy cercana a la internacional, mientras que la empresa mexicana 2 es menos eficiente. Aún así las empresas mexicanas en general presentan buenos estándares de tecnología y calidad.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.2.8. POLIETILENO (baja densidad)

PERFIL QUÍMICO TECNOLÓGICO

1. **NOMBRE QUÍMICO:** Polietileno de baja densidad
2. **FORMULA CONDENSADA:** $(-CH_2-CH_2-)_x$
3. **PESO MOLECULAR:** Variable
4. **PROPIEDADES Y PRINCIPALES ESPECIFICACIONES:** Es un plástico ceroso, 50% a 60% cristalino, tiene un punto de fusión aproximado de 115 °C y una densidad entre 0.91 y 0.94 g/cm³. Sus propiedades están entre las de los materiales rígidos (p.j. poliestireno) y polímeros flexibles (p.j. PVC flexible). Tiene una resistencia mecánica débil, pero es resistente, flexible y se puede procesar con facilidad. Es insoluble en agua y en solventes orgánicos, posee alta resistencia eléctrica y a la corrosión.

Polietileno de baja densidad se fabrica a alta presión, se emplean los llamados iniciadores de radicales libres como catalizadores de polimerización del etileno.

4.PRINCIPALES USOS: La película de LDPE se usa como empaque, envolturas domésticas, como material para recubrimiento y bolsas para desperdicio. La película tiene una baja densidad y es flexible sin la adición de algún aditivo, es resistente y tiene alta resistencia al rasgado, a la humedad y a productos químicos.

Es lo bastante no cristalino para que las láminas sean de una buena transparencia para muchas aplicaciones de empaqueo. Es barato lo que lo hace ideal para empaques desechables. Su desventaja es que se reblandece y funde a bajas temperaturas.

Su uso principal es como aislante de cables de alta frecuencia . También se hacen artículos por moldeo por inyección, pero el acabado de la superficie de éstos no es bueno.

6. PRODUCCIÓN Y CAPACIDAD INSTALADA: En México la capacidad instalada en el año 2001 fue de 311,000 toneladas por año y la producción es este mismo año fue de 270,727 toneladas.

7. TOXICIDAD Y CONTAMINACIÓN: No es tóxico pero es combustible.

Fuentes: Estudios de Posgrado de la Facultad de Química. "Perfiles químico-tecnológicos". (1985) / Wittcoff A. Harol. "Productos químicos orgánicos industriales vol. 1 Materias Primas y Fabricación. vol. 2 Tecnología, fabricaciones y Usos". Limusa. (1994). / Secretaría de Energía. "Anuario Estadístico Petroquímica 2001". / Chow, P. Susana. "Petróquímica y sociedad". F.C.E. (1998).

4.2.8.1 Procesos internacionales de producción

1) *Polietileno de baja densidad por proceso a alta presión en un reactor autoclave*

Descripción del proceso:

Se comprime etileno fresco y reciclado a 2,040 atm con un compresor reciprocante multietapa y se alimenta a un reactor autoclave agitado junto con el iniciador líquido en solución. El calor de la reacción alcanza una temperatura de 165 °C, en la parte alta del reactor, a 275 °C en la salida del fondo del reactor. El tiempo de residencia es alrededor de 25 segundos y la conversión del etileno es 19%. El etileno que no se convirtió es separado para reciclarlo. El polímero derretido se extrusióna y se granula. Los gránulos se ventilan con aire o nitrógeno para eliminar el monómero residual antes de empacarlo. La tabla 4.28 muestra la relación insumo-producto para este proceso.

Tabla 4.28 Relación insumo-producto

MATERIA PRIMA	(Ton de mat. prima / 1Ton de producto)
Etileno	1.0601

Fuente: PEP YEARBOOK

2) *Polietileno de baja densidad por el proceso de alta presión en un reactor tubular*

Descripción del proceso:

Se comprime etileno fresco y reciclado a 2,721 atm en un compresor reciprocante multifase y es alimentado a un precalentador y reactor tubular enchaquetado. Parte de la alimentación es precalentada a 177 °C para iniciar la reacción de polimerización exotérmica. El resto de la alimentación fría es inyectada en varios puntos a lo largo del reactor para controlar la temperatura y velocidad de reacción. Parte del calor de reacción es eliminado por medio de la chaqueta de enfriamiento para limitar la temperatura máxima a 320 °C. El tiempo de residencia es alrededor de 62 segundos, la conversión del etileno es del 30%. El etileno que no se convirtió es separado y reciclado. La tabla 4.29 muestra la relación insumo-producto para este proceso.

Tabla 4.29 Relación insumo-producto

MATERIA PRIMA	(Ton de mat. prima / 1Ton de producto)
Etileno	1.06

Fuente: PEP YEARBOOK

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Análisis y determinación de la eficiencia global

4.2.8.2 Eficiencia de los procesos utilizados por la industria mexicana

En la tabla 4.30 se muestra el resumen de los procesos, el desarrollador y la relación insumo-producto para cada uno de los procesos descritos arriba, estos procesos son los mejores a nivel internacional, sólo se considera el insumo principal. Además se muestran la misma relación para las empresas mexicanas que producen polietileno de baja densidad.

Tabla 4.30. Evaluación del desempeño insumo principal por tecnología

Tecnología	Proceso	Desarrollador	Insumo de referencia	Relación Insumo/producto
				Ton de mat. prima 1 Ton de producto
1	<i>a alta presión en un reactor autoclave</i>	-	Etileno	1.0601
2	<i>alta presión en un reactor tubular</i>	-	Etileno	1.06
1	<i>Empresa mexicana¹</i>	Imperial Chemical Ind.	Etileno	1.079
2	<i>Empresa mexicana¹</i>	Imperial Chemical Ind.	Etileno	1.04

Notas:

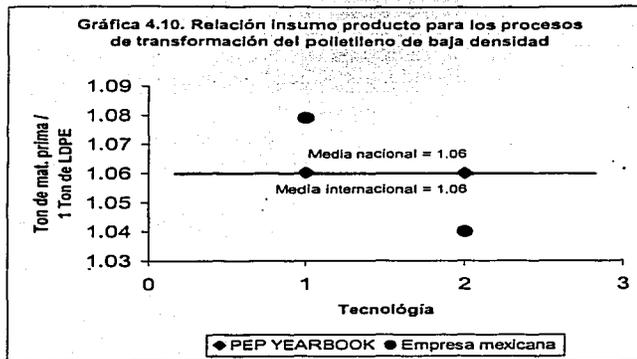
¹ Debido a la confidencialidad que tienen la empresas no se ponen los nombres de las mismas

Fuentes: PEP YEARBOOK en el caso de tecnologías internacionales.

La información de las empresas mexicanas se obtiene de la encuesta petroquímica 2001 de la SENER.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la gráfica 4.10 se puede observar que los procesos utilizados por empresas mexicanas tienen una muy buena tecnología, además se puede ver que la empresa mexicana 2 tiene una eficiencia más alta que los estándares internacionales.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.2.9. Polipropileno

PERFIL QUÍMICO TECNOLÓGICO

1. NOMBRE QUÍMICO: Polipropileno

2. FORMULA CONDENSADA: $(C_3H_5)_x$

3. PESO MOLECULAR: Variable

4. PROPIEDADES Y PRINCIPALES ESPECIFICACIONES: Es un plástico ligero y cristalino, su densidad es de 0.905 g/cm^3 , su temperatura de fusión es de $170 \text{ }^\circ\text{C}$. Es insoluble en solventes orgánicos fríos y se ablanda con solventes calientes. Es atacado por el cloro y el ácido nítrico fumeante.

Su fuerza tensil, dureza y rigidez son mayores que la de los polietilenos, pero su resistencia al impacto es baja. Si se moldea proporciona una superficie brillante y es resistente al rayado.

El polipropileno se conoció casi al mismo tiempo que la elaboración a gran escala del polietileno de baja densidad. Debido que el polipropileno posee un grupo metilo (CH_3) más que el etileno en su molécula, al ser polimerizado, las cadenas que se forman dependiendo de la posición del grupo metilo puede tomar cualquiera de las tres estructuras siguientes:

1. Isotáctico
2. Sindiotáctico
3. Atáctico

Debido a su elevada estereorregularidad este polímero posee una alta cristalinidad, por lo que sus cadenas quedan bien empaquetadas y producen resinas de alta calidad.

El polietileno tiene la desventaja que se que se degrada con la luz, el calor y el oxígeno. Siempre se debe utilizar con una formulación que contenga un antioxidante y un estabilizador UV.

5. PRINCIPALES USOS: Las propiedades del polipropileno comercial varían de acuerdo al porcentaje de polímero isotáctico cristalino y del grado de polimerización.

El punto de fusión del polipropileno cristalino es del $70 \text{ }^\circ\text{C}$ por lo que se utiliza en la elaboración bolsas que pueden meterse al horno. Los artículos hechos con polipropileno poseen una buena resistencia térmica y eléctrica además de baja absorción de humedad.

Otras propiedades importantes son su dureza, alta resistencia a la abrasión, al impacto y excelente transparencia.

Debido a su dureza y a que es ligero, se utiliza mucho en la industria automotriz. Se usa para fabricar adornos interiores, bastidores del aire acondicionado y de la calefacción, ductos y en las cajas de acumuladores.

Como película se utiliza para envolver caramelos, frituras, dulces, sus propiedades de transparencia y resistencia a la punción lo hacen ideal para las aplicaciones mencionadas.

También se utiliza para la fabricación de envases rígidos que se utilizan cuando el llenado del producto se hace en caliente, así como en la fabricación de tapas, que debido a su resistencia mecánica permite que las tapas no se fracturen soportando la presión del torque.

6. PRODUCCIÓN Y CAPACIDAD INSTALADA: En México la capacidad instalada en el año 2001 fue de 360,000 toneladas por año y la producción es este mismo año fue de 208,404 toneladas.

7. TOXICIDAD Y CONTAMINACIÓN: No es tóxico.

8. COMENTARIOS SOBRE LA SITUACIÓN INTERNACIONAL DEL MERCADO: La demanda mundial de polipropileno se estima en 6% anual entre el 2002 y 2007.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fuentes: Montañó A. Eduardo. "Integración Petroquímica en México". / Wittcoff A. Harol. "Productos químicos orgánicos industriales vol. 1 Materias Primas y Fabricación, vol. 2 Tecnología, fabricaciones y Usos". Limusa. (1994). / Secretaría de Energía. "Anuario Estadístico Petroquímica 2001". / Chow, P. Susana. "Petroquímica y sociedad". F.C.E. (1998).

4.2.9.1 Procesos internacionales de producción

1) Polipropileno por el proceso en fase gaseosa (BASF)

Descripción del proceso:

El catalizador, el cocatalizador, el estereoregulador, hidrógeno y propileno son alimentados al primero de los dos reactores de polimerización. El propileno polimeriza a 80 °C y 435 psia. El polímero del reactor fluye hacia un tanque separador donde el monómero es separado del polímero. Se toma una pequeña purga de esta corriente y el monómero removido es comprimido y reciclado a la copolimerización. Los compuestos C₃ son recobrados en la corriente de purga fuera de los límites de batería. El polímero obtenido del tanque separador se envía a un tanque de purga donde se atrapa al monómero residual. El polímero es extruzado y convertido en gránulos. La tabla 4.31 muestra la relación insumo-producto para este proceso.

Tabla 4.31 Relación insumo-producto

MATERIA PRIMA	(Ton de mat. prima / 1Ton de producto)
Propileno	1.03436

Fuente: PEP YEARBOOK

2) *Polipropileno utilizando propano a temperatura supercrítica como diluyente*

Este diseño esta basado en las patentes Himont y Mitsubishi.

El polietileno se produce continuamente por el proceso en suspensión en un reactor de circuito cerrado usando monómero y propano como diluyente.

La economía del uso de nuevos sistemas de catalizadores a altas temperaturas permite una polimerización a altas temperaturas (100 °C y 1,000 psig) comparada con la usual que es de 75 °C y 650 psig. La suspensión se descarga dentro de un tanque flash donde la mayoría del monómero y el disolventes se eliminan. Los solventes restantes son eliminados con una purga de nitrógeno. Después de la eliminación de los ligeros y pesados finales en dos columnas de destilación, la corriente del diluyente se recicla. El polipropileno en polvo es combinado con antioxidantes y estabilizadores de UV.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 4.32 Relación insumo-producto

MATERIA PRIMA	(Ton de mat. prima / 1Ton de producto)
Propileno	1.045

Fuente: PEP YEARBOOK

4.2.9.2 Eficiencia de los procesos utilizados por la industria mexicana

En la tabla 4.33 se muestra el resumen de los procesos, el desarrollador y la relación insumo-producto para cada uno de los procesos descritos arriba, sólo se considera el insumo principal. Además se muestran la misma relación para las empresas mexicanas que producen polipropileno.

Tabla 4.33. Evaluación del desempeño insumo principal por tecnología

Tecnología	Proceso	Desarrollador	Insumo de referencia	Relación insumo/producto
				Ton de mat. prima 1 Ton de producto
1	<i>en fase gaseosa propano a temperatura supercrítica</i>	BASF	Propileno	1.03436
2		Himont y Mitsubishi.	Propileno	1.045
1	<i>Empresa mexicana¹</i>	Basell / Mitsui	Propileno	1.01055

Notas:

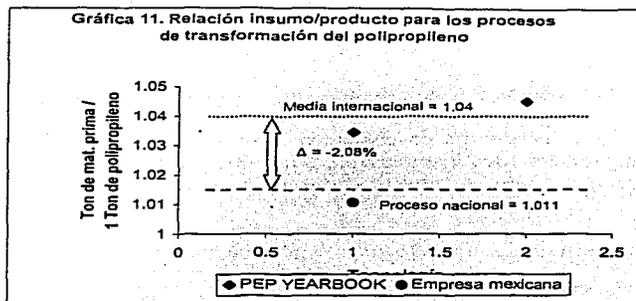
¹ Debido a la confidencialidad que tienen las empresas no se ponen los nombres de las mismas

Fuentes: PEP YEARBOOK en el caso de tecnologías internacionales.

La información de las empresas mexicanas se obtiene de la encuesta petroquímica 2001 de la SENER.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la gráfica 4.11 muestra la relación para el proceso internacional, que es de 1.04 toneladas de propileno para producir una tonelada de polipropileno, mientras que la relación para el proceso utilizado por la empresa mexicana es de 1.011 toneladas de propileno para producir una tonelada de polipropileno.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.2.10. Poliuretanos

PERFIL QUÍMICO TECNOLÓGICO

1. **NOMBRE QUÍMICO:** Poliuretanos

2. **PESO MOLECULAR:** Variable

3. **PROPIEDADES Y PRINCIPALES ESPECIFICACIONES:** Es una resina termofija. Las propiedades varían dependiendo del uso que se depare. Los poliuretanos pueden ser de dos tipos, flexibles o rígidos, dependiendo del poliol usado.

Los flexibles se obtienen cuando el di-isocianato se hace reaccionar con diglicol, triglicol, poliglicol, o una mezcla de éstos.

Los poliuretanos rígidos se consiguen utilizando trioles obtenidos a partir del glicerol y el óxido de propileno.

4. **PRINCIPALES USOS:** El poliuretano rígido tiene un enorme uso en la industria de la construcción y como aislante industrial debido a su propiedad aislante, su resistencia en relación al peso y su resistencia al fuego. Se usa como aislante en tanques, recipientes y aparatos domésticos como refrigeradores y congeladores.

5. **PRODUCCIÓN Y CAPACIDAD INSTALADA:** En México la capacidad instalada en el año 2001 fue de 180,773 toneladas por año y la producción en este mismo año fue de 97,611 toneladas.

6. **TOXICIDAD Y CONTAMINACIÓN:** Son combustibles.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fuentes: Estudios de Posgrado de la Facultad de Química. "Perfiles químico-tecnológicos". (1985) / Wittcoff A. Harol. "Productos químicos orgánicos industriales vol. 1 Materias Primas y Fabricación, vol. 2 Tecnología, fabricaciones y Usos". Limusa. (1994). / Secretaría de Energía. "Anuario Estadístico Petroquímica 2001". / Chow, P. Susana. "Petroquímica y sociedad". F.C.E. (1998).

A) Poliuretano rígido

4.2.10.1A. Procesos internacionales de producción

1) *Espuma de poliuretano rígida con formulación reducida de CFC*

Descripción del proceso:

Un alto contenido de agua, una formulación de poliéster de bajo costo ha sido seleccionada para la producción de una espuma de isocianato laminada con reducidos niveles de agentes de soplado CFC. La planta opera las 24 horas por 240 días por año. El isocianato es liberado del almacén para ser cargado al tanque del proceso. El poliéster, el retardador de flama, surfactante y agua son cargados del tambor a un tanque batch agitado principal para ser mezclados con poliol-polieter. El poliol y el isocianato de la corriente de alimentación son entonces mezclados con CFC a través de un mezclador de calor, distribuido en un material con cubierta impermeable. La temperatura de las materias primas alimentadas es regulada por un intercambiador de calor de placa plana. Se requiere de una temperatura relativamente baja para demorar el tiempo de creación de la espuma para un efectivo conteo e igualmente distribuir la mezcla dentro de lecho de un material revestido de una placa fina de aluminio de grosor uniforme.

El producto laminado es formado entre dos conductores de tablillas, la punta del conductor puede ser hidráulicamente engruesada o adelgazada para producir una lámina con el grosor deseado. La punta del material revestido es calentada y alimentada simultáneamente con el lecho recubierto, con la distancia entre el punto de fluidez y la entrada del laminador ajustada para permitir al material gelatinizar antes de entrar al laminador. La espuma se expande entre los conductores. El producto terminado es almacenado en una bodega. La tabla 4.34 muestra la relación insumo producto de este proceso.

Tabla 4.34 Relación insumo-producto

MATERIA PRIMA	(Ton de mat. prima / 1Ton de producto)
MDI	0.6398

Fuente: PEP YEARBOOK

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.2.10.2A Eficiencia de los procesos utilizados por la industria mexicana

En la tabla 4.35 se muestra el resumen de los procesos, el desarrollador y la relación insumo-producto para cada uno de los procesos descritos arriba, sólo se considera el insumo principal que es MDI (mezcla de diisocianato de difenil metano y polimetil). Además se muestra la misma relación para las empresas mexicanas que producen poliuretano rígido.

Tabla 4.35. Evaluación del desempeño insumo principal por tecnología

Tecnología	Proceso	Desarrollador	Insumo de referencia	Relación Insumo/producto
				Ton de mat. prima 1 Ton de producto
1 [*]	<i>formulación reducida de CFC</i>	-	MDI	0.6398
1 ^{**}	<i>Empresa mexicana[†]</i>	Propia	MDI	0.5
2 ^{**}	<i>Empresa mexicana[†]</i>	Metecno. SPA	MDI	0.5788
3 ^{**}	<i>Empresa mexicana[†]</i>	Huntsman Polyurthanes	MDI	0.62
4 ^{**}	<i>Empresa mexicana[†]</i>	Bayer	MDI	0.5294

Notas:

[†] Debido a la confidencialidad que tienen las empresas no se ponen los nombres de las mismas

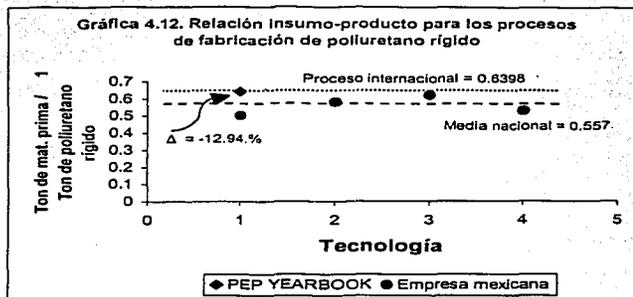
Fuentes: PEP YEARBOOK (*)
Secretaría de energía (**)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Análisis y determinación de la eficiencia global

En la gráfica 4.12 se muestra la relación para el proceso internacional, que es de 1.04 toneladas de propileno para producir una toneladas de polipropileno, mientras que la relación para el proceso utilizado por la empresa mexicana es de 1.011 toneladas de propileno para producir una tonelada de polipropileno.

Los procesos utilizados por las empresas mexicanas tienen una relación insumo-producto más eficiente, ya que utilizan menos insumo por tonelada de producto. Por lo que la tecnología y la calidad de insumos y producto está por encima de las internacionales.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

B) Poliuretano Flexible

4.2.10.1B Procesos internacionales de producción

1) *Espuma de poliuretano flexible por el proceso de producción vertical*

Placas rectangulares de espuma flexible se producen en una planta que opera 8 horas al día por 240 días al año.

El equipo de proceso de producción vertical incluye unidades de medición y mezcladores de calor junto con una torre de forma vertical para producir bloques rectangulares o redondos según se requiera. Se requieren tres tanques de alimentación de materia prima con la tubería para recirculación y evitar sedimentación. Se incluyen intercambiadores de calor de placas en los circuitos de recirculación para mantener las materias primas en condiciones óptimas. Los aditivos son medidos en la alimentación del tanque a el mezclador de calor. El mezclador de calor es un dispositivo con múltiples entradas de alimentación. También tiene un motor que controla un agitador. Transportadores verticales de aguja son colocados en los cuatro lados de un bloque de espuma para llevar la espuma a lo alto de la torre. Después de este levantamiento en un tramo de parada la espuma es cortada y girada en un transportador de banda para distribuirla al almacén. Los bloques de espuma son retenidos por un máximo de 16 horas previo a posible embarque a fábricas. La tabla 4.36 muestra la relación insumo-producto para este proceso.

Tabla 4.36 Relación insumo-producto

MATERIA PRIMA	(Ton de mat. prima / 1Ton de producto)
Poliol-polleter	0.664

Fuente: PEP YEARBOOK

2) *Espuma de poliuretano flexible por el proceso convencional*

Descripción del proceso:

El típico equipo de proceso para la espuma de poliuretano consiste de tanques de almacenamiento de las materias primas, medidores, cabezas de mezclado y sistemas para espuma. Las materias primas a granel son almacenadas en tanques con sistemas de circulación con intercambiadores de calor. Se utilizan bombas hidráulicas para transferir las materias primas a la cámara del mezclador de calor a través de válvulas de aguja. El mezclador de calor es autolimpiador y suministrado con válvulas de autocálculo para todos los componentes de la alimentación. La mezcla líquida es inyectada del mezclador de calor a través de un canal donde inicia la reacción. La masa reaccionante fluye del canal hacia una placa de bajada y después a un transportador. El

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

transportador corre entre muros soportados por puntales. Se forma un túnel con una cubierta de metal y son colocados calentadores infrarrojos al final del túnel para curar la espuma. Los bloques son transferidos a un área de almacenamiento donde después de 24 horas de curación pueden ser cortados en las formas deseadas.

Tabla 4.37 Relación insumo-producto

MATERIA PRIMA	(Ton de mat. prima / 1Ton de producto)
Poliol-polieter	0.664

Fuente: PEP YEARBOOK

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.2.10.2B Eficiencia de los procesos utilizados por la industria mexicana

En la tabla 4.38 se muestra el resumen de los procesos, el desarrollador y la relación insumo-producto para cada uno de los procesos descritos arriba, sólo se considera el insumo principal. Además se muestra la misma relación para las empresas mexicanas que producen poliuretano flexible.

Tabla 4.38. Evaluación del desempeño insumo principal por tecnología

Tecnología	Proceso	Desarrollador	Insumo de referencia	Relación Insumo/producto
				Ton de mat. prima 1 Ton de producto
1	<i>producción vertical</i>	-	Poliol polieter	0.66401
2	<i>proceso convencional</i>	-	Poliol polieter	0.66401
1	<i>Empresa mexicana¹</i>	-	Poliol polieter	0.6805
2	<i>Empresa mexicana¹</i>	-	Poliol polieter	0.6387
3	<i>Empresa mexicana¹</i>	-	Poliol polieter	0.6
4	<i>Empresa mexicana¹</i>	Cannon Viking	Poliol polieter	0.695
5	<i>Empresa mexicana¹</i>	Dow Chemical	Poliol polieter	0.73
6	<i>Empresa mexicana¹</i>	-	Poliol polieter	0.6
7	<i>Empresa mexicana¹</i>	-	Poliol polieter	0.606
8	<i>Empresa mexicana¹</i>	Dow Chemical	Poliol polieter	0.7
9	<i>Empresa mexicana¹</i>	Cannon Viking	Poliol polieter	0.5783
10	<i>Empresa mexicana¹</i>	-	Poliol polieter	0.595

Notas:

¹ Debido a la confidencialidad que tienen las empresas no se ponen los nombres de las mismas

Fuentes:

PEP YEARBOOK en el caso de tecnologías internacionales.

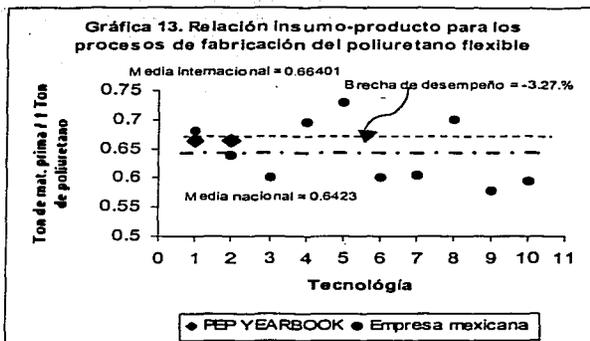
La información de las empresas mexicanas se obtiene de la encuesta petroquímica 2001 de la SENER.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Análisis y determinación de la eficiencia global

En la gráfica 4.13 se muestra la relación para el proceso internacional, que es de 1.04 toneladas de propileno para producir una tonelada de polipropileno, mientras que la relación para el proceso utilizado por la empresa mexicana es de 1.011 toneladas de propileno para producir una tonelada de polipropileno.

Como se puede observar las empresas mexicanas 3, 6, 7, 9 y 11 tienen una relación insumo-producto más eficiente, es decir son mejores procesos que los marcados por las normas internacionales, mientras que las empresas 4, 5 y 8 tienen una menor eficiencia. La brecha de eficiencia es relativamente pequeña, por lo en México existen tecnologías excelentes para producir este tipo de resinas.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.2.11. Resina SAN

PERFIL QUÍMICO TECNOLÓGICO

1. NOMBRE QUÍMICO: Poliuretanos

2. PROPIEDADES Y PRINCIPALES ESPECIFICACIONES: Es un material altamente transparente y brillante. En cuanto a sus propiedades mecánicas es rígido, con mayor resistencia al impacto que el PSAL. Tiene una densidad de 1,08 g/cm³. Es resistente químicamente a los hidrocarburos, aceites, grasas, ácido clorhídrico, formaldehído, hidróxido de amonio. No es resistente a la luz ultravioleta.

3. PRINCIPALES USOS: Se utiliza en piezas industriales y domésticas, tales como: aspas de los ventiladores, vajillas, carcazas para las grabadoras, video-cassettes, vasos de licuadoras, envases, jarras de agua, cepillos dentales, estuches cosméticos, etc.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fuentes: Estudios de Posgrado de la Facultad de Química. "Perfiles químico-tecnológicos". (1985) / Wittcoff A. Harol. "Productos químicos orgánicos industriales vol. 1 Materias Primas y Fabricación, vol. 2 Tecnología, fabricaciones y Usos". Limusa. (1994). / Chow, P. Susana. "Petroquímica y sociedad". F.C.E. (1998).

4.2.11.1 Procesos internacionales de producción

1) Resinas SAN por polimerización en emulsión

Descripción del proceso:

El proceso está basado en la patente de Uniroyal.

El estireno y el acrilonitrilo son polimerizados en agua desionizada en dos reactores en serie con agitación y enchaquetados a 68 °C.

El oleato de potasio es el emulsificador, el persulfato de potasio es el iniciador, el dodecil mercaptano es el regulador. La emulsión del segundo reactor es enviada a un tanque retenedor, el cual alimenta a una columna de separación de emulsión con aproximadamente 1.3% peso de monómero sin convertir. En esta columna alrededor del 95% del monómero sin convertir (acrilonitrilo en su mayoría) es recuperado y reciclado. La emulsión separada es coagulada mezclándola con ácido acético en una bomba tipo Moyno. El polímero coagulado es forzado a través de un plato con pequeños orificios y es descargado como hilos delgados. Las partículas de polímero resultantes de los hilos son endurecidas en un baño de agua caliente (96 °C), desecadas en una criba y secadas en un secador rotatorio.

Los gránulos secos de polímero SAN son tamizados, mezclados y almacenados. La tabla muestra la relación insumo-producto para este proceso.

Tabla 4.39 Relación insumo-producto

MATERIA PRIMA	(Ton de mat. prima / 1Ton de producto)
Estireno	0.729
Acrilonitrilo	0.285

Fuente: PEP YEARBOOK

2) Resinas SAN por el proceso de polimerización en suspensión por lotes

Descripción del proceso:

Este proceso se basa en la patente de Denki Kagaku kogyo.

El estireno y el acrilonitrilo son copolimerizados en agua desionizada en un reactor enchaquetado y con agitación a 95 °C por cinco horas, utilizando el iniciador 1,1-azobis(ciclohexanitrilo) (ACHN), y el t-dodecil mercaptano como regulador. En la siguiente etapa (de 2.5 horas), la temperatura es elevada a 120 °C y se añade el segundo iniciador, el peróxido de di-t-butilo para acelerar la conversión del monómero no convertido hasta alcanzar una conversión total del 99.3%. El polímero en suspensión es bombeado a depósito de compensación, es continuamente centrifugado, secado en un secador rotatorio, tamizado y almacenado.

La tabla 4.40 muestra la relación insumo-producto para este proceso.

Tabla 4.40 Relación insumo-producto

MATERIA PRIMA	(Ton de mat. prima / 1Ton de producto)
Estireno	0.76005
Acrlonitrilo	0.25756

Fuente: PEP YEARBOOK

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.2.11.2 Eficiencia de los procesos utilizados por la industria mexicana

En la tabla 4.41 se muestra el resumen de los procesos, el desarrollador y la relación insumo-producto para cada uno de los procesos descritos arriba, sólo se considera el insumo principal. Además se muestra la misma relación para las empresas mexicanas que producen resinas SAN.

Tabla 4.41. Evaluación del desempeño insumo principal por tecnología

Tecnología	Proceso	Desarrollador	Insumo de referencia	Relación Insumo/producto
				Ton de mat. prima 1 Ton de producto
1	<i>polimerización en emulsión</i>	Uniroyal.	Estireno	0.729
2		Denki Kagaku kogyo	Estireno	0.76005
1	<i>Empresa mexicana¹</i>	General electric	Estireno	0.7235
2				

Notas:

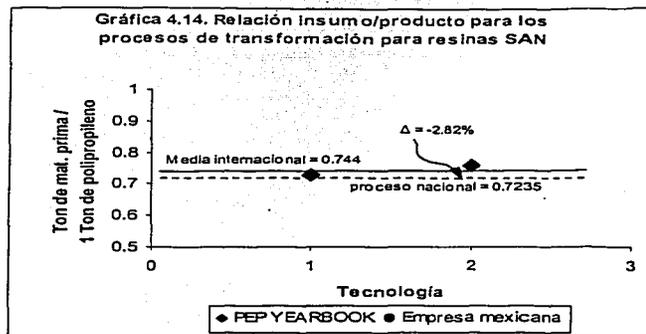
¹ Debido a la confidencialidad que tienen la empresas no se ponen los nombres de las mismas

Fuentes: PEP YEARBOOK en el caso de tecnologías internacionales.

La información de las empresas mexicanas se obtiene de la encuesta petroquímica 2001 de la SENER.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La gráfica 4.14 muestra la relación insumo-producto para la fabricación de resinas SAN, como se puede observar en la gráfica, el procesos utilizado en la industria mexicana es más eficiente que el mostrado por las normas internacionales.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ANÁLISIS DE LOS PRINCIPALES RESULTADOS

La industria petroquímica mexicana no tiene un desarrollo continuo en el tiempo. Se observa momentos de crecimiento acelerado, de estancamiento y de decrecimiento. Este desempeño variable se explica por la evolución del sector de hidrocarburos, las políticas de inversión pública y privada y la redefinición continua de los ámbitos de participación privada en la industria.

La petroquímica se divide en subramas que agrupan los productos petroquímicos no básicos de acuerdo a sus características, usos y sector final, independientemente de si la empresa productora es pública o privada. A continuación se analiza la evolución de cada una de ellas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Análisis de los principales resultados

Análisis de las subramas de la industria petroquímica mexicana

La tabla de resultados muestra la tasa de crecimiento promedio anual (TCPA) durante el periodo de 1989 al 2001 y el incremento porcentual al que se llegó en 2001 con respecto a 1989 para la producción, exportaciones, importaciones y consumo aparente, el incremento porcentual de la capacidad instalada en el 2001 con respecto al 2000 y el grado de utilización de ésta en el 2001 para todas las subramas.

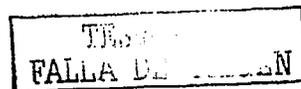
TABLA DE RESUMEN DE RESULTADOS PARA LAS SUBRAMAS

SUBRAMA	PRODUCCIÓN		IMPORTACIONES		EXPORTACIÓN		CONSUMO APARENTE		Δ%	GRADO DE
	TCPA 89-2001	Δ% 2001 BASE 1989	TCPA 89-2001	Δ% AL 2001 BASE 1989	TCPA 89-2001	Δ% AL 2001 BASE 1989	TCPA 89-2001	Δ% AL 2001 BASE 1989	DE C.I. 2000 / 2001	UTILIZACIÓN DE C.I. 2001
SUBRAMAS DE ALTO DESEMPEÑO										
RESINAS S.	7.6%	140.6%	16.60%	138.0%	11.6%	273.9%	10.5%	232.9%	8.8%	75.0%
FIBRAS Q.	1.2%	15.5%	17.0%	556.8%	8.2%	157.9%	1.3%	16.7%	1.30%	68.4%
M.P. ADITIVOS	18.1%	634.0%	18.0%	626.7%	-2.3%	-24.3%	19.9%	787.7%	11.4%	78.7%
EXPLOSIVOS	13.9%	379.0%	20.1%	797.7%	80.5%	119,828%	13.6%	363.6%	4.2%	30.8%
PLASTIFICANTES	2.2%	29.7%	19.9%	784.2%	5.4%	78.8%	4.9%	46.4%	-4.8%	70.4%
PROP. Y REFG.	4.2%	65.0%	-10.2%	-72.6%	3.8%	56.7%	3.2%	46.2%	0	53.8%
INIC. Y CAT.	5.2%	83.9%	-4.90%	-45.6%	42.7%	7,017%	-3.0%	-30.3%	-8.2%	41.1%
TENSOACTIVOS	8.4%	164.9%	16.5%	64.5%	7.4%	136.4%	9.6%	199.6%	3.3%	70.3%
SUBRAMAS DE MEDIO DESEMPEÑO										
INTERMEDIOS	-2.10%	-22.1%	12.50%	311.10%	1.10%	14.2%	-0.09%	-1.10%	2.6%	51.5%
ELASTÓMEROS	0.2%	0.2%	7.5%	139.6%	2.2%	30.6%	1.1%	14.4%	-1.1%	63.1%
Q. AROMÁTICOS	8.4%	163.0%	8.2%	158.8%	3.1%	44.5%	3.8%	50.5%	46.0%	77.2%
SUBRAMAS QUE HAN PERDIERON MERCADO NACIONAL										
ADHESIVOS	4.4%	54.3%*	28.9%	2,013.0%	21.5%	935.6%	9.1%	140.3%*	4.7%	55.2%
FERTILIZANTES	-7.70%	-62.0%	39.80%	2,327.8%	6.90%	117.60%	-1.30%	-15.20%	-13.2%	26.2%
FARMOQUÍMICOS	4.7%	74.5%	16.9%	550.0%	9.6%	202.8%	10.8%	243.0%	-1.70%	54.4%
HULEQUÍMICOS	-6.4%	-54.6%	17.2%	688.1%	15.8%	83.6%	3.1%	44.0%	-2.3%	44.9%
A. ALIMENTOS	4.5%	71.4%	15.1%	440.5%	7.7%	145.2%	9.0%	181.7%	33.7%	49.5%
ESPECIALIDADES	-10.3%	-73.1%	6.0%	101.9%	-1.5%	-16.6%	.0071%	0.08%	19.3%	22.2%
COLORANTES	10.1%	216.6%	14.9%	428.5%	17.0%	561.8%	11.3%	263.0%	123.5%	45.8%
PLAGUICIDAS	3.1%	45.3%	12.9%	332.2%	4.3%	65.4%	10.5%	232.0%	-5.5%	41.9%

Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios petroquímicas 1989-2001

Notas:

- C.I.: Capacidad instalada
- Δ%: Incremento porcentual
- *Periodo de 1991 al 2001



En esta tabla se puede observar claramente las subramas que han tenido un incremento en su producción, así como las que han sido fuertemente afectadas por el mercado global.

A continuación se presentan los resultados relativos a las subramas agrupadas en tres categorías, subramas alto desempeño, medio desempeño y las que perdieron mercado nacional, así como un análisis de su situación.

Subramas con un alto desempeño

1. Resinas sintéticas. Presentó el mayor crecimiento con la menor ciclicidad de todas las subramas. Las importaciones cubrieron menos de la mitad del consumo nacional hasta 1999, pero en los siguientes tres años esto cambió y éstas cubrieron un poco más de la del consumo aparente nacional. La capacidad instalada actual sólo cubre aproximadamente la mitad del consumo aparente. Esta subrama enfrenta la alta competencia del mercado global, principalmente una competencia desleal de Asia.
2. Fibras químicas. Su producción cubrió la mayor parte del consumo aparente y aunque las exportaciones crecieron fuertemente, su volumen es pequeño comparado con la producción. La subrama ha enfrentado una fuerte batalla con los productos textiles importados principalmente de China.
3. Materias primas de aditivos para lubricantes y aditivos para combustibles. Las importaciones cubrieron más de la mitad del consumo nacional hasta finales de los años 90, ya que después la producción nacional ganó terreno. Aunque tuvo un importante incremento de capacidad instalada, no cubre el consumo aparente nacional.
4. Explosivos. Las importaciones crecieron fuertemente, pero su volumen es muy pequeño comparado con la producción nacional y ésta ha cubierto casi por completo el consumo. Este sector enfrenta problemas como el cierre de empresas de industria, la concentración de nitrato de amonio en una sola empresa nacional, así como precios poco competitivos del gas natural provocaron. Además de otros factores como la falta de obra pública y construcción de carreteras.
5. Plastificantes. Su volumen de importaciones fue pequeño y la producción nacional cubrió la mayor parte del consumo aparente. Un factor importante que afectó a este sector en el 2001 fue la sobreoferta de productos del mercado internacional, así como la paridad peso/dólar.
6. Propelentes y refrigerantes. La producción nacional ha cubierto la mayor parte del consumo durante todo el periodo de estudio sobre todo en los últimos años, la cual cubrió prácticamente todo. Esta rama ha logrado hacer frente al mercado global manteniendo la preferencia de productos nacionales.
7. Agentes tensoactivos. La producción nacional ha cubierto la mayor parte del consumo durante el periodo estudiado, mientras que las importaciones sólo han cubierto una pequeña parte. Este sector no se ha visto golpeado por los productos de otros países, aunque tampoco ha logrado una fuerte competencia global ya que sólo se exporta una pequeña parte de la producción.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Análisis de los principales resultados

8. **Iniciadores y catalizadores.** El consumo durante el primer año del periodo de estudio prácticamente todo vino de las importaciones, y aunque al año siguiente éstas cayeron drásticamente presentaron una pronta recuperación y en algunos periodos dominaron la más de la mitad del consumo aparente de México. En el 2001 se perdió mercado en la exportaciones debido a los elevados costos internos y a la falta de tecnología.

Subramas de medio desempeño

1. **La subrama de intermedios** ha cubierto gran parte del consumo aparente a pesar de que tiene una TCPA negativa. Esta subrama ha enfrentado una competencia cada vez más fuerte en el mercado global y una fuerte disminución del consumo de productos por parte de las subramas consumidoras debido a la que éstas también enfrentan la fuerte competencia del mercado global y muchas empresas del sector petroquímico están siendo neutralizadas por la sobre oferta de productos importados que son de precios más bajos y con buena calidad.
2. **Elastómeros y negro de humo.** Las importaciones han cubierto casi la mitad del consumo nacional, debido a que se exporta casi la mitad de lo que se produce, prácticamente se cubren las exportaciones con las importaciones. El cierre de plantas llanteras en México ha hecho que el consumo de estos productos sufra una caída en los últimos años. Otro factor importante que influyó en su comportamiento es la presencia de nuevos competidores en Europa Oriental y el Lejano Oriente que manejan precios reducidos para penetrar rápidamente al mercado global.
3. **Químicos aromáticos.** Los productos nacionales se mantienen fuertes en el mercado global, ya que la mayor parte de éstos se han exportado durante casi todo el periodo de estudio, lo contrastante es que se consume casi la misma cantidad de producto importado que la que se exporta.

Subramas que perdieron mercado nacional

1. **Adhesivos.** Las importaciones mostraron un crecimiento acelerado y han pasado de casi cero a cubrir la aproximadamente la mitad de consumo nacional en los últimos años. La industria del calzado que es un consumidor importante de esta subrama se ha visto muy afectada por la competencia desleal de las importaciones provenientes de Asia, así como de la presencia de productos terminados importados más baratos que disminuyen los volúmenes de ventas
2. **Fertilizantes nitrogenados.** Las importaciones han pasado de prácticamente cero, al inicio del periodo de estudio, a cubrir más de la mitad del consumo aparente en los últimos años. Este sector, ha enfrentado una alta competencia de los productos importados ya que son de menor precio y alta calidad.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3. Fardoquímicos. A principio de los años 90's las importaciones cubrieron poco menos de la mitad del consumo, pero poco a poco han ganado mercado y terminaron cubriendo la mayor parte de éste, a tal grado que una importante empresa dejó de producir dos importantes fardoquímicos debido a los bajos precios de los productos importados.
4. Hulequímicos. La producción nacional cubrió a principios de los 90's casi todo el consumo, pero posteriormente las importaciones fueron creciendo hasta llegar a cubrir casi todo el consumo aparente al final del periodo estudiado. Este sector se ha visto afectado principalmente por la entrada masiva de productos importados y por el cierre de empresas llanteras en México.
5. Aditivos para alimentos. Las importaciones cubrían a principios de los 90's menos de la mitad del consumo aparente, pero a partir de finales de los 90's pasaron a cubrir más de la mitad del consumo aparente nacional. Esta subrama esta siendo afectada por el mercado global.
6. Otras especialidades. En los tres primeros años del periodo de estudio, la producción nacional cubrió casi todo el consumo de estos productos, pero a partir de mediados de los 90's esto cambió y las importaciones han cubierto casi todo el consumo aparente nacional.
7. Colorantes. La producción y la capacidad instalada tuvieron un incremento casi del doble en el 2001. Este incremento de capacidad instalada puede cubrir la demanda nacional. Hasta antes de esto el consumo aparente había sido cubierto en su mayoría por las importaciones.
8. Plaguicidas. El volumen de las importaciones fue mucho mayor que la producción a partir de 1992 y prácticamente éstas cubrieron el consumo aparente nacional en los últimos años. Esta subrama ha enfrentado una competencia del mercado global muy fuerte.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Análisis de los principales resultados

Evaluación de las eficiencias en las resinas sintéticas

Con la información disponible a nivel internacional se pudieron evaluar 60 procesos que representaron el 82.08% de la producción y el 82.63% del valor de la producción de las resinas sintéticas por lo que es muy representativo de desempeño global.

Contribución porcentual de las resinas estudiadas al total de la subrama resinas sintéticas en el año 2001

Tipo de resina	% de contribución a la producción	% de contribución al valor de la producción
Resina ABS	4.26	5.91
PVC	15.95	10.39
Resina fenólica	0.88	0.96
PET grado botella	16.64	19.45
Poliéster	2.29	2.92
Poliestireno cristal	8.40	6.75
Poliestireno impacto	2.36	2.25
Poliestireno expandible	2.24	1.98
Poliétileno alta densidad	6.06	5.86
Poliétileno baja densidad	9.93	8.04
Polipropileno	7.64	5.03
Poliuretano rígido	1.16	2.89
Poliuretano flexible	1.96	7.66
Resina San	2.29	2.55
TOTAL	82.08	82.63

Fuente: Elaboración propia con base al Anuario petroquímico 2001

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Como se puede observar las resinas de ABS, PET grado botella, poliestireno expandible, poliuretano rígido y resinas SAN presentaron en todos sus procesos una eficiencia superior los establecidos por los internacionales. Mientras que sólo polietileno de baja densidad presentó en sus dos procesos una eficiencia menor a las internacionales

Resumen de la eficiencia de los procesos analizados

Tipo de resina	No. de procesos analizados para México	Relación media internaional	Relación media nacional	No. de procesos más eficientes a los internacionales	No. de procesos dentro de la media internacional	No. de procesos fuera del rango internacional
Resina ABS	2	0.567	0.515	2	-	-
PVC	5	1.011	1.006	3	-	2
Resina fenólica	12	0.866	0.653	9	1	3
PET grado botella	3	0.8648	0.8476	3	-	-
Poliéster	8	0.246	0.21453	4	2	2
Poliestireno cristal	4	1.003	1.006	2	1	1
Poliestireno impacto	4	0.901	0.943	3	-	1
Poliestireno expandible	2	0.957	0.939	2	-	-
Polielileno alta densidad	2	1.025	1.1	-	-	2
Polielileno baja densidad	2	1.06	1.06	1	-	1
Polipropileno	1	1.04	1.011	1	-	-
Poliuretano rígido	4	0.6398	0.557	4	-	-
Poliuretano flexible	10	0.664	0.6423	6	1	3
Resina San	1	0.744	0.7235	1	-	-
Total	60	-	-	41	5	15

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos

Resinas que mostraron procesos con alta eficiencia

- Resinas ABS. La eficiencia encontrada en los procesos utilizados en la industria mexicana resultó ser superior a los parámetros internacionales. Esto indica que las dos empresas cuentan con una avanzada tecnología, una calidad e insumo excelente, así como también un excelente manejo del proceso de producción en general.
- PET grado botella. La industria mexicana tiene mejores procesos que los marcados por los mejores internacionales, lo que indica que estos procesos son de los más avanzados que existen.
- Poliestireno expandible. Las dos únicas empresas mexicanas productoras presentaron una eficiencia más alta que la internacional. Esto indica que estas empresas tienen en sus procesos los mejores adelantos de tecnología, así como un excelente manejo y control del mismo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Análisis de los principales resultados

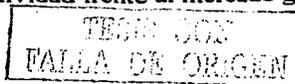
- Poliuretano rígido. Las cuatro empresas presentaron una eficiencia más alta que la establecida por la internacional. Esto nos indica que este sector emplea las tecnologías más avanzadas y se mantiene a la vanguardia.
- Polipropileno. En la producción de sólo hay una empresa y tiene una eficiencia más alta que las internacionales, lo que indica que el procesos es altamente competitivo
- Resinas SAN. La empresa estudiada presentó una eficiencia más alta que las internacionales. Por lo que esta empresa tiene una tecnología muy avanzada y este producto es de gran calidad.

Resinas con procesos que presentaron diversas eficiencias

- PVC. Las eficiencias encontradas indican que este sector cuenta con tecnología moderna y un producto de alta calidad.
- Resinas fenólicas. Las eficiencias muestran que hay empresas que sobresalen en tecnología y calidad, por lo que en este sector se encuentran empresas altamente competitivas, mientras que las demás se mantienen dentro de las normas internacionales.
- Poliéster. La mayor parte de los procesos utilizados por la industria petroquímica mexicana tienen una alta eficiencia. Esto da un indicador de que la mayoría de los procesos en industria mexicana para fabricar poliéster son de los más modernos en el mundo.
- Poliestireno cristal. La mayoría de las empresas cuentan con una tecnología de punta en sus procesos.
- Poliestireno impacto. Sólo hay un procesos con una menor eficiencia. Esto indica la mayoría de la empresas productoras están a la vanguardia en tecnología, aunque sólo hay una que está quedando en el atraso tecnológico.
- Polietileno de baja densidad. En la producción participan dos empresas. Las eficiencias mostradas indican que una esta a la vanguardia, mientras que otra tiene una tecnología un poco atrasada o sus condiciones de operación no son buenas.
- Poliuretano flexible. Sólo tres empresas presentaron una eficiencia más baja que las internacionales. Esto nos indica que la mayoría de este sector cuenta con tecnología muy avanzada y es altamente competitivo.

Resinas que presentaron procesos con baja eficiencia

- Polietileno de alta densidad. Las dos empresas presentaron una brecha de eficiencia, lo que indica que en este subsector tiene procesos con atraso tecnológico o sus condiciones de operación son malas lo que da un problemas de competitividad frente al mercado global.



ALGUNAS REFLEXIONES FINALES

En la industria petroquímica internacional se han observado cambios muy importantes a partir de los años 90's, ya que han surgido nuevos competidores que han desarrollado procesos altamente eficientes, así como sistemas administrativos que hacen que las relaciones con el cliente sean muy estrechas, dando como resultado empresas altamente competitivas capaces de ofrecer productos en tiempo de gran calidad a bajos precios.

La industria petroquímica mexicana también ha tenido cambios importantes. Uno de ellos es la reclasificación de los petroquímicos básicos, con la cual se dio al sector privado una mayor participación en la elaboración de productos petroquímicos y lo cual generó un gran impulso al crecimiento de este sector.

Once subramas de la industria petroquímica nacional han mostrado un desempeño aceptable y a pesar de que las importaciones en algunos casos han ido en aumento, éstas han logrado mantener el dominio del mercado.

Desafortunadamente ocho subramas han sido fuertemente golpeadas por los productos importados y han perdido la mayor parte del mercado nacional, a tal grado que en algunos casos varias empresas han cerrado. Estas subramas no obstante que enfrenta a una fuerte competencia con los productos importados, hacen frente a otros problemas que las impacta negativamente como lo es el tipo de cambio peso dólar, los altos costos de los energéticos y la gran cantidad de productos importados que llegan al país de forma ilegal.

Lo anterior, indica que si las subramas afectadas no implantan sistemas para ser altamente eficientes, muchas empresas seguirán cerrando. Esto puede tener como consecuencias sobre el empleo, las inversiones y en otros sectores económicos y en el decrecimiento del desarrollo económico del país.

Por otro, lado las empresas de gran desempeño deben mantenerse a la vanguardia en tecnología y sistemas administrativos, ya que si no lo hacen pueden ser alcanzadas por la fuerte competencia global y enfrentar problemas de pérdidas de mercado.

La subrama de resinas sintéticas ha sido la más competitiva con respecto a todas las demás. Esta cuenta con procesos muy eficientes, ya que 49 de los 60 procesos estudiados tienen estándares de eficiencia similares o superiores a los internacionales en cuanto al uso de sus principales insumos. Desafortunadamente esta subrama no cuenta con la infraestructura para cubrir el consumo aparente nacional. Este subsector puede ser una gran oportunidad para la inversión, debe aumentar la capacidad instalada para que en adición a el consumo aparente nacional, o al menos gran parte de él, pueda ser un gran exportador de resinas sintéticas y tener una importante participación en el mercado mundial.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CONCLUSIONES

La estructura de la industria petroquímica mexicana está compuesta por el sector público (PEMEX y seis filiales) y el sector privado (distintas empresas). El estado rige la participación del sector privado en la industria petroquímica, a través de la lista oficial de petroquímicos básicos que él sólo puede elaborar sujeto al programa de inversiones del sector público. Esta se ha modificado cinco veces desde 1960.

Esta clasificación ha marcado las trabas jurídicas y políticas para un mejor desarrollo de la industria, ya que esto hace que la petroquímica sea una actividad complicada para el sector privado en México debido a que éstos no se pueden integrar desde el gas natural y los petroquímicos básicos hasta los productos finales, si no que en medio tienen que comprar a PEMEX los insumos necesarios que en muchos casos los precios están por encima de los precios internacionales.

Los productos petroquímicos están clasificados por sus características y usos. Esta clasificación comprende las siguientes subramas de la industria petroquímica: intermedios, fertilizantes nitrogenados, resinas sintéticas, fibras químicas, elastómeros y negro de humo y las especialidades la cual incluye: adhesivos, aditivos para alimentos, agentes tensoactivos, colorantes, explosivos, farmoquímicos, hulequímicos, iniciadores y catalizadores, materias primas de aditivos para lubricantes y aditivos para combustibles, plaguicidas, plastificantes, propelentes y refrigerantes, químicos aromáticos y otras especialidades.

Se determinó que, las subramas de resinas sintéticas, fibras químicas, materias primas de aditivos para lubricantes y aditivos para combustibles, plastificantes, explosivos, propelentes y refrigerantes y agentes tensoactivos tienen un buen desempeño ya que cubrieron casi todo el consumo aparente nacional en todo el periodo de estudio. Los intermedios, elastómeros y negro de humo, iniciadores y catalizadores y químicos aromáticos también mostraron un desempeño aceptable, pero las importaciones ganaron terreno en los últimos años. El principal problema que las anteriores subramas fue que los precios de los insumos y energéticos fueron mayores a los internacionales.

Las demás subramas mostraron una fuerte caída en su producción y se determinó que los principales factores que influyeron en este comportamiento son: los altos precios de los insumos con respecto a los internacionales, fuerte competencia frente a los productos importados, el tipo de cambio peso dólar, los altos costos de los energéticos (gas natural y energía eléctrica) y la gran cantidad de productos importados que llegan al país de forma ilegal.

La subrama de resinas sintéticas presentó el más alto desempeño respecto a todas las demás, ya que su producción en todo el periodo de estudio fue creciente. Se determinó que la mayoría de las empresas que producen resinas sintéticas en México cuenta con procesos que tienen tecnología de vanguardia, ya que sus relaciones insumo-producto están dentro de las normas internacionales marcadas por SRIC.

TESIS CON
FALLA DE CALIDAD

Ante este escenario, el sector petroquímico mexicano se encuentra en una situación crítica. Su futuro depende de las acciones que tome el gobierno.

Para enfrentar este problema y recuperar el sector es necesario que:

EL estado tenga un buen manejo de la empresa PEMEX y ésta mejore su desempeño, ya que los actos de corrupción, los malos manejos de recursos y la falta de inversión en investigación y tecnología hacen que todo el sector petrolero se vea muy afectado. En el ramo petroquímico PEMEX genera insumos y energéticos que a veces son precios altos mayores que los internacionales y a su vez esto hace que las empresas del sector privado tengan que elevar los precios de sus productos y no puedan ser competitivas frente a los productos importados, generando el cierre de plantas, desempleo y un impacto negativo a la economía nacional.

También es importante que el estado combata eficientemente el contrabando de productos petroquímicos, tanto de intermedios como de productos finales, ya que ésta actividad ilícita seguirá impactando negativamente.

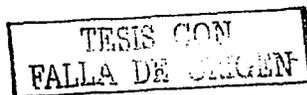
Si no se hacen las reestructuraciones correctas, México en vez de producir riqueza, se convertirá en un importador de hidrocarburos y derivados y poco a poco varias de las subramas desaparecerán

Por otro lado un ejemplo del potencial de la petroquímica mexicana es subsector de resinas sintéticas, presenta una gran oportunidad de crecimiento, pero éste no cuenta con la capacidad instalada para cubrir al mercado nacional, pero es muy competitivo a pesar de los problemas que enfrenta, por lo que si las empresas de esta subrama realizan una gran inversión en capacidad instalada y actualización de tecnología y además se crean nuevas plantas productivas, México puede cubrir la mayor parte del consumo aparente y además puede convertirse en un gran exportador de resinas sintéticas, generar empleos y riqueza.

Finalmente para futuros trabajos es recomendable que se tenga una información lo más detallada posible de los problemas de insumos, operativos, ventas, administración, finanzas, economía y de la industria en general que enfrentan las empresas y tener una mejor perspectiva de sus situación, además estudiar con más detalle el marco jurídico del estado en materia del petróleo y determinar los puntos débiles y fuertes con base a la situación de las empresas y del país, así poder determinar otros factores que afectan al sector petroquímico y buscar sus soluciones.

Otra recomendación es tener actualizado el directorio de empresas petroquímicas para que los datos sean los más reales posibles.

Para la determinación de las eficiencias de los procesos de resinas sintéticas es recomendable contar con los datos más actuales del PER YEAR BOOK de SRIC. También se recomienda verificar las relaciones insumo-producto reportadas por las empresas ya que a veces las reportan con errores.



BIBLIOGRAFÍA

ANIQ. A.C. "Anuario Estadístico de la Industria Química Mexicana 2001".

AUSTIN, T. George. "Manual de Procesos Químicos en la Industria". (1992). Ed. Mc Graw Hill. México. 5a edición.

C. M. VON MEYSENBERG. "Manual del Ingeniero Técnico". Tecnología de Plásticos para Ingenieros. (1973). Vol. IV.

CHOW, P. Susana. "Petroquímica y Sociedad". (1998). F.C.E.

DICCIONARIOS RIODUERO. "Diccionario de Química". (1973). Ed. Editora distribuidora Internacional Popular de Libros. México.

DRIVER, E. Walter E. "Química y tecnología de los plásticos". (1982). Ed. Compañía editora continental. México.

FACULTAD DE QUÍMICA. "Perfiles Químico-Tecnológicos". (1985). 3ª edición.

HAWLEY, G. Gessner. "Diccionario de Química y Productos Químicos". (1975). Ediciones Omega.

INEGI. "La Industria Química en México 2001". Estadística sectoriales.

KIRK-OTHMER. "Enciclopedia de tecnología química". (1998). Ed. Limusa.

MONTAÑO, Aubert Eduardo. "Integración Petroquímica Mexicana". (1992). UNAM, Facultad de Química.

PETRÓLEOS MEXICANOS. "El Petróleo". (1998).

SECRETARÍA DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO, SECRETARÍA DEL PATRIMONIO Y FOMENTO INDUSTRIAL, PEMEX y FERTIZILANTES MEXICANOS. "Industria Petroquímica. Análisis y Perspectivas". (1981).

SENER. "Anuario Estadístico Petroquímica". Diversos años.

SENER. "Informe de resultados de la industria petroquímica 2001". Subsecretaría de Política Energética.

SENER. "Programa de Desarrollo de la Industria Petroquímica Mexicana 1997-2000. Diagnósticos y Lineamientos".

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Bibliografía

SRIC "PEP YEARBOOK" 1998 EUA. 3 Tomos: Europe, Maexican Gulf and Asia.

WITTCOFF, A. et.al. "Productos químicos industriales". Vol. 1. Ed: Limusa. (1994).

http://icarito.tercera.cl/enc_virtual/e_tecologica/materiales/plastico.htm

<http://mx.geocities.com/luisconnors21/resina.htm>

<http://www.google.com.mx/search?q=estireno-acrilonitrilo&hl=es&lr=&ie=UTF-8&oe=UTF-8&start=60&sa=N>

<http://www.hacienda.gob.ni/sigfa/tomoI/progxresukt/condition.htm>

<http://www.imp.mx/petroleo/apuntes/gas>

<http://www.jorplast.com>

<http://www.pharmaportal.com.ar/areapac03.htm>

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ANEXOS



ANEXO A

**DIAGRAMA DE LA INTEGRACIÓN PRODUCTIVA DE LA
INDUSTRIA PETROQUÍMICA**

El diagrama muestra la ruta de transformaciones que sufren los petroquímicos básicos, pasando a intermedios, a secundarios y finalmente a los usos finales.

Nota: El gas natural no es un petroquímico básico, pero se incluye en el diagrama en el cuadro de básicos.

Fuente: <http://www.imp.mx/petroleo/apuntes>

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

BASICOS

SECUNDARIOS

MANUFACTURAS

INTERMEDIOS

FINALES

GAS NATURAL

ETANO

PROPANO

HEXANOS

HEXANO

HEPTANO

HEXANO

HEXANO

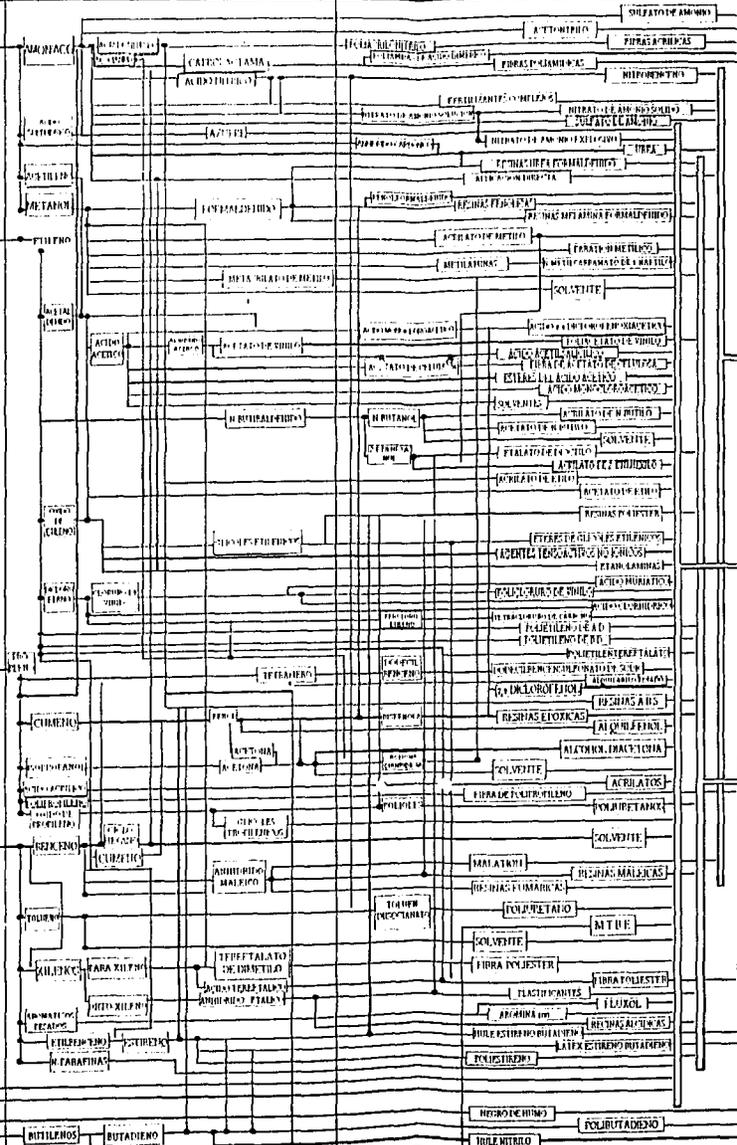
HEXANO

HEXANO

HEXANO

HEXANO

HEXANO



TESIS COM
 FALLA DE CUBIEN

194-

FIBRAS
ARTIFICIALES
Y
SINTETICAS

FERTILIZANTES
NITROGENADOS
Y
PLAGUICIDAS

PRODUCTOS
DE USOS
DIVERSOS

RESINAS
SINTETICAS
Y
PLASTIFICANTES

ELASTOMEROS
Y
PRODUCTOS
RELACIONADOS

PRENDAS DE VESTIR,
CORTINAS,
LAFIBRIAS,
ALFOMBRAS,
CUBIERTA PARA
LANTAS,
REDES DE PESCA,
ARTICULOS DE
COTON,
FILTROS PARA
CIGARRILLOS,
ETC.

DEFERENTES,
LACAS,
PINTURAS,
BARNICES,
PIGMENTOS,
ALIMENTOS
BALANCEADOS,
EXPLOSIVOS,
COSMETICOS,
PIELES,
FARMACUTICOS,
ETC.

GARRITAS VARIAS,
ELECTRONICA,
EMPAGUES,
ACS. PARA
AUTOMOVILES,
TELEFONOS,
TUBERIAS VINILICAS,
PISCAS,
AISLANTE,
DISCOS,
TUBERIAS,
REDES CABLES,
ELECT.
JUGUETES,
MUEBLES,
CUBIERTAS,
CALZADO
ADHESIVOS,
ETC.

LANTAS,
BANDAS,
CALZADO,
ETC.

**B**

ANEXO B

EMPRESAS PRODUCTORAS DE PETROQUÍMICOS POR SUBRAMA EN MÉXICO

1. Empresas productoras de Petroquímicos Intermedios

- GRUPO CELANESE, S.A.
- QUEST INTERNATIONAL DE MEXICO, S.A. DE C.V.
- BERMEX TENSOACTIVOS, S.A DE C.V.
- DERIVADOS MACROQUÍMICOS, S.A. DE C.V.
- DERIVADOS MALEICOS, S.A DE C.V.
- FORDATH, S.A. DE C.V.
- FORMOQUIMIA, S.A. DE C.V.
- INDUSTRIAS DERIVADAS DEL ETILENO, S.A. DE C.V.
- INDUSTRIA DE TABLEROS EMMAN, S.A.-
- INDUSTRIAS MONFEL, S.A DE C.V.
- DYNEA MÉXICO, S.A. DE C.V.
- PETROCEL, S.A.
- QUÍMICA ACRILAMIDA, S.A. DE C.V.
- TEREFTALATOS MEXICANOS, S.A. DE C.V.
- PETROQUÍMICA CAMARGO, S.A. DE C.V.
- PETROQUÍMICA COSOLEACAQUE, S.A. DE C.V.
- COMPLEJO DE PRODUCCIÓN DE GAS REYNOSA
- PETROQUÍMICA ESCOLÍN, S.A. DE C.V.
- PETROQUÍMICA PAJARITOS, S.A. DE C.V.
- COMPLEJO PETROQUÍMICO INDEPENDENCIA
- GRUPO PRIMES
- SÍNTESIS ORGÁNICAS, S.A DE C.V.

- CANAMEX, S.A. DE C.V.
- FÁBRICA DE JABÓN LA CORONA, S.A. DE C.V.
- MISSION HILLS, S.A. DE C.V.
- B.C. GRUPO QUÍMICO INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.
- DETERGENTES Y JABONES SASIL, S.A. DE C.V.
- UNION QUÍMICA, S.A. DE C.V.
- AUSTIN BACIS DE MEXICO, S.A. DE C.V.
- REFINERÍA ING. ANTONIO M. AMOR
- REFINERÍA ANTONIO DOVALI JAIME
- REFINERÍA MIGUEL HIDALGO
- POLAQUIMIA DE TLAXCALA, S.A. DE C.V.
- PROCTER & GAMBLE MANUFACTURA, S. DE R. L. DE C.V.
- PETRAMIN, S.A. DE C.V.
- ADITIVOS MEXICANOS, S.A. DE C.V.
- SALICILATOS DE MEXICO, S.A. DE C.V.
- CIA. UNIVERSAL DE INDUSTRIAS, S.A. DE C.V.
- AGRONITROGENADOS, S.A. DE C.V.
- SOLUCIONES QUÍMICAS PARA EL CAMPO Y LA INDUSTRIA, S.A. DE C.V.
- AGROINDUSTRIAS DEL BALSAS, S.A. DE C.V.
- NITROAMONIA DE MEXICO, S.A. DE C.V.
- UNIVEX, S.A. DE C.V.
- UNIVEX, S.A. DE C.V.
- COMPLEX QUÍMICA, S.A. DE C.V.
- ACRILIA, S.A. DE C.V.
- AKZO NOBEL CHEMICALS, S.A. DE C.V.
- PYOSA, S.A. DE C.V.
- QUÍMICA LIPOSOLUBLE, S.A. DE C.V.
- REXCEL, S.A. DE C.V.
- SÁNCHEZ Y MARTÍN, S.A. DE C.V.
- ADHESIVOS, S.A. DE C.V.
- FENORESINAS, S.A. DE C.V.
- QUÍMICA LUCHABA, S.A. DE C.V.
- DOW QUÍMICA MEXICANA, S.A. DE C.V.
- TEKCHEM, S.A. DE C.V. (ANTES VELPOL)
- RESINAS Y MATERIALES, S.A. DE C.V.
- CLARIANT MÉXICO, S.A. DE C.V. DIV. QF.
- POLIUREQUIMIA, S.A. DE C.V.
- CLARIANT PRODUCTOS QUÍMICOS, S.A. DE C.V.
- QUIMI-KAO, S.A. DE C.V.
- CLOROBENCENOS, S.A. DE C.V.
- INDELPRO, S.A. DE C.V.
- INDUSTRIAS CYDSA BAYER, S.A. DE C.V.
- PETRODERIVADOS, S.A. DE C.V.

- POLIOLES, S.A. DE C.V.
- QUÍMICA AMTEX, S.A. DE C.V.
- QUÍMICA PUMEX, S.A. DE C.V.
- NOVAQUIM, S.A. DE C.V.
- PONDEROSA INDUSTRIAL DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
- PETROQUÍMICA CANGREJERA, S.A. DE C.V.
- REFINERÍA HÉCTOR R. LARA SOSA
- REFINERÍA FCO. I. MADERO
- REFINERÍA GRAL. LÁZARO CÁRDENAS
- BAYER DE MEXICO, S.A. DE C.V. DIV. POLIURETANOS.
- FENOQUIMIA, S.A. DE C.V. (GIRSA)
- INDUSTRIA QUÍMICA DEL PACÍFICO, S.A. DE C.V.
- PETROQUÍMICA MORELOS, S.A. DE C.V.
- PEMEX GAS Y PETROQUÍMICA BÁSICA
- PETROQUÍMICA TULA, S.A. DE C.V.
- UNIDAD PETROQUÍMICA REYNOSA

Fuente: Secretaría de Energía

2. Empresas productoras de Fertilizantes Nitrogenados

- AGROGEN, S.A. DE C.V.
- COSMOCEL, S.A.
- NITROAMONIA DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
- QUÍMICA FOLIAR, S.A. DE C.V.
- AGRONITROGENADOS, S.A. DE C.V.
- AGROFERMEX INDUSTRIAL DE GUADALAJARA, S.A. DE C.V.
- SOLUCIONES QUÍMICAS PARA EL CAMPO Y LA INDUSTRIA, S.A. DE C.V.
- FERTIREY, S.A. DE C.V.
- AGROFERMEX INDUSTRIAL DEL SUR, S.A. DE C.V.
- MET-MEX PEÑALES, S.A. DE C.V.
- UNIVEX, S.A. DE C.V.
- SOLUCIONES QUÍMICAS PARA EL CAMPO Y LA INDUSTRIA, S.A. DE C.V.
- AGROINDUSTRIAS DEL BALSAS, S.A. DE C.V. (FERTINAL)

Fuente: Secretaría de Energía

3. Empresas productoras de Resinas Sintéticas

- LEAR CORPORATION MÉXICO, S.A. DE C.V.
- CIBA ESPECIALIDADES QUÍMICAS MÉXICO, S.A. DE C.V.
- AGUSTÍN ARGENTIN, S.A. DE C.V.
- AISLANTES CELULARES, S.A.

- GRACE CONTAINER, S.A. DE C.V.
- CIA. SHERWIN WILLIAMS, S.A. DE C.V.
- ESPECIALIDADES QUÍMICAS MONTERREY, S.A. DE C.V.
- FORMOQUIMIA, S.A. DE C.V.
- GALVAK, S.A. DE C.V.
- MABE MÉXICO S. DE R.L. DE C.V.
- MAQUILADORA GENERAL DE MATAMOROS, S.A. DE C.V.
- POLIESTIRENO Y DERIVADOS, S.A. DE C.V.
- POLÍMEROS DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
- PRODUCTOS RIVAL, S.A. DE C.V.
- PROVISTA, S.A. DE C.V.
- RESINAS SINTÉTICAS OROZ, S.A. DE C.V.
- STAHL DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
- DIPOL, S.A. DE C.V.
- POLIURETANOS, S.A.
- FORDATH, S.A. DE C.V.
- INDUSTRIA DE TABLEROS EMMAN, S.A.
- DYNEA MÉXICO, S.A. DE C.V.
- PETROQUÍMICA ESCOLÍN, S.A. DE C.V.
- GRUPO PRIMEX.
- B.C. GRUPO QUÍMICO INDUSTRIAL S.A. DE C.V.
- CYTEC DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
- ADHESIVOS Y PRODUCTOS ESPECIALES, S.A. DE C.V.
- HYSOL INDAEL DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
- H.B. FULLER MÉXICO, S.A. DE C.V.
- MONQUÍMICA, S. A. DE C.V.
- PRODUCTOS DE CONSUMO RESISTOL, S.A. DE C.V.
- AQUAQUIM S.A. DE C.V.
- DUPONT, S.A. DE C.V.
- COMPLEX QUÍMICA, S.A. DE C.V.
- REACTIVOS Y RESINAS, S.A. DE C.V.
- KIMEX S.A. DE C.V.
- REXCEL, S.A. DE C.V.
- NATIONAL STARCH & CHEMICAL, S.A. DE C.V.
- PEGAMENTOS Y APRESTOS, S.A.
- BASF MEXICANA, S.A. DE C.V.
- ADHESIVOS, S.A. DE C.V.
- SUN CHEMICAL, S.A. DE C.V.
- PINTURAS ESTAR DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
- INDUSTRIAS OLEOQUÍMICAS, S.A. DE C.V.
- MEXICANA DE RESINAS, S.A. DE C.V.
- PINTURAS VALMEX, S.A. DE C.V.
- PLASTIGLAS DE MÉXICO, S.A. DE C.V.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- POLIURETANOS SW, S.A. DE C.V.
- COGNIS MEXICANA, S.A. DE C.V.
- FENORESINAS, S.A. DE C.V.
- COLOMBIN BEL, S.A. DE C.V.
- POLIMEROS Y PRODUCTOS QUÍMICOS, S.A.
- ACOJINAMIENTOS SINTÉTICOS, S.A. DE C.V.
- COMERCIAL MEXICANA DE PINTURAS, S.A. DE C.V.
- RESIRENE, S.A. DE C.V.
- LATINOAMERICANA DE PINTURAS, S.A. DE C.V.
- MULTIPANEL, S.A. DE C.V.
- PINTURAS DIAMEX, S.A.
- PINTURAS OPTIMUS, S.A. DE C.V.
- PIONEER FABRICA DE RESINAS SINTÉTICAS, S.A.
- POLICYD, S.A. DE C.V.
- POM, S.A. DE C.V.
- POLIURETANOS Y RECUBRIMIENTOS COMERCIALES, S.A. DE C.V.
- PPG INDUSTRIES DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
- PRODUCTOS EIFFEL, S.A. DE C.V.
- PRODUCTOS QUÍMICOS Y PINTURAS, S.A. DE C.V.
- EATSMAN SERVICIOS CORPORATIVOS, S.A. DE C.V.
- REACCIONES QUÍMICAS, S.A. DE C.V.
- RESINAS SINTÉTICAS, S.A. DE C.V.
- SÁNCHEZ, S.A. DE C.V.
- STABILIT, S.A. DE C.V.
- ESPUMAS INDUSTRIALES MONTERREY, S.A. DE C.V.
- LUIS M. OLAVARRIETA, S.A. DE C.V.
- INDUSTRIAS POLIREY, S.A. DE C.V.
- PETROQUÍMICA CANGREJERA, S.A. DE C.V.
- ELASTOMEROS TAZA, S.A. DE C.V.
- INDUSTRIAS VORIDIAN
- INDELPRO, S.A. DE C.V.
- PETRODERIVADOS, S.A. DE C.V.
- POLIOLES, S.A. DE C.V.
- QUÍMICA PUMEX, S.A. DE C.V.
- NOVAQUIM, S.A. DE C.V.
- PONDEROSA INDUSTRIAL DE MÉXICO S.A. DE C.V.
- BAYER DE MÉXICO, S.A. DE C.V. DIV. POLIURETANOS.
- ARTEVA SPECIALTIES, S. DE R.L. DE C.V.
- AIR PRODUCTS RESINAS.
- AMERCOAT MEXICANA, S.A. DE C.V.
- GRUPO QUÍMICO INDUSTRIAL DE TOLUCA, S.A. DE C.V.
- INDUSTRIAL EBRO-QUIMEX, S.A. DE C.V.

TESIS CON
FALLA DE CUBIEN

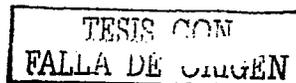
- NALCO DE MÉXICO, S. DE R. L. DE C.V.
- COSMOGRÁFICA, S.A. DE C.V.
- PLÁSTICOS ESPECIALES GAREN, S.A. DE C.V.
- POLIRESINAS HUETTENES ALBERTUS, S.A. DE C.V.
- GE PLASTICS, S.A. DE C.V.
- CLARIANT PRODUCTOS QUÍMICOS, S.A. DE C.V.
- QUÍMICA MONSAYER, S.A. DE C.V.
- QUIMI-KAO, S.A. DE C.V.
- REICHHOLD QUÍMICA DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
- ROHM AND HAAS MÉXICO, S.A. DE C.V.
- SCHENECTADY MÉXICO, S.A. DE C.V.
- FOAMEX DE CUAUTILÁN, S.A. DE C.V.
- WYN DE MEXICO PRODUCTOS QUÍMICOS, S.A. DE C.V.
- POLYFORM DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
- UREBLOCK, S.A. DE C.V.
- PECTEN POLIESTER MANUFACTURAS, S.A. DE C.V.
- PETROQUÍMICA MORELOS, S.A. DE C.V.
- UNIDAD PETROQUÍMICA REYNOSA

Fuente: Secretaría de Energía

4. Empresas productoras de Fibras Químicas

- KIMEX S.A. DE C.V.
- CELULOSA Y DERIVADOS, S.A. DE C.V.
- COMPLEX QUÍMICA, S.A. DE C.V.
- FIBRAS NACIONALES DE ACRÍLICO, S.A. DE C.V.
- FIBRAS QUÍMICAS, S.A.
- ACRILIA, S.A. DE C.V.
- INDUSTRIAS PETROQUÍMICAS MEXICANAS, S.A. DE C.V.
- INDUSTRIAS POLIFIL, S.A. DE C.V.
- NYLON DE MÉXICO, S.A.
- NYLTEK, S.A. DE C.V.
- DUPEK, S.A. DE C.V.
- POLYKRON, S.A. DE C.V.
- ARTEVA SPECIALTIES, S. DE R.L. DE C.V.

Fuente: Secretaría de Energía



5. Empresas productoras de Elastómeros y Negro de Humo

- NHUMO, S.A. DE C.V.
- DYNASOL ELASTÓMEROS, S.A. DE C.V.
- QUIMIR, S.A. DE C.V.
- INDUSTRIAS NEGROMEX, S.A. DE C.V.
- BASF MEXICANA

Fuente: Secretaría de Energía

ESPECIALIDADES

6. Empresas productoras de Adhesivos

- SALICILATOS DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
- 3M MÉXICO, S.A. DE C.V.
- ADHESIVOS DE CUERNAVACA, S. DE R.L.
- ADHESIVOS Y PRODUCTOS ESPECIALES, S.A. DE C.V.
- HYSOL INDAEL DE MÉXICO
- H.B. FULLER MÉXICO, S.A. DE C.V.
- MONQUÉMICA, S. A. DE C.V.
- PIERCE & STEVENS DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
- PROBST, S.A. DE C.V.
- PRODUCTOS SIGMA, S.A. DE C.V.
- SIKA MEXICANA, S.A DE C.V.
- TERLAN MEXICANA, S.A DE C.V
- PRODUCTOS DE CONSUMO RESISTOL, S.A. DE C.V.
- HENKEL MEXICANA, S.A DE C.V.
- TECNO ADHESIVOS, S.A. DE C.V.
- BOSTIK MEXICANA, S.A. DE C.V.
- INDUSTRIAS TUK, S.A. DE C.V.
- PEGAMENTOS INDUSTRIALES LEÓN, S.A. DE C.V.
- GOM-MEX, S.A. DE C.V.
- REXCEL, S.A. DE C.V.
- JANEL, S.A. DE C.V.
- MORTON INTERNATIONAL, S.A. DE C.V.
- NATIONAL STARCH & CHEMICAL, S.A. DE C.V.
- PEGAMENTOS Y APRESTOS, S.A.
- PRODUCTOS INDUSTRIALES EUROTEC, S.A. DE C.V.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- PRODUCTOS QUÍMICOS SERVIS, S.A. DE C.V.

Fuente: Secretaría de Energía

7. Empresas productoras de Materias Primas de Aditivos para Lubricantes y Aditivos para Combustibles,

- REFINERÍA HÉCTOR R. LARA SOSA
- REFINERÍA ING. ANTONIO M. AMOR
- REFINERÍA ANTONIO DOVALI JAIME
- REFINERÍA MIGUEL HIDALGO
- INFINEUM MÉXICO, S. DE R.L. DE C.V.
- QUÍMICA LIPOSOLUBLE, S.A. DE C.V.
- INDUSTRIAS LUBRIZOL, S.A. DE C.V.
- ADITIVOS MEXICANOS, S.A. DE C.V.

Fuente: Secretaría de Energía

8. Empresas que fabrican Aditivos para Alimentos

- NITROGENO INDUSTRIAL Y ALIMENTICIO, S.A. DE C.V.
- CIA. UNIVERSAL DE INDUSTRIAS, S.A. DE C.V.
- PRODUCTOS ESPECIALES QUÍMICOS, S.A. DE C.V.
- AKZO NOBEL CHEMICALS, S.A. DE C.V.
- SALICILATOS DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
- GRUPO CELANESE, S.A.

Fuente: Secretaría de Energía

9. Empresas productoras de Colorantes

- WARNER JENKINSON, S.A. DE C.V.
- BAYER DE MÉXICO, S.A. DE C.V. DIV. DE PRODUCTOS ESPECIALES
- CLARIANT, S.A. DE C.V.
- PYOSA, S.A. DE C.V.
- CIBA ESPECIALIDADES QUÍMICAS MÉXICO, S.A. DE C.V.
- BASF MEXICANA, S.A. DE C.V.

Fuente: Secretaría de Energía

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

10. Empresas productoras de Explosivos

- ASA ORGANIZACION INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.
- EXPLOSIVOS MEXICANOS, S.A. DE C.V.
- EXPLOSIVOS DE NORTEAMERICA, S.A. DE C.V.
- AUSTIN BACIS DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
- AGRONITROGENADOS, S.A. DE C.V.
- NITROAMONIA DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
- AGROINDUSTRIAS DEL BALSAS, S.A. DE C.V.

Fuente: Secretaría de Energía.

11. Empresas productoras de Farmoquímicos

- SYNTEX, S.A. DE C.V.
- UQUIFA MÉXICO, S.A. DE C.V.
- CIA. UNIVERSAL DE INDUSTRIAS, S.A. DE C.V.
- BIOCLON, S.A. DE C.V.
- LABORATORIOS CRYOPHARMA, S.A. DE C.V.
- LABORATORIOS IMPERIALES, S.A. DE C.V.
- PRODUCTOS QUÍMICOS NATURALES, S.A. DE C.V.
- GIST BROCADES INDUSTRIAL PHARMACEUTICAL MEXICANA, S.A. DE C.V.
- QUÍMICA FINA FARMEX, S.A. DE C.V.
- SALICILATOS DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
- SIGNA, S.A. DE C.V.
- LABORATORIOS SENOSIAIN, S.A. DE C.V.

Fuente: Secretaría de Energía

12. Empresas productoras de Hulequímicos

- COMPLEX QUÍMICA, S.A. DE C.V.
- CROMPTON CORPORATION
- MICRO, S.A. DE C.V.

Fuente: Secretaría de Energía

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

13. Empresas productoras de Iniciadores y Catalizadores

- DERIVADOS METAL ORGÁNICOS, S.A. DE C.V.
- AKZO NOBEL CHEMICALS, S.A. DE C.V.
- NUODEX MEXICANA, S.A. DE C.V.
- PETRAMIN, S.A. DE C.V.
- PETROQUÍMICA PENWALT, S.A. DE C.V.
- PYOSA, S.A. DE C.V.
- PYCOMSA, S.A. DE C.V.
- REACTIVOS Y RESINAS, S.A. DE C.V.
- PRODUCTOS QUÍMICOS JELA, S.A. DE C.V.

Fuente: Secretaría de Energía

14. Empresas productoras de plaguicidas

- DUPONT, S.A. DE C.V.
- GRUPO BIOQUÍMICO MEXICANO, S.A. DE C.V.
- ORGANO SÍNTESIS, S.A. DE C.V.
- POLAQUIMIA DE TLAXCALA S.A. DE C.V.
- CROMPTON CORPORATION
- QUÍMICA LUCAVA, S.A. DE C.V.
- DOW QUÍMICA MEXICANA, SA DE C.V.
- TEKCHEM, S.A. DE C.V.

Fuente: Secretaría de Energía

15. Empresas productoras de Plastificantes

- EGON MEYER, S.A. DE C.V.
- GRUPO PRIMES
- SÍNTESIS ORGÁNICAS, S.A DE C.V.
- QUÍMICA LUCAVA, S.A. DE C.V.
- NIL, S.A. DE C.V.
- GRUPO CELANESE, S.A.
- ESPECIALIDADES INDUSTRIALES Y QUÍMICAS, S.A. DE C.V.
- POLIMEROS Y PRODUCTOS QUÍMICOS, S.A. .
- RESINAS Y MATERIALES, S.A DE C.V.
- CROMPTON CORPORATION, S.A. DE C.V.

Fuente: Secretaría de Energía

TESIS CON
FALLA DE URGEN

16. Empresas de Propelentes y Refrigerantes

- DUPONT, S.A. DE C.V.
- PROPYSOL, S.A. DE C.V.
- PROPELENTES MEXICANOS, S.A. DE C.V.
- QUIMOBÁSICOS, S.A. DE C.V.

Fuente: Secretaría de Energía

17. Empresas productoras de Químicos Aromáticos

- PYOSA, S.A. DE C.V.
- BIOCLON, S.A. DE C.V.
- SALICILATOS DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
- QUEST INTERNATIONAL DE MÉXICO, S.A. DE C.V.

Fuente: Secretaría de Energía

18. Empresas productoras de Agentes Tensoactivos

- POLAQUIMIA DE TLAXCALA, S.A. DE C.V.
- PROCTER & GAMBLE MANUFACTURA, S. DE R. L. DE C.V.
- COMPLEX QUÍMICA, S.A. DE C.V.
- QUIMICA LIPOSOLUBLE, S.A. DE C.V.
- AQUAQUIM, S.A. DE C.V.
- CYTEC DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
- DETERGENTES Y JABONES SASIL, S.A DE C.V.
- UNION QUÍMICA, S.A. DE C.V.
- BERMEX TENSOACTIVOS, S.A DE C.V.
- CANAMEX, S.A. DE C.V.
- FABRICA DE JABÓN LA CORONA, S.A. DE C.V.
- RHODIA, S.A. DE C.V.
- MISSION HILLS, S.A DE C.V.
- B.C. GRUPO QUÍMICO INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.
- COLGATE PALMOLIVE, S.A. DE C.V.
- SÁNCHEZ Y MARTÍN, S.A. DE C.V.
- COGNIS MEXICANA, S.A. DE C.V.
- CLARIANT MEXICO, S.A. DE C.V. DIV. QF.
- ALKEMIN, S. DE R.L. DE C.V.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- POLIUREQUIMIA, S.A. DE C.V.
- CLARIANT PRODUCTOS QUÍMICOS, S.A. DE C.V.
- QUIMI-KAO, S.A. DE C.V.
- STEPAN MEXICO, S.A. DE C.V.

Fuente. Secretaría de Energía

19. Empresas productoras de otras especialidades

- ORGANO SÍNTESIS, S.A. DE C.V.
- BAYER DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
- CIBA ESPECIALIDADES QUÍMICAS MÉXICO, S.A. DE C.V.
- INDUSTRIAS OLEOQUÍMICAS, S.A. DE C.V.
- NIL, S.A. DE C.V.
- CROMPTON CORPORATION, S.A. DE C.V.

Fuente: Secretaría de Energía

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



ANEXO C

PLÁSTICOS: GENERALIDADES

Aparentemente, una pieza de plástico es semejante a cualquier otra, esto es, todas las cosas de plástico parecen hechas del mismo material, variando apenas el color y el formato. En realidad, existen muchos tipos de plásticos y cauchos, que tienen propiedades y estructuras químicas diferentes. Por ejemplo, un plástico empleado en la fabricación de un envase no es el mismo que el utilizado en la producción de un CD.

¿Qué es un plástico?

El plástico está constituido de moléculas sintéticas, es decir, producidas por el hombre, llamadas polímero (del griego: poli - muchas, mero - partes). Los polímeros son, por tanto, moléculas básicamente lineales, generalmente de origen orgánico, constituidas por la unión de moléculas de bajo peso molecular. Estas se denominan monómeros y se unen por intermedio de reacciones químicas (Figura 1). Un ejemplo ilustrativo es una cadena (el polímero) cuyos eslabones corresponden a los monómeros.

“Los polímeros pueden ser definidos químicamente como moléculas relativamente grandes, de pesos moleculares del orden de 1.000 a 1.000.000, en cuya estructura se encuentran unidades químicas sencillas repetidas (meros)”¹. El Polietileno, polipropileno, poliestireno, poliéster, nylon, y teflon® son ejemplos de polímeros industriales.

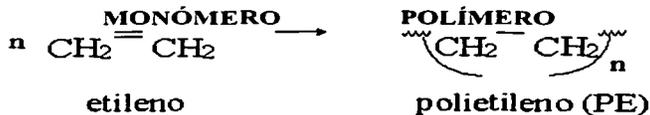


Figura 1 - Relación monómero-polímero

En la Figura 3.1, el etileno es el monómero que, después de que ha reaccionado con varias otras moléculas iguales a él, forma el polímero polietileno, o simplemente, PE. La reacción química involucrada se llama polimerización. En la estructura de la molécula del PE, la unidad -CH₂-CH₂- se repite, y esta repetición depende del número de moléculas de etileno que reaccionaron entre sí (n) para formar el polímero. El índice (n) (o DP) del polímero se conoce como grado de polimerización y representa el número de meros existentes en cada cadena polimérica.

La principal característica de los polímeros es que tienen peso molecular alto, lo que afecta decisivamente las propiedades químicas y físicas de éstas moléculas. Cuanto mayor es el grado de polimerización, más elevado es el peso molecular del polímero. Los polímeros de peso molecular más elevado son designados altos polímeros, y los de bajo peso molecular oligómeros (del griego pocas partes). Además de los polímeros sintéticos, en la naturaleza se encuentran en otras moléculas de peso molecular muy alto, que pueden tener origen inorgánico, como por ejemplo el diamante, el grafito y los silicatos, o de origen orgánico como los polisacáridos (celulosa y almidón), proteínas (colágeno, hemoglobina, hormonas, albúmina, etc.) y los ácidos nucleicos (DNA y RNA). Tanto éstas moléculas como los polímeros, son clasificados como macromoléculas, es decir, las macromoléculas son compuestos tanto de origen natural como sintético, tanto con elevado peso molecular y estructura química por veces compleja. Por tanto la lana, el cuero, la madera, el cabello, el cuerno, la seda natural, la uña y el caucho natural extraído del jébe (*Hevea Brasiliensis*), son ejemplos de materiales cotidianos constituidos por macromoléculas naturales orgánicas. Estas sustancias naturales generalmente no presentan unidades estructurales tan iguales ni tan regularmente repetidas como las sintéticas, pero sí una complejidad que resulta en propiedades inigualables.

CLASIFICACIÓN DE LOS POLÍMEROS

Además de los polímeros clásicos que se producen y comercializan ya hace algunos años, cada día aparecen otros nuevos, provenientes de las investigaciones científicas y tecnológicas que se desarrollan en todo el mundo. Por lo que, debido a la gran variedad de materiales poliméricos existentes, es necesario agruparlos según sus características, facilitar el entendimiento y el estudio de las propiedades. Con este objetivo los polímeros se clasifican de varias maneras, de acuerdo con las estructuras químicas, el comportamiento frente al calor, propiedades mecánicas, tipos de aplicaciones, escala de producción, o aún otras características.

Clasificación según el Tipo de Estructura Química

Se pueden agrupar en tres divisiones:

Según la cantidad de meros diferentes en el polímero

“Un polímero puede ser constituido apenas de la repetición de una única unidad química (cadena homogénea) o entonces de dos o más meros (cadena heterogénea). Cuando la cadena es homogénea, se llama homopolímero, y cuando es heterogénea copolímero”.²
Por lo que se tienen:

- **Homopolímero:** Es el polímero que está constituido por apenas un tipo de unidad estructural repetida. Por ejemplo el polietileno, poliestireno, poliacrilonitrilo.

Si consideramos A como el mero presente en el homopolímero, su estructura se puede representarse de la siguiente manera:



- **Copolímero:** Es el polímero constituido por dos o más meros distintos. Por ejemplo el SAN y el SBR.

Suponiendo que A y B representan los meros, hay tres posibilidades de disposición:

Copolímeros al azar (u aleatorios, estadísticos): En estos copolímeros, los meros tienen secuencia desordenada a lo largo de la cadena macromolecular:



Copolímeros alternados: En éstos los meros se suceden alternadamente:

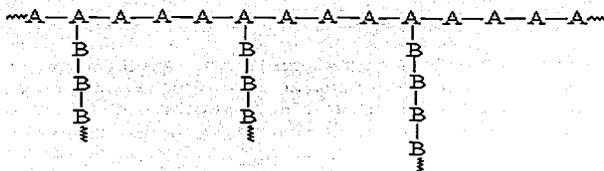


Copolímeros en bloques: Cada macromolécula del copolímero esta formada por más o menos tramos largos de A cada uno seguido por un tramo de B:



² www.jorplast.com

Copolímeros de injerto: La cadena principal que constituye el polímero contiene apenas unidades de un mismo monómero, mientras que el otro mero hace parte solamente de las ramificaciones laterales (el injerto):



Por lo general, los copolímeros conformados de tres unidades químicas reiterativas diferentes se denominan terpolímeros. Un ejemplo típico es el ABS, es decir, el terpolímero de acrilonitrilo-butadieno-estireno.

La reacción química que forman los copolímeros se conoce como copolimerización, y los monómeros de comonómeros. Cuando se cambian los comonómeros o la cantidad relativa de cualquiera de ellos, el material que se obtiene presenta propiedades diferentes, tanto químicas como físicas.

Con relación a la estructura química de los meros que constituyen el polímero

Esta clasificación esta basada en el grupo funcional al cual pertenecen los meros. Así se tienen los siguientes ejemplos:

- Poliolefinas: Polipropileno, polibutadieno, poliestireno.
- Poliésteres: Poli(tereftalato de etileno), policarbonato.
- Poliéteres: Poli(óxido de etileno), poli(óxido de fenileno).
- Poliamidas: Nylon, poliamida.
- Polímeros celulósicos: Nitrato de celulosa, acetato de celulosa.
- Polímeros acrílicos: Poli(metacrilato de metilo), poli(acrilonitrilo).
- Polímeros vinílicos: Poli(acetato de vinilo), poli(alcohol vinílico).
- Poliuretanos: Derivados de isocianatos
- Resinas formaldehído: Resina fenol-formol, resina urea-formol.

Con relación a la forma de la cadena polimérica

Las cadenas macromoleculares pueden ser :

Lineales: Que no tienen ramificaciones (figura 2). Los termoplásticos sólo tienen atracciones secundarias entre las cadenas de moléculas. Estas atracciones se contrarrestan fácilmente cuando la resina es calentada y ésta se funde.

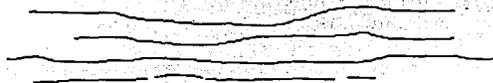


Figura 2. Estructura lineal

Ramificadas: Todas las moléculas contienen ramificaciones, es decir, pequeñas cadenas laterales (figura 3). Los cauchos están unidos por medio de unos cuantos enlaces químicos llamados entrecruzamientos. El calor hace que se vuelvan elásticos, pero no se funden.

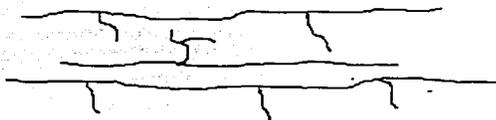


Figura 3 Estructura con ramificaciones

Entrecruzadas: Los polímeros tienen una estructura tridimensional, donde las cadenas están unidas unas a otras por enlaces químicos (figura 4). Los termofijos tienen un alto grado de entrecruzamiento, esta clase de plástico es relativamente resistente al calor, siempre y cuando no se alcance la temperatura de descomposición.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

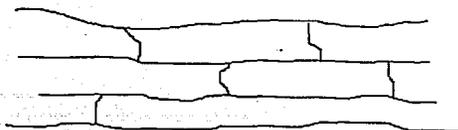


Figura 4. Estructura tridimensional

Clasificación conforme al Comportamiento frente a la Temperatura

Los polímeros se pueden nombrar según a su comportamiento frente al calor.

Termoplásticos: Son polímeros que se funden al calentarlos y se solidifican al enfriarse. Por ejemplo: el polietileno, poli(tereftalato de etileno), poliacrilonitrilo, nylon.

Termofijos: Son polímeros que al calentarlos por la primera vez se forman entrecruzamientos, transformándolos en infusibles e insolubles, ejemplo de éstos son la resina fenol-formol, resina melamina-formol, resina urea-formol.

Clasificación según el Comportamiento Mecánico

Plásticos: Es un material polimérico estable en las condiciones normales de uso, pero que en alguna etapa de su elaboración estuvo como fluido. Esta propiedad permite que sea moldeado por calentamiento, por presión o por ambos, ejemplo de éstos son el polietileno, polipropileno, poliestireno.

Elastómeros (o caucho): Son materiales poliméricos que pueden ser de origen natural o sintético. Después de sufrir una deformación bajo la acción de una fuerza, recupera la forma original rápidamente, por más grande que haya sido la deformación aplicada, por bastante tiempo. Por ejemplo el polibutadieno, caucho nitrílico, poli(estireno-co-butadieno).

Fibras: Las fibras tienen una gran relación longitud-diámetro. Generalmente se constituyen de macromoléculas lineales y se mantienen orientadas longitudinalmente. Por ejemplo los poliésteres, poliamidas y poliacrilonitrilo.

Clasificación según la Escala de Fabricación

De acuerdo con la escala de producción los plásticos, pueden clasificarse como:

Plásticos de commodity: Constituyen la mayoría de los polímeros fabricados mundialmente. Por ejemplo el polietileno, polipropileno, poliestireno entre otros.

Plásticos de especialidad: Plásticos que poseen un conjunto especial de propiedades y son producidos en menor escala. Por ejemplo el Poli(óxido de metileno) y poli(cloruro de vinilideno).

Clasificación según el Tipo de Aplicación

Un plástico puede tener una aplicación general o ser un plástico de ingeniería.

Los plásticos de uso general son polímeros muy versátiles, que se pueden utilizar en variadas aplicaciones. Como el polietileno, el polipropileno, el estireno, el metacrilato de metilo, el poli(cloruro de vinilo), la baquelita entre otros.

Tecnopolímeros o plásticos para ingeniería: Son polímeros que se emplean para sustituir a materiales tradicionales utilizados en la ingeniería, como la madera y varios metales; ejemplos de éstos son el poliacetato, policarbonato y poli(tetraflúor-etileno).

Además de las clasificaciones descritas anteriormente, el término resina se emplea comúnmente en la industria de plásticos. Las resinas naturales son compuestos orgánicos amorfos secretados por algunas plantas, generalmente no son solubles en agua, pero son solubles en diversos disolventes orgánicos. Las resinas sintéticas se describen como un grupo de sustancias sintéticas que tienen propiedades se asemejan a las de las resinas naturales. Generalmente, a la temperatura ambiente las resinas muestran un aspecto de líquido bastante viscoso o aspecto pastoso que se reblandece gradualmente cuando son calentadas. También se nombran resinas termofijas a los plásticos termofijos.

FORMA Y ACABADO DE LOS PLÁSTICOS

Las técnicas empleadas para conseguir la forma final y el acabado de los plásticos dependen de tres factores: tiempo, temperatura y fluencia (conocido como deformación). A continuación se describen los procesos para dar forma y acabado a los plásticos.

Técnicas de Moldeo de los Plásticos

El moldeo de los plásticos consiste en dar las formas y medidas deseadas a un plástico por medio de un molde. El molde es una pieza hueca en la que se vierte el plástico fundido para que adquiera su forma. Para ello los plásticos se introducen a presión en los moldes. En función del tipo de presión, tenemos estos dos tipos:

A) Moldeo a Alta Presión

Se efectúa por medio de máquinas hidráulicas que ejercen la presión suficiente para el moldeo de las piezas. Básicamente hay tres tipos: compresión, inyección y extrusión.

Compresión: en este proceso el plástico en polvo se calienta y se comprime entre las dos partes de un molde mediante la acción de una prensa hidráulica, ya que la presión requerida en este proceso es muy grande.

Este proceso se utiliza para fabricar piezas de baquelita, como los mangos aislantes del calor de los recipientes y utensilios de cocina.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Inyección: El plástico granulado se introduce dentro de un cilindro, donde se calienta. En el interior del cilindro hay un tornillo sinfin que actúa de igual semejanza al émbolo de una jeringuilla. Cuando el plástico se reblandece lo suficiente, el tornillo sinfin inyecta el plástico a alta presión en el interior de un molde de acero para darle forma. El molde y el plástico inyectado son enfriados mediante unos canales interiores por los que circula agua. Por su economía y rapidez, el moldeo por inyección es muy indicado para la producción de grandes series de piezas. A través de este procedimiento se elaboran palanganas, cubos, carcasas, componentes del automóvil, etc.

Extrusión: Este método consiste en moldear productos de manera continua, debido a que el material es empujado por un tornillo sinfin a través de un cilindro que acaba en una boquilla, lo que produce una tira de longitud indefinida. Modificando la forma de la boquilla se pueden obtener barras de diferentes perfiles. También se emplea este procedimiento en la fabricación de tuberías, inyectando aire a presión a través de un orificio en la punta del cabezal. Regulando la presión del aire se pueden elaborar tubos de distintos espesores.

B) Moldeo a Baja Presión

Se utiliza para dar forma a láminas de plástico aplicando calor y presión hasta adaptarlas a un molde. Básicamente se utilizan dos procedimientos, el primero consiste de hacer vacío absorbiendo el aire que hay entre la lámina y el molde, de manera que ésta se adapte a la forma del molde. Este tipo de moldeo se utiliza en la fabricación de envases de productos alimenticios en moldes que reproducen la forma de los objetos que han de contener.

El segundo consiste en aplicar aire a presión contra la lámina de plástico hasta adaptarla al molde. Este procedimiento se denomina *moldeo por soplado*, como el caso de la extrusión, aunque se trata de dos técnicas totalmente diferentes. Se emplea para la fabricación de cúpulas, piezas huecas, etc.

Colada: Consiste en verter el material plástico en estado líquido dentro de un molde, donde fragua y se solidifica. La colada es útil en la fabricación de pocas piezas o cuando emplean moldes de materiales baratos de poca duración, como la madera. Debido a su lentitud, este procedimiento no resulta útil para fabricación grandes series de piezas.

Espumado: Consiste en introducir aire u otro gas en el interior de la masa de plástico de manera que se formen burbujas permanentes. A través de este procedimiento se obtiene la espuma de poliestireno, la espuma de poliuretano (PUR), etc. Con éstos se fabrican colchones, aislantes termo-acústicos, esponjas, embalajes, cascos de ciclismo y patinaje, plafones ligeros y otros.

Calandrado: En este procedimiento se hace pasar el material plástico a través de unos rodillos que producen, mediante presión, láminas de plástico flexibles de diferente espesor. Estas láminas se utilizan para fabricar hules, impermeables o planchas de plástico de poco grosor.

**D**

ANEXO D

OBTENCIÓN DE LOS POLÍMEROS

Como se mencionó, los polímeros se clasifican según sus propiedades químicas, físicas y estructurales. Ahora veremos que también se pueden agrupar de acuerdo con el tipo de reacción química que se utiliza para obtenerlos y todavía, según la técnica de polimerización empleada para que la reacción química se lleve a cabo. Estos dos últimos aspectos afectan de una manera muy especial las características de los polímeros resultantes.

En este trabajo trataremos de los tipos de reacciones y de las técnicas existentes.

Procesos de Obtención de los Polímeros

“En 1929, Carothers separó las polimerizaciones en dos grupos, de acuerdo a la composición y a la estructura de los polímeros. De acuerdo con esta clasificación, se dividen las reacciones de polimerización en poliadiciones (por adición) y policondensaciones (por condensación). La poliadición puede darse en monómeros que contengan al menos un doble enlace, y la cadena polimérica se forma por la apertura de éste, adicionando un monómero seguido de otro. En la

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

policondensación la reacción se pasa entre monómeros que porten dos o más grupos funcionales, formando también casi siempre moléculas de bajo peso molecular como agua u amoníaco¹ (Figura 1).

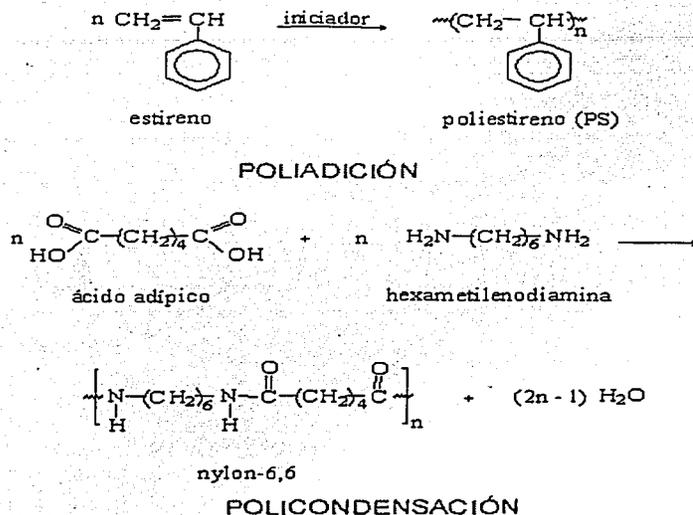


Figura 1 Poliadición y policondensación

“ En 1953 Flory generalizó y perfeccionó esta clasificación utilizando como criterio el mecanismo de reacción, dividiendo las reacciones en polimerizaciones en cadena y en etapas, que corresponden respectivamente, a las poliadiciones y policondensaciones”.²

Con esta nueva clasificación, polímeros que estaban incorrectamente considerados como productos de poliadición, como los poliuretanos (los cuales no liberan moléculas de bajo peso molecular), reciben una clasificación más precisa al ser considerados como provenientes de una polimerización en etapas.

La polimerización en cadena presentan reacciones de iniciación, propagación y terminación distintas y bien definidas.

La polimerización en cadena puede ser inducida por calor, por agentes químicos (como iniciadores) o por radiación (ultravioleta). Cuando la polimerización es iniciada por calor o radiación proporciona una homólisis del duplo enlace del monómero, resultando en un mecanismo

¹ www.jorplast.com

² www.jorplast.com

de reacción por radicales libres; mientras tanto la iniciación química (la que se emplea mayormente en las industrias), se consigue con iniciadores, sustancias que pueden provocar la homólisis o la heterólisis del doble enlace. Por tanto, la polimerización puede tomar lugar a través de radicales libres, por vía catiónica, por vía aniónica o por coordinación.

En el caso de la polimerización por coordinación los iniciadores también son catalizadores. Los cuales utilizan complejos constituidos por compuestos de transición y organometálicos como los de Ziegler-Natta. Este tipo de catálisis se aplica únicamente a monómeros apolares, y su ventaja es la obtención de polímeros altamente estereoregulares.

Durante la propagación, la especie reactiva generada en la iniciación (radical libre, catión o anión) incorpora sucesivamente moléculas de monómero, formando la cadena polimérica (Figura 2). Esta etapa de la polimerización en cadena es muy importante, pues su velocidad influencia directamente la velocidad general de la polimerización.

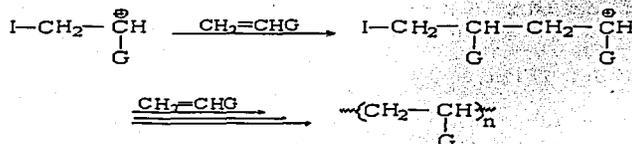


Figura 2. Propagación en una polimerización catiónica en cadena

En la terminación, el centro activo propagante reacciona de modo espontáneo o con alguna sustancia adicionada, lo cual interrumpe la propagación del polímero, generalmente la terminación de la polimerización. La polimerización catiónica se termina con humedad u otras impurezas. Mientras que la aniónica termina cuando se añade al sistema alguna sustancia protónica, como por ejemplo los alcoholes o ácidos.

Las polimerizaciones en cadena pueden sufrir reacciones de inhibición o retardo. En la inhibición, la polimerización es detenida por el impedimento de la propagación de la cadena, la cual vuelve a continuar después de que el inhibidor se consume totalmente. Los inhibidores se emplean en algunos monómeros para evitar la polimerización durante almacenaje y transporte. Ejemplos de algunos inhibidores son el nitrobenzeno, el m-dinitrobenzeno, la hidroquinona, el poli-t-butyl-catecol, la b-naftilamina, la difenil-picril-hidrazina (DPPH) y el oxígeno.

En el retardo, la velocidad de polimerización apenas disminuye, debido a que la velocidad de propagación no es tan afectada. Los productos empleados para este fin se llaman retardadores. "Las polimerizaciones en etapas transcurren por un mecanismo en que no se diferencian una iniciación, propagación y terminación, o sea se procesan a través de la repetición de la misma reacción química y a la misma velocidad".³

Otra característica importante de la polimerización en etapas es que, dependiendo de la funcionalidad del monómero, el polímero puede resultar lineal, ramificado, o con entrecruzamientos.

Además de las polimerizaciones en cadena y en etapas, los polímeros pueden obtener por medio de reacciones de modificación química sobre otros polímeros. Grupos químicos de un polímero pueden reaccionar con determinadas sustancias cambiándoles las propiedades. Uno de los ejemplos más conocidos de la modificación química de un polímero es la obtención del poli(alcohol vinílico). Este material se obtiene por la hidrólisis del poli(acetato de vinilo), pues el supuesto monómero alcohol vinílico no existe.

Técnicas de Polimerización

Existen cuatro técnicas industriales utilizadas en la polimerización de un monómero, la polimerización en masa, en solución, en suspensión y en emulsión. Cada una de estas técnicas tiene condiciones específicas y dan origen a polímeros con características diferentes.

A) Polimerización en Masa o Directa (Figura 4A)

La polimerización en masa es una técnica simple, homogénea, sólo el monómero y el iniciador están presentes en el sistema, si la polimerización es iniciada térmicamente o por radiación, sólo habrá monómero en el medio de reacción. Esta técnica es económica, además de producir polímeros con un alto grado de pureza. Esta polimerización es altamente exotérmica, ocurriendo dificultades para controlar la temperatura y la agitación del medio reaccionante, que rápidamente se vuelve viscoso desde el inicio de la polimerización. La agitación durante la polimerización debe ser constante para que haya la dispersión del calor de formación del polímero y evitar puntos sobrecalentados, que dan un color amarillento al producto. Este inconveniente puede evitarse utilizando inicialmente un pre-polímero (mezcla de polímero y monómero), que es producido a una temperatura más baja, con una baja conversión y condiciones moderadas

La polimerización en masa es ampliamente utilizada en la fabricación de lentes plásticas amorfas, debido a las excelentes cualidades ópticas conseguidas en las piezas moldeadas, sin presión, como en el caso del poli (metacrilato de metilo).

B) Polimerización en Disolución (Figura 4B)

En la polimerización en disolución, además del monómero y del iniciador también se emplea un disolvente, que debe disolverlos, formando un sistema homogéneo. Al final de la polimerización, el polímero formado puede ser soluble o no en el disolvente usado. En caso de que el polímero sea insoluble, se obtiene un lodo, que es fácilmente separado del medio reaccionante por filtración. Si el polímero es soluble, se utiliza un no-disolvente para precipitarlo en forma de fibras o polvo.

La ventaja de esta polimerización es que la temperatura es homogénea debido a la fácil agitación del sistema, que evita el problema del sobrecalentamiento, mientras que el costo del disolvente y el retraso de la reacción son los inconvenientes de esta técnica.

La polimerización en solución se emplea principalmente cuando se desea aplicar la propia solución polimérica y se emplea bastante en policondensación.

C) Polimerización en Suspensión (Figura 4C)

La polimerización en suspensión o polimerización en perlas, por la forma como los polímeros son obtenidos, es una polimerización heterogénea donde el monómero y el iniciador son insolubles en el medio dispersante, en general el agua.

La polimerización se pasa dentro de las partículas en suspensión, las cuales tienen un tamaño medio entre 2 a 10 μm y donde se encuentra el monómero y el iniciador. La agitación del sistema es un factor muy importante, pues según la velocidad de agitación que se emplea, varía el tamaño de las partículas.

Además del monómero, el iniciador y el solvente también se adicionan agentes tensoactivos, evitando la adhesión entre las partículas y, como consecuencia, la precipitación del polímero sin la formación de las perlas. La precipitación del polímero también se puede evitar adicionando al medio reaccionante un polímero hidrosoluble de elevado peso molecular, que aumente la viscosidad del medio. Sin embargo, la incorporación de estos aditivos al sistema dificulta la purificación del polímero resultante.

D) Polimerización en Emulsión (Figura 4D)

La polimerización en emulsión es una polimerización heterogénea en medio líquido, requiere de una serie de aditivos con funciones específicas, como emulgente (generalmente un detergente), taponadores de pH, protectores, reguladores de tensión superficial, reguladores de polimerización y activadores (agentes de reducción).

En esta polimerización, el iniciador es soluble en agua, mientras que el monómero es apenas parcialmente soluble. El emulsificante tiene como objetivo formar micelas de tamaño entre 1 μm y 1 nm , donde el monómero queda contenido. Algunas micelas son activas, es decir, la reacción de polimerización se lleva a cabo dentro de ellas, mientras que otras son inactivas (gotas de monómeros), constituyendo apenas una fuente de monómero. A medida que la reacción ocurre, las micelas inactivas suplen a las activas con monómero, que crecen hasta formar gotas de polímero, originando el polímero sólido. La Figura 3 representa el esquema de un sistema de polimerización en emulsión.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

E

ANEXO E**DATOS DE EVOLUCIONES DE LAS SUBRAMAS****EVOLUCIÓN DE LAS SUBRAMA INTERMEDIOS**

AÑO	PRODUCCIÓN (TONELADAS)	IMPORTACIONES	EXPORTACIONES (TONELADAS)	CONSUMO APARENTE (TONELADAS)
1989	12,987,851	928,280	1,075,307	12,840,824
1990	14,324,014	640,753	1,693,385	13,271,382
1991	15,044,908	929,046	2,043,708	13,930,246
1992	15,271,007	1,079,567	2,551,397	13,799,177
1993	14,221,909	1,264,675	2,503,449	12,983,135
1994	14,660,852	1,488,893	3,009,338	13,140,407
1995	15,868,304	1,708,535	2,460,475	15,116,364
1996	15,875,773	2,027,643	1,937,663	15,965,753
1997	13,891,433	2,521,049	1,471,183	14,941,299
1998	13,519,006	2,860,618	1,577,787	14,801,837
1999	12,574,087	3,299,275	1,326,803	14,546,559
2000	11,551,750	3,982,594	1,688,136	13,846,208
2001	10,111,602	3,816,434	1,228,737	12,699,299

TESIS CON
TALLA DE ORIGEN

EVOLUCIÓN DE LA SUBRAMA DE FERTILIZANTES

AÑO	PRODUCCIÓN (TONELADAS)	IMPORTACIONES (TONELADAS)	EXPORTACIONES (TONELADAS)	CONSUMO APARENTE (TONELADAS)
1989	4,227,371	95,377	191,077	4,131,671
1990	4,133,194	11,415	834,676	3,309,933
1991	3,927,499	46,130	582,900	3,390,729
1992	3,029,171	217,542	629,692	2,617,021
1993	3,072,196	889,454	423,510	3,538,140
1994	4,014,238	1,001,554	726,756	4,289,036
1995	4,200,541	238,199	1,248,059	3,190,681
1996	4,634,470	689,602	1,414,158	3,909,914
1997	3,718,589	990,647	974,902	3,734,334
1998	3,133,820	1,593,910	1,042,518	3,685,212
1999	2,670,248	1,815,141	786,777	3,698,612
2000	1,696,633	2,698,878	713,909	3,681,602
2001	1,603,633	2,315,616	415,646	3,503,603

EVOLUCIÓN DE LA SUBRAMA DE RESINAS SINTÉTICAS

AÑO	PRODUCCIÓN (TONELADAS)	IMPORTACIONES (TONELADAS)	EXPORTACIONES (TONELADAS)	CONSUMO APARENTE (TONELADAS)
1989	1,133,231	375,254	171,352	1,337,133
1990	1,286,108	415,319	269,602	1,431,825
1991	1,468,248	484,009	301,821	1,650,436
1992	1,683,846	581,261	371,696	1,893,411
1993	1,631,083	685,515	305,305	2,011,293
1994	1,729,501	801,445	314,177	2,216,769
1995	1,820,898	747,148	438,432	2,129,614
1996	1,990,841	992,654	518,949	2,464,546
1997	2,063,459	1,314,365	524,730	2,853,094
1998	2,382,727	1,604,810	547,060	3,440,477
1999	2,562,755	2,111,207	596,068	4,077,894
2000	2,681,421	2,365,027	616,929	4,429,519
2001	2,726,632	2,365,415	640,703	4,451,344

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

EVOLUCIÓN DE LA SUBRAMA DE FIBRAS QUÍMICAS

AÑO	PRODUCCIÓN (TONELADAS)	IMPORTACIONES (TONELADAS)	EXPORTACIONES (TONELADAS)	CONSUMO APARENTE (TONELADAS)
1989	828,093	27,255	97,179	758,169
1990	841,718	41,373	120,143	762,948
1991	900,235	50,275	130,024	820,486
1992	955,753	59,319	162,659	852,413
1993	892,678	56,735	158,133	791,280
1994	933,878	61,192	274,547	720,523
1995	1,155,176	48,616	353,986	849,806
1996	1,184,312	77,388	284,686	977,014
1997	1,266,752	108,716	276,728	1,098,740
1998	1,114,544	127,167	243,555	998,156
1999	1,077,291	155,860	246,179	986,972
2000	1,128,814	191,728	253,049	1,067,493
2001	956,412	179,026	250,678	884,760

EVOLUCIÓN DE LA SUBRAMA DE ELASTÓMEROS Y NEGRO DE HUMO

AÑO	PRODUCCIÓN (TONELADAS)	IMPORTACIONES (TONELADAS)	EXPORTACIONES (TONELADAS)	CONSUMO APARENTE (TONELADAS)
1989	261,148	40,774	116,247	185,675
1990	259,879	52,504	121,445	190,938
1991	215,931	86,206	94,600	207,537
1992	223,020	96,638	95,060	224,598
1993	191,872	74,984	69,852	197,004
1994	219,384	90,802	90,259	219,927
1995	238,992	86,362	118,831	206,523
1996	266,163	99,927	109,089	257,001
1997	286,510	96,056	106,631	275,935
1998	297,084	99,055	123,343	272,796
1999	297,713	103,155	117,986	282,882
2000	315,098	107,087	156,156	266,029
2001	266,622	97,696	151,807	212,511

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

EVOLUCIÓN DE LA SUBRAMA DE ADHESIVOS

AÑO	PRODUCCIÓN (TONELADAS)	IMPORTACIONES (TONELADAS)	EXPORTACIONES (TONELADAS)	CONSUMO APARENTE
1989		2,895	497	
1990		3,506	872	
1991	42,768	8,612	595	50,785
1992	43,290	11,550	1,225	53,615
1993	42,275	11,735	1,141	52,869
1994	49,293	21,371	3,657	67,007
1995	48,851	21,038	1,401	68,488
1996	48,851	20,118	1,833	67,136
1997	72,575	25,679	3,857	94,397
1998	74,770	28,658	4,805	98,623
1999	71,843	34,721	7,286	99,278
2000	66,102	48,099	5,571	108,630
2001	66,009	61,172	5,147	122,034

EVOLUCIÓN DE LA SUBRAMA DE TENSOACTIVOS

AÑO	PRODUCCIÓN (TONELADAS)	IMPORTACIONES (TONELADAS)	EXPORTACIONES (TONELADAS)	CONSUMO APARENTE (TONELADAS)
1989	206,134	16,998	25,949	197,183
1990	229,977	20,421	15,928	234,470
1991	258,771	19,414	23,295	254,890
1992	270,595	32,352	32,325	270,622
1993	284,047	42,443	25,819	300,671
1994	341,450	54,187	29,652	365,985
1995	425,936	41,901	34,345	433,492
1996	431,753	53,401	42,135	443,019
1997	460,634	61,631	42,461	479,804
1998	462,971	72,675	56,740	478,906
1999	484,704	86,715	68,084	503,335
2000	532,004	106,167	91,481	546,690
2001	545,982	106,122	61,347	590,757

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

EVOLUCIÓN DE LA SUBRAMA DE COLORANTES

AÑO	PRODUCCIÓN (TONELADAS)	IMPORTACIONES (TONELADAS)	EXPORTACIONES (TONELADAS)	CONSUMO APARENTE (TONELADAS)
1989	3,852	3,546	1,366	6,032
1990	6,702	3,888	2,566	8,024
1991	8,476	4,024	3,043	9,457
1992	9,044	4,701	2,641	11,104
1993	7,768	5,261	2,238	10,791
1994	6,981	7,210	2,408	11,783
1995	5,735	7,722	3,337	10,120
1996	7,961	12,224	3,870	16,315
1997	7,938	15,474	5,079	18,333
1998	8,776	18,781	4,765	22,792
1999	8,159	20,458	4,333	24,284
2000	6,622	20,343	5,387	21,578
2001	12,197	18,740	9,040	21,897

EVOLUCIÓN DE LA SUBRAMA DE EXPLOSIVOS

AÑO	PRODUCCIÓN (TONELADAS)	IMPORTACIONES (TONELADAS)	EXPORTACIONES (TONELADAS)	CONSUMO APARENTE (TONELADAS)
1989	37,000	612	7	37,605
1990	37,000	756	21	37,735
1991	59,434	989	0	60,423
1992	98,189	718	20	98,887
1993	92,862	836	8	93,690
1994	101,986	973	0	102,959
1995	74,190	4,773	45	78,918
1996	111,214	4,957	667	115,504
1997	104,788	5,059	359	109,488
1998	184,571	5,391	639	189,323
1999	194,742	5,541	2,288	197,995
2000	189,921	5,912	5,438	190,395
2001	177,228	5,494	8,395	174,327

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

EVOLUCIÓN DE LA SUBRAMA DE FARMOQUÍMICOS

AÑO	PRODUCCIÓN (TONELADAS)	IMPORTACIONES (TONELADAS)	EXPORTACIONES (TONELADAS)	CONSUMO APARENTE (TONELADAS)
1989	1,669	847	527	1,989
1990	1,955	1,109	122	2,942
1991	3,532	1,852	861	4,523
1992	2,953	2,286	1,033	4,206
1993	2,904	3,161	1,739	4,326
1994	2,308	3,688	1,729	4,267
1995	3,297	3,585	1,850	5,032
1996	3,082	4,836	1,743	6,175
1997	3,548	5,409	1,851	7,106
1998	2,817	5,159	1,285	6,691
1999	3,349	5,172	1,222	7,299
2000	3,030	5,285	1,477	6,838
2001	2,912	5,506	1,596	6,822

EVOLUCIÓN DE LA SUBRAMA DE HULEQUÍMICOS

AÑO	PRODUCCIÓN (TONELADAS)	IMPORTACIONES (TONELADAS)	EXPORTACIONES (TONELADAS)	CONSUMO APARENTE (TONELADAS)
1989	9,952	2,456	708	11,700
1990	11,344	3,855	2,253	12,946
1991	7,663	3,982	1,927	9,718
1992	9,085	7,049	3,924	12,210
1993	8,772	7,447	2,745	13,474
1994	6,033	8,804	3,391	11,446
1995	8,521	7,673	3,866	12,328
1996	10,719	11,007	4,500	17,226
1997	10,940	13,121	4,555	19,506
1998	11,340	15,958	5,643	21,655
1999	6,316	19,358	5,405	20,269
2000	6,592	18,587	4,213	20,966
2001	4,512	16,473	4,138	16,847

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

EVOLUCIÓN DE LA SUBRAMA DE INICIADORES Y CATALIZADORES

AÑO	PRODUCCIÓN (TONELADAS)	IMPORTACIONES (TONELADAS)	EXPORTACIONES (TONELADAS)	CONSUMO APARENTE (TONELADAS)
1989	3,242	13,641	0	16,883
1990	3,442	3,525	23	6,944
1991	3,904	3,660	48	7,516
1992	4,540	4,378	95	8,823
1993	4,007	7,787	94	11,700
1994	4,639	7,763	115	12,287
1995	4,137	5,858	25	9,970
1996	4,943	6,966	2,798	9,111
1997	5,409	11,291	2,184	14,516
1998	6,872	8,547	2,771	12,648
1999	7,361	6,355	2,972	10,744
2000	7,063	9,906	2,467	14,502
2001	5,954	7,419	1,637	11,736

EVOLUCIÓN DE LA SUBRAMA DE MATERIAS PRIMAS DE ADITIVOS PARA LUBRICANTES Y ADITIVOS PARA COMBUSTIBLES

AÑO	PRODUCCIÓN (TONELADAS)	IMPORTACIONES (TONELADAS)	EXPORTACIONES (TONELADAS)	CONSUMO APARENTE (TONELADAS)
1989	53,650	40,811	18,246	76,215
1990	72,397	237,653	16,367	293,683
1991	57,464	256,267	11,689	302,042
1992	78,445	282,372	11,021	349,796
1993	74,436	276,064	8,547	341,953
1994	81,139	339,671	6,145	414,665
1995	133,087	221,582	5,296	349,373
1996	328,977	145,970	13,948	460,999
1997	333,439	171,851	14,002	491,288
1998	346,508	553,185	14,211	885,482
1999	311,366	506,715	14,646	803,435
2000	348,296	355,757	16,028	688,025
2001	393,841	296,579	13,818	676,602

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

EVOLUCIÓN DE LA SUBRAMA DE PLAGUICIDAS

AÑO	PRODUCCIÓN (TONELADAS)	IMPORTACIONES (TONELADAS)	EXPORTACIONES (TONELADAS)	CONSUMO APARENTE (TONELADAS)
1989	16,404	16,140	8,777	23,767
1990	15,063	16,467	4,199	27,331
1991	10,986	2,363	5,138	8,211
1992	9,078	24,380	5,343	28,115
1993	7,751	23,091	5,111	25,731
1994	9,809	32,696	4,793	37,712
1995	12,129	28,388	8,610	31,907
1996	14,187	39,766	9,897	44,056
1997	17,132	45,016	11,789	50,359
1998	17,271	47,700	12,701	52,270
1999	22,948	48,892	13,024	58,816
2000	20,374	45,505	13,847	52,032
2001	23,836	69,598	14,519	78,915

EVOLUCIÓN DE LA SUBRAMA DE PLÁSTIFICANTES

AÑO	PRODUCCIÓN (TONELADAS)	IMPORTACIONES (TONELADAS)	EXPORTACIONES (TONELADAS)	CONSUMO APARENTE (TONELADAS)
1989	55,332	1,342	2,148	54,526
1990	60,614	3,076	3,286	60,404
1991	61,305	5,028	2,710	63,623
1992	35,917	5,892	5,343	36,466
1993	32,368	10,424	3,288	39,504
1994	45,112	9,090	1,755	52,447
1995	70,380	7,843	7,481	70,742
1996	63,937	10,747	7,374	67,310
1997	68,716	13,286	7,374	74,628
1998	81,001	10,768	8,673	83,096
1999	82,837	9,046	6,861	85,022
2000	79,548	11,248	7,607	83,189
2001	71,797	11,866	3,841	79,822

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

EVOLUCIÓN DE LA SUBRAMA DE PROPELENTES Y REFRIGERANTES

AÑO	PRODUCCIÓN (TONELADAS)	IMPORTACIONES (TONELADAS)	EXPORTACIONES (TONELADAS)	CONSUMO APARENTE (TONELADAS)
1989	14,850	1,978	4,246	12,582
1990	14,850	1,984	3,510	13,324
1991	19,558	3,091	4,366	18,283
1992	20,198	4,015	5,482	18,731
1993	22,486	2,707	6,610	18,583
1994	25,257	3,474	9,606	19,125
1995	21,212	3,460	13,619	11,053
1996	24,435	3,697	6,482	21,650
1997	24,503	2,483	7,780	19,206
1998	22,515	3,306	5,985	19,836
1999	25,289	1,754	7,127	19,916
2000	26,887	952	6,237	21,602
2001	24,503	542	6,655	18,390

EVOLUCIÓN DE LA SUBRAMA DE ESPECIALIDADES QUÍMICAS

AÑO	PRODUCCIÓN (TONELADAS)	IMPORTACIONES (TONELADAS)	EXPORTACIONES (TONELADAS)	CONSUMO APARENTE (TONELADAS)
1989	8,314	5,452	3,213	10,553
1990	9,098	6,592	4,178	11,512
1991	8,870	5,114	2,874	11,110
1992	8,189	5,021	3,949	9,261
1993	3,168	7,790	2,788	8,170
1994	232	8,990	3,089	6,133
1995	399	9,607	5,464	4,542
1996	742	9,833	3,732	6,843
1997	490	10,983	3,725	7,748
1998	583	12,194	2,138	10,639
1999	2,230	10,364	1,244	11,350
2000	2,799	10,970	959	12,810
2001	2,233	11,009	2,680	10,562

Fuentes: Anuarios Petroquímicos 1989-2001. SENER

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN