



Universidad Autónoma del Estado de México

Facultad de Química

“Aplicación de los Productos Petroquímicos en la
Industria Automotriz”

TESINA

Que para obtener el Título de
Ingeniero Químico

Presenta:

Emmanuel Maximino Esparza

Director:

Dr. Julián Cruz Olivares



Toluca, Edo. de México.

Octubre 05, 2017.

Índice

Capítulo 1. Introducción.....	2
1.1 ¿Qué es un producto petroquímico?	2
1.2 Clasificación de los productos petroquímicos	3
1.3 Productos petroquímicos más usados a nivel internacional.	5
Capítulo 2. Productos petroquímicos en México	8
2.1 Producción Nacional	8
2.2 Destino de los productos Petroquímicos en México.....	10
2.3 Productos petroquímicos destinados a la industria automotriz.....	12
Capítulo 3. Productos petroquímicos aplicados en la industria automotriz.....	16
3.1 Tipos de productos petroquímicos utilizados en la fabricación de componentes automotrices.	16
3.2 Porcentaje de componentes automotrices hechos productos petroquímicos en autos terminados.....	18
3.3 Principales productos petroquímicos usados para la fabricación de componentes automotrices.	21
3.3.1 Proceso de fabricación	21
3.3.2 Características de los principales productos petroquímicos usados para la fabricación de componentes automotrices.	79
3.3.3 Principales componentes automotrices elaborados de productos petroquímicos.....	85

3.4 Ventajas de los productos petroquímicos respecto a otros materiales comúnmente usados en la industria automotriz.	86
Capítulo 4. Posicionamiento de los productos petroquímicos.	89
4.1 Mercado de los productos petroquímicos aplicados en componentes automotrices.	89
4.2 Fabricantes mundiales de los principales productos petroquímicos usados para elaborar componentes automotrices.	91
4.3 Patentes relacionadas con los productos petroquímicos aplicados a la industria automotriz.	94
Capítulo 5. Impacto en la seguridad y el medio ambiente de los productos petroquímicos aplicados en la industria automotriz.	100
.....	
5.1 Mejora en la seguridad de un auto con la implementación de componentes automotrices hechos de productos petroquímicos.	101
5.2 ¿Cómo afecta en el impacto al medio ambiente la implementación de productos petroquímicos en la fabricación de componentes automotrices?	101
Capítulo 6. Conclusiones	105
Bibliografía.....	107

Índice de Tablas

Tabla 1. Principales puntos de aplicación y productos petroquímicos usados en la fabricación de componentes automotrices	16
Tabla 2. Principales puntos de aplicación y productos petroquímicos usados en la fabricación de componentes automotrices del auto BMW i3	16
Tabla 3. Principales características del Poliuretano y el Nylon.....	79
Tabla 4. Principales características del Polibutadieno y el Polioximetileno ...	80
Tabla 5. Principales características del Polietileno y el Polipropileno	80
Tabla 6. Principales características del PVC y el Policarbonato	81
Tabla 7. Principales características del ABS y el SBR.....	82
Tabla 8. Principales características del Poliepóxido y el PVDF.....	83
Tabla 9. Principales características de la mezcla PBT/PET	84
Tabla 10. Principales componentes automotrices elaborados de productos petroquímicos	85
Tabla 11. Patentes relacionadas con el Poliuretano y el Nylon	93
Tabla 12. Patentes relacionadas con el Polibutadieno y el Polioximetileno....	94
Tabla 13. Patentes relacionadas con el Polietileno y el Polipropileno	94
Tabla 14. Patentes relacionadas con el PVC y el Policarbonato.....	95
Tabla 15. Patentes relacionadas con el ABS y el SBR	96
Tabla 16. Patentes relacionadas con el Poliépoxido y el PVDF	96
Tabla 17. Patentes relacionadas con la mezcla PBT/PET.....	97

Índice de figuras

Figura 1. Productos petroquímicos primarios, intermedios y derivados	3
Figura 2. Productos petroquímicos primarios más usados a nivel internacional	6
Figura 3. Porcentaje de los principales productos petroquímicos primarios más usados internacionalmente	8
Figura 4. Producción total mensual de productos petroquímicos hasta junio de 2016.....	4
Figura 5. Multilatinas en los mercados	9
Figura 6. Producción de petroquímicos por entidad federativa	10
Figura 7. Mapa complejos PEMEX	11
Figura 8. Principales puntos de aplicación de los productos petroquímicos en los componentes automotrices de un automóvil	15
Figura 9. Principales puntos de aplicación de los productos petroquímicos en los componentes automotrices del auto BMW i3	16
Figura 10. Porcentaje de productos petroquímicos en un automóvil.....	19
Figura 11. Porcentaje de peso que ahorra el uso de productos petroquímicos en un automóvil hasta el año 2030.....	19
Figura 12. Impacto de los productos en la fabricación de componentes automotrices hasta el año 2030	19
Figura 13. Uniones uretano en un polímero.....	21
Figura 14. Reacción de dialcohol con diisocianato.....	22
Figura 15. Proceso de fabricación utilizado para crear el aislante de espuma rígida de poliuretano.....	23

Figura 16. Nylon 6 y nylon 6,6, mostrando la dirección de los enlaces peptídicos, única diferencia estructural entre ellos	25
Figura 17. Reacción del ácido adípico y hexametileno diamina para formar Nylon 6,6	26
Figura 18. Formación de Nylon 6 a partir del monómero caprolactama.....	26
Figura 19. Fabricación de Nylon 6,6.....	27
Figura 20. Obtención de Caprolactam para la producción de Nylon 6	27
Figura 21. Polimerización Ziegler-Natta para la obtención de polibutadieno.	28
Figura 22 Polimerización POM.....	32
Figura 23. Molécula Polietileno.....	35
Figura 24. Molécula Polietileno escritura abreviada	35
Figura 25. Polietileno a partir del monómero etileno	36
Figura 26. Diagrama producción de Polietileno	37
Figura 27. Estructura química polipropileno	39
Figura 28. Formas isómeras del polipropileno.....	39
Figura 29. Síntesis del polipropileno	40
Figura 30. Destilación de polipropileno a partir de G.L.P.....	41
Figura 31. Proceso Novolen.....	42
Figura 32. Proceso LIPP.....	42
Figura 33. Proceso Spheripol	43
Figura 34. Diagrama obtención de PVC	45
Figura 35. Sección de cloración, oxiclорación, craqueo y reacción global en la producción de PVC	46

Figura 36. PVC Reactor System	47
Figura 37. Formula condensada del policarbonato	49
Figura 38. Producción de cloruro de carbonilo.....	49
Figura 39. Producción de carbonato de dimetilo	49
Figura 40. Vía de reacción para el policarbonato con y sin fosgeno	50
Figura 41. Proceso de producción del policarbonato usando fosgeno.....	51
Figura 42. Producción del policarbonato sin usar fosgeno	52
Figura 43. Estructura del ABS	53
Figura 44. Estructura del poliacrilonitrilo.....	54
Figura 45. Estructura del polibutadieno	54
Figura 46. Estructura del poliestireno	54
Figura 47. Proceso de obtención de policarbonato (emulsión).....	55
Figura 48. Proceso de obtención del policarbonato (masa)	57
Figura 49. Estructura del SBR	58
Figura 50. Butadieno a partir de alcohol etílico.....	59
Figura 51. Obtención de estireno a partir de benceno y acetileno mediante la reacción Friedel-Crafts.....	60
Figura 52. Proceso de emulsión en frio para la obtención de SBR	64
Figura 53. Fórmula química del PVDF.....	69
Figura 54. Polimerización por radicales libres del monómero fluoruro de vinilideno para la obtención de PVDF	70
Figura 55. Estructura de las fases cristalinas α y β del PVDF	72
Figura 56. Estructura química del PBT.....	74

Figura 57. Síntesis del PBT.....	74
Figura 58. Tipos de Xileno.....	75

Pregunta de investigación

¿Cuánto porcentaje de plásticos usan los fabricantes de automóviles en la elaboración de los componentes automotrices y cuáles son los productos petroquímicos más usados para este propósito?

Objetivo (General y específicos)

Elaborar un listado de los productos petroquímicos más usados en la elaboración de componentes automotrices.

Conocer el porcentaje que tendrán los productos petroquímicos en la composición total del automóvil.

Resumen

El presente trabajo es una investigación documental sobre la aplicación de los productos petroquímicos en la fabricación de componentes automotrices y su impacto a largo plazo.

Es impresionante el campo de aplicación de los productos petroquímicos en una cantidad muy diversificada de industrias, sobre todo en la industria automotriz donde los plásticos tienen gran importancia al fabricar con ellos gran cantidad de componentes, demostrando no solo propiedades superiores a las de otros materiales como el acero, sino que cumplen incluso con las condiciones estéticas más exigentes del mercado actual.

El porcentaje de plásticos en los vehículos actualmente es ya considerable y tendrá un aumento muy importante en los nuevos vehículos eléctricos a los cuales han apostado algunas compañías. Este porcentaje en autos comunes también tendrá un considerable incremento debido a las estrictas normas en materia de medio ambiente ya que los materiales plásticos pueden reducir el peso final de automóvil que se ve reflejado en un ahorro de combustible y lo hace más amigable con el medio ambiente al tener menos emisiones.

Los fabricantes de productos petroquímicos están más ligados a los fabricantes de automóviles a nivel nacional e internacional, se da un vistazo de cómo está el mercado global en cuanto al posicionamiento de estos materiales, al igual que patentes relacionadas con ellos, en un esfuerzo por innovar en la aplicación de plásticos en la fabricación de vehículos a nivel mundial, es este aspecto resaltan sobre todo las patentes provenientes de países asiáticos.

Se da una breve descripción de los procesos de fabricación más usados mundialmente para la elaboración de componentes automotrices, así como sus características y las principales ventajas que presentan frente a los antiguos materiales usados comúnmente, para concluir con un apartado sobre cómo afectan en la seguridad del pasajero y la del peatón que es de vital importancia.

En este trabajo se determinó la importancia que tienen los productos petroquímicos, en este caso los plásticos, en la fabricación de automóviles y sus componentes y cómo influye dicha aplicación en cuestiones económicas, sociales, ambientales y de seguridad, demostrando porque cada vez crece más la demanda de estos materiales a nivel mundial y porque están en constante evolución y desarrollo para nuevas aplicaciones.

Capítulo 1. Introducción

1.1 ¿Qué es un producto petroquímico?

La petroquímica es la rama de la química que como industria explota, refina y produce los derivados del petróleo y el gas natural.

Los procedimientos utilizados en el campo de la petroquímica son muy complejos y las materias primas derivadas de esta industria son fundamentales para el desarrollo de la vida en sociedad. Los productos petroquímicos se producen usualmente a través de la conversión química de productos petroquímicos primarios en productos derivados más complejos.

Los productos petroquímicos derivados se pueden elaborar en una gran variedad de formas, por ejemplo, directamente de los productos petroquímicos primarios; a través de productos intermedios que aún contienen sólo carbono e hidrógeno; y, a través de productos intermedios que incorporan cloro, nitrógeno u oxígeno en el derivado acabado. En algunos casos, estos derivados son productos acabados y en otros, son necesarios más pasos para llegar a la composición deseada.

De todos los procesos utilizados, uno de los más importantes y fundamental para la industria automotriz es la polimerización. Se utiliza en la producción de plásticos, fibras y caucho sintético por mencionar algunos de los principales derivados petroquímicos terminados usados en la fabricación de automóviles.

Entonces se puede entender como producto petroquímico a aquel producto derivado del petróleo y el gas natural que una vez procesado y terminado es utilizado para brindar un servicio esencial en la industria y la vida cotidiana. Es de suma importancia también conocer los gases naturales que se extraen en los procesos petroquímicos como el metano, propano, butano, etc., ya que la combinación de los productos que derivan de la extracción de petróleo y otras industrias dan como resultado la creación de los plásticos, gomas y resinas, que tienen un impacto significativo en la creación de componentes automotrices.

A continuación, se puede observar un esquema que ejemplifica la forma en que se llega a un producto terminado.

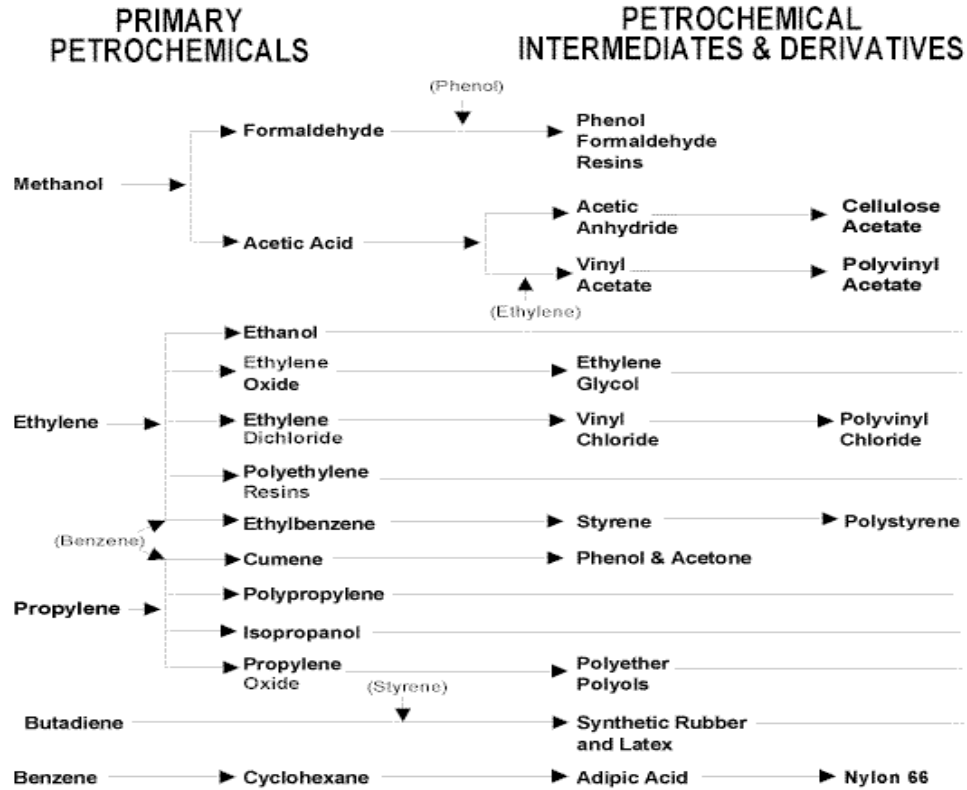


Figura 1. Productos petroquímicos primarios, intermedios y derivados.
 Fuente: <http://chemistry.elmhurst.edu/vchembook/images2/325petrochempri.gif>

1.2 Clasificación de los productos petroquímicos

Para la clasificación química del petróleo se debe haber establecido de antemano el tipo de compuestos que lo forman. En base a esto se clasifican los hidrocarburos del petróleo en tres grandes series.

La primera comprende a los hidrocarburos acíclicos saturados, llamados también parafínicos. Los ejemplos más claros de esta serie son el metano, etano, propano y butano.

La segunda sería son los hidrocarburos cíclicos saturados o nafténicos como son el ciclopentano y el ciclohexano.

Y la tercera serie la conforman los hidrocarburos cíclicos no saturados, mejor conocidos como hidrocarburos aromáticos, como el benceno que forma un anillo al tener seis átomos de carbono únicos por dobles ligaduras alternadas.

Cabe mencionar que aparte de las tres series, existen también otros hidrocarburos en pequeñas cantidades como los acíclicos no saturados u olefinas y algunos hidrocarburos formados por la combinación de anillos y cadenas que pueden tener semejanza con las series precedentes.

Al mismo tiempo los productos terminados se pueden clasificar en cinco grupos:

1. Plásticos
2. Fibras sintéticas
3. Cauchos sintéticos o elastómeros
4. Detergentes
5. Abonos nitrogenados

Los tres primeros grupos son de vital importancia para la industria automotriz y a continuación se da una pequeña descripción de cada uno.

Plásticos

El nombre “plástico” se debe a la propiedad de deformación por plasticidad bajo la influencia de calor y/o presión.

El término es muy amplio al incluir productos con diferentes estructuras químicas, propiedades físicas y aplicaciones o proceso de fabricación.

Los plásticos pueden dividirse en tres familias:

1. Termoplásticos
2. Termoendurecibles (Termofijos)
3. Poliuretanos

Aquí de igual forma es importante mencionar una pequeña definición de cada uno:

1.- Termoplásticos

Los termoplásticos son polímeros de cadenas largas que cuando se calientan se reblandecen y pueden moldearse a presión. Representan el 78-80% de consumo total de los plásticos.

2.- Termoedurecibles (Termofijos)

Estos materiales se caracterizan por tener cadenas poliméricas entrecruzadas, formando una resina con una estructura tridimensional que no se funde. Polimerizan irreversiblemente bajo calor o presión formando una masa rígida y dura.

3.- Poliuretanos

Los poliuretanos son los termofijos más prometedores en la fabricación de componentes automotrices como se puede observar en autos como el BMW i3 que es desarrollado por BMW en conjunto con BASF.

Los poliuretanos pueden ser de dos tipos, flexibles o rígidos, dependiendo del polirol usado.

Fibras sintéticas

Las fibras sintéticas se obtienen por hilado de sustancias fundidas.

Por el volumen de su producción, representan la segunda materia en importancia de la Petroquímica, tras los plásticos.

Hay tres grandes familias de fibras:

1. Poliamidas
2. Poliésteres
3. Acrílicas.

Cauchos sintéticos o elastómeros

De igual forma es de vital importancia la aplicación de caucho sintético en la fabricación de llantas para automóviles.

El caucho sintético o elastómero se produce comercialmente polimerizando mono-olefinas como el isobutileno y diolefinas con butadieno y el isopreno. También se pueden obtener elastómeros por la copolimerización de olefinas con diolefinas como en el caso del estireno-butadieno (SBR).

1.3 Productos petroquímicos más usados a nivel internacional.

De acuerdo al sitio web c&en (chemical & engineering news) el más importante proveedor del sector petroquímico es BASF seguido por DOW Chemical.

Los principales productos petroquímicos primarios más usados internacionalmente son:

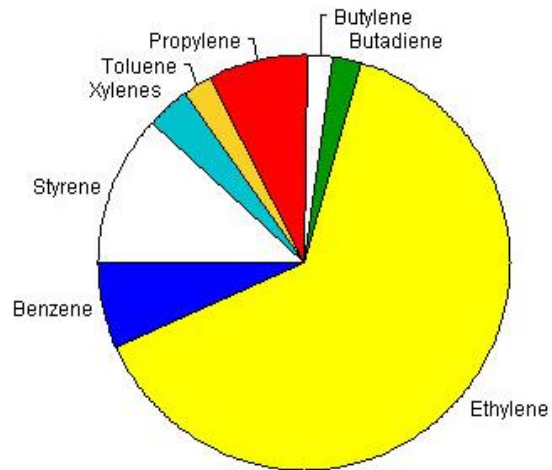


Figura 2. Productos petroquímicos primarios más usados a nivel internacional
Fuente: Global automotive report – ICIS 2016

Petrochemicals	Share of Total, %
Benzene	5.5
Ethylene	51.6
Butadiene	1.8
Butylene	1.6
Propylene	6.4
Toluene	1.8
Xylenes	2.8
Styrene	9.5

Figura 3. Porcentaje de los principales productos petroquímicos primarios más usados internacionalmente.
Fuente: Global Automotive Report – ICIS 2016

De igual forma, de acuerdo al Global Automotive Report – ICIS 2016, se presentan los principales productos petroquímicos terminados que más uso tienen a nivel internacional:

- Polypropylene
- Polyols (polyether polyols, polyester polyols)
- Polyurethane
- Nylon
- Polyvinyl chloride (PVC)
- Acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS)
- Polyolefins

- Polyethylene
- Styrene-butadiene-rubber (SBR)
- Polyethylene terephthalate (PET)

Muchos de estos productos se emplean en la industria automotriz y tienen cada vez más relevancia e impacto en esta industria al ganar terreno frente a los materiales comúnmente usados como el acero.

Capítulo 2. Productos petroquímicos en México

2.1 Producción Nacional

El sector petroquímico mexicano tiene suficiente amplitud y capacidad que en teoría lo coloca como potencia petrolera de primera línea, tanto en petroquímica básica como en los derivados. México exporta aproximadamente entre el 50% y 65% de productos petroquímicos a Estados Unidos y viceversa.

Algunas de las grandes empresas petroquímicas que tienen presencia en México son:

- Chevron Texaco México S.A de C.V.
- Du Pont S.A. de C.V.
- Eastman Chemical Mexicana SA de CV
- Exxon Mobil México SA de CV
- Henkel Mexicana SA de CV
- SHELL México SA de CV
- DOW Chemical
- BASF

Mientras que en el sector local Mexichem, Alfa y Alpek son los principales protagonistas y esperan beneficiarse de varias formas con la reforma energética.

Es importante mencionar que, si las grandes petroleras como BP y Exxon Mobil son atraídas para ayudar a incrementar la debilitada producción de crudo en México, habría un gran impulso en la producción de gas y al mismo tiempo electricidad a menos costo lo que a largo sería atractivo para las inversiones privadas.

Se espera que grandes empresas del sector como BASF, DuPont y Dow Chemical consoliden sus posiciones en el mercado local como resultado de la reforma energética mientras que otras empresas como Formosa Plastics y Solvay también han presentado interés.

A partir de que se dieron a conocer los detalles de la reforma acciones como las de Alpek se dispararon aproximadamente 11% mientras que las de Mexichem llegaron hasta un 14% en la bolsa mexicana.

La industria solo florecerá una vez que empresas privadas lleguen a explotar las abundantes reservas mexicanas en aguas profundas, aunque esto depende totalmente de la aprobación de

contratos de utilidades compartidas que sean lo suficientemente atractivos por parte de Pemex que se encuentra estancada con una producción de unas 700, 000 toneladas al año.

De datos tomados de la base de datos del INEGI podemos observar que la producción total de productos petroquímicos hasta junio de 2016 es de 693,246 toneladas mensuales.

Periodicidad: Mensual
 Unidad de medida: Toneladas
 Fuente: PEMEX. Dirección Corporativa de Planeación Estratégica.
 Fecha inicial: 2009/01
 Fecha final: 2016/06
 Última actualización: 2016/07/27

Periodo	Dato
2016/06	693,246
2016/05	694,846
2016/04	674,505
2016/03	842,800
2016/02	799,069
2016/01	842,859
2015/12	784,374
2015/11	497,400
2015/10	677,443
2015/09	792,460
2015/08	840,994

Figura 4. Producción total mensual de productos petroquímicos hasta junio de 2016
 Fuente: INEGI- Energía > Producción de productos petroquímicos por entidad federativa y principales productos > Total

Las empresas petroquímicas mexicanas de igual forma compiten fuertemente a nivel internacional, por ejemplo, Mexichem (líder mundial en producción de PVC) que se ha convertido en la empresa más global y ha desplazado a Cemex, Latam y JBS en América latina.

RK 15	RK 14	EMPRESA	PAÍS	SECTOR
1	9	MEXICHEM (2)	MEX	PETROQUÍMICA
2	1	CEMEX	MEX	CEMENTO
3	2	LATAM (LAN TAM)	CHI/BRA	AEROLÍNEAS
4	4	GRUPO JBS	BRA	ALIMENTOS
5	10	AJE GROUP (1)	PER	BEBIDAS/LICORES

Figura 5. Multilatinas en los mercados
 Fuente : <http://rankings.americaeconomia.com/multilatinas-2016/>

2.2 Destino de los productos Petroquímicos en México.

La industria petroquímica es la principal plataforma de apoyo al desarrollo y el crecimiento de México, además sirve para la conformación de cadenas productivas, abasteciendo a más de 40 ramas de la actividad industrial y 30 industrias de demanda de bienes y servicios.

Los principales sectores apoyados por la industria petroquímica son:

- Textil
- Automotriz/ transporte
- Detergentes y cosméticos
- Calzado
- Agricultura
- Construcción

De acuerdo a datos del INEGI las principales entidades productoras de petroquímicos son:

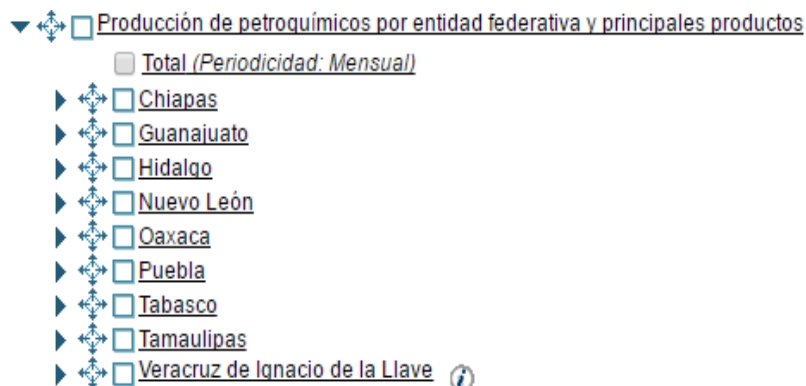


Figura 6. Producción de petroquímicos por entidad federativa

Fuente: INEGI – Producción de petroquímicos por entidad federativa y principales productos – Total

Tomando como referencia a BASF y Mexichem, que son las principales empresas del sector tanto a nivel internacional como nacional respectivamente, podemos observar los siguientes datos de como contribuyen al desarrollo del sector petroquímico en México:

BASF cuenta en México con seis sitios de producción ubicados en:

- Altamira, Tamaulipas
- Barrientos, Estado de México
- Ecatepec, Estado de México

- Lerma, Estado de México
- Tultitlán, Estado de México
- Puebla, Puebla

Mientras que Mexichem cuenta con plantas en:

- Tlaxcala
- Altamira
- Estado de México
- Jalisco
- San Luis Potosí
- León
- Tamaulipas

Mexichem cuenta en total con 29 sitios de producción y 5 centros de investigación y desarrollo.

Es importante mencionar también que para la producción de petroquímicos primarios PEMEX actualmente cuenta con seis refinерías, 23,762 km de oleoductos y poliductos, 1,071 km de ductos, así como con 5 complejos petroquímicos y 38 plantas.



Figura 7. Mapa complejos PEMEX

Fuente: <http://www.industriapetroleramexicana.com/2013/04/mapa-pemex/>

2.3 Productos petroquímicos destinados a la industria automotriz.

Las aplicaciones petroquímicas en la industria del automóvil son muy variadas y esta industria actualmente es dependiente en gran medida de los productos petroquímicos para la fabricación de componentes automotrices.

Los automóviles, ya sean coches, autobuses o camiones, actualmente todos contienen una gran cantidad de piezas fabricadas a partir de productos petroquímicos terminados.

Las propiedades como la flexibilidad en el diseño, peso ligero o la durabilidad ha popularizado el uso de estos compuestos petroquímicos en los automóviles. Partes de la carrocería, neumáticos, interiores, tableros de instrumentos se hacen con productos intermedios y terminados petroquímicos y esto ha ocasionado un incremento en la demanda de lo mismo, sobre todo, en lo referente a polímeros.

Algunos ejemplos más concretos son los siguientes:

- Espuma de poliuretano (PUF) se usa como un aislamiento
- Polietileno de alta densidad (HDP) se utiliza para la fabricación de los tanques de combustible inexpugnables para prevenir los incendios
- Caucho sintético se utiliza para los neumáticos para un mejor agarre en las carreteras. También se utiliza como revestimiento.
- Las resinas fenólicas se usan como un material de fricción en los frenos y embragues
- Plásticos estirénicos se usan para asientos para soportar accidentes
- El etilenglicol se utiliza como anticongelante para automóviles
- Aceite lubricante hecho a partir de hidrocarburos pesados para varias partes móviles del automóvil
- Pinturas para la carrocería.
- Varias pequeñas pero importantes piezas hechas de polímeros, caucho sintético, etc.
- Ventanas transparentes de fibra de vidrio que no se romperán en el caso de un impacto a diferencia de las fabricadas de vidrio.

Algunas ventajas de utilizar productos petroquímicos en la industria del automóvil son:

- Reducción en el peso, por lo que hay menos consumo de combustible.
- Reducción de tiempo de montaje y costos.
- La seguridad del automóvil se ha mejorado con el uso de esta clase especial de materiales.

- El diseño de la viabilidad y la experimentación con diferentes diseños. Se pueden moldear en cualquier tipo de forma.
- Mejora en la parte estética ya que presentan colores más atractivos, diseño aerodinámico y más durabilidad.

Los productos petroquímicos en los automóviles se están convirtiendo en factor clave para el crecimiento en la industria del automóvil que a su vez tiene efectos positivos en el mercado petroquímico también.

Sin embargo, también se enfrentan nuevos retos ya que la industria automotriz ha estado recientemente bajo presión de los más nuevos y exigentes estándares de seguridad y eficiencia, a la evolución de las expectativas de los consumidores y el cambio de hábitos de consumo de acuerdo a la geografía. Esto significa que habrá muchas oportunidades para las empresas, especialmente aquellas que puedan desarrollar soluciones innovadoras.

Con un alto porcentaje de la población que vive en zonas urbanas y que continua en constante aumento, los automóviles tendrán que estar mejor adaptados y de mejor tamaño para la vida de la ciudad. La necesidad de transporte se mantendrá, pero el valor será el cambio y la innovación.

La investigación y el desarrollo no pueden ser ignorados. Los fabricantes de automóviles están confiando cada vez más en las empresas petroquímicas para ofrecer soluciones, y la línea de cooperación y conjunto entre las industrias automotriz y petroquímica se ha vuelto más borrosa que nunca.

Empresas como Polioles, BASF y DOW Chemical están cada vez más enfocadas en la industria automotriz y en la creación, en conjunto con empresas de este ramo, de autos como el innovador BMW i3 y el Smart Fortwo.

BMW i3

La empresa BASF suministra los materiales más innovadores para la fabricación de muchos de los componentes del nuevo vehículo eléctrico BMW i3 de BMW. Los componentes son tan variados que pueden incluir desde el respaldo de un asiento delantero, piezas de la carrocería, refuerzos de los asientos traseros hasta el panel de instrumentos.

Con este auto tanto BASF como BMW han dado un gran paso hacia el futuro de la industria automovilística con una colaboración conjunta basada en soluciones inteligentes e innovación.

Dentro de los puntos más importantes de las implicaciones de los productos petroquímicos dentro del i3 están:

- Respaldo del asiento fabricado de poliamida.
- Piezas estructurales y multifuncionales de la carrocería fabricadas de una mezcla PBT/PET.
- Carcasa del asiento trasero fabricada con fibras de carbono y matriz de PU.
- Espuma estructural para reforzar el bastidor del techo.

Otros componentes fabricados con plásticos de BASF en el interior y en el exterior del i3 son:

- Diversas aplicaciones eléctricas y electrónicas fabricadas con poliamidas.
- En el interior del vehículo se usa PU semi-rígido en la parte posterior del panel de instrumentos mientras que la columna C está fabricada con poliamidas.
- Espuma de PU se utiliza en la construcción del techo para mejorar las condiciones acústicas del interior.
- En la producción del techo descapotable se utiliza PU y el bastidor del mismo se fabrica con una mezcla de PBT/PET.
- En la suspensión del eje posterior y frontal se usa PU.
- En el diseño estético también hay aplicación ya que se suministra una nueva línea de pinturas en cuatro colores que cumplen los requisitos del recubrimiento de componentes adicionales y de los procesos más exigentes implicados.

Como se puede observar, el BMW i3 es un proyecto ambicioso en el que se estará empleando gran cantidad de productos petroquímicos y se enfrentan nuevos retos de colaboración entre empresas del sector automotriz y petroquímico.

Smart Fortwo

Por primera vez y gracias a la aplicación e innovación de materiales de BASF se ha logrado producir en masa un techo para vehículos con estructura de panel tipo sándwich con film de clase A. En este caso empleado en el auto Smart Fortwo con dos áreas circundantes de fibra de vidrio.

La forma en que se fabrica es pulverizando e impregnando el conjunto para después ser presionado con un film sólido coloreado de clase A. Esto es un gran avance ya que en una

sola operación se produce el módulo completo del techo del vehículo conservando la fuerza y rigidez a la flexión, pero con un ahorro del peso total del 30%.

El poliuretano, una vez el producto semi acabado, espuma ligeramente hacia arriba y crea un sólido compuesto de material entre el film, reforzando las áreas de fibra y el núcleo del panel.

Esta tecnología conocida como nido de abeja ya había sido empleada en la fabricación del revestimiento del techo y el suelo, pero presentaba problemas en aplicaciones en el exterior, por lo cual BASF ajusto la viscosidad y la reactividad del poliuretano ofrecido adaptándolo especialmente a este propósito para ser procesado de forma óptima en cada etapa de la fabricación y mostrando excelentes propiedades de adhesión y humectación.

Esta mejora en el poliuretano también ha repercutido en los tiempos cortos de pulverización y desmoldeo pudiendo generar gran cantidad de piezas en tiempos más cortos.

Del mismo modo los materiales decorativos se pueden unir directamente al PU dado que muestra una buena adherencia a los films.

Como estos ejemplos existen muchos más, pero se puede observar que generalmente el uso de poliuretanos y poliamidas para los diferentes componentes automotrices es lo más común. Esta tendencia a reemplazar anteriores materiales como el acero continuara mientras las empresas químicas continúen ofreciendo innovación y en la medida que los estándares y requerimientos de los autos sigan evolucionando.

Capítulo 3. Productos petroquímicos aplicados en la industria automotriz

3.1 Tipos de productos petroquímicos utilizados en la fabricación de componentes automotrices.

Como se mencionó en el anterior capítulo, es muy común el uso de poliuretanos y poliamidas en la fabricación de componentes automotrices, sin embargo, en este capítulo se mencionará una lista más amplia de los principales productos petroquímicos más usados actualmente en la fabricación de estos componentes y se retomará el caso del BMW i3 como un ejemplo de lo que será la industria automotriz en el futuro.

En la siguiente imagen se pueden observar los principales puntos de aplicación de los productos petroquímicos en un automóvil y en el cuadro anexo se detallan los materiales más usados comúnmente en cada uno de estos puntos. Para este ejemplo podemos observar nueve y van desde las llantas hasta los interiores y carrocería, reemplazando componentes que anteriormente eran fabricados de otros materiales como el acero.

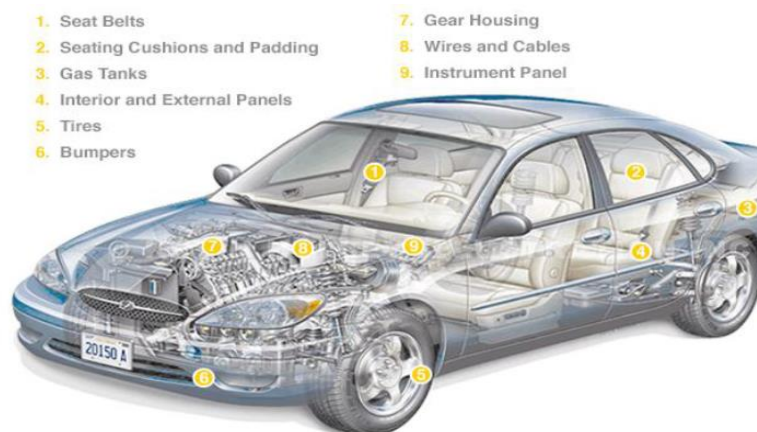


Figura 8. Principales puntos de aplicación de los productos petroquímicos en los componentes automotrices de un automóvil.

Fuente: Petrochemical Use in Transportation: The Automobile – AFPM

Aplicación	Producto petroquímico
1.Cinturón de seguridad	Nylon
2.Almohadillas de los asiento y relleno	Poliuretano
3.Tanque de gasolina	Polietileno
4.Paneles interiores y exteriores	ABS

5.Llantas	SBR/Polibutadieno
6.Parachoques	Polipropileno
7.Caja de cambios	Poliepóxido
8.Alambrado y cableado	PVC/PVDF
9.Panel de instrumentos	Policarbonato

Tabla 1. Principales puntos de aplicación y productos petroquímicos usados en la fabricación de componentes automotrices.

Fuente: Elaboración propia

Retomando el caso del BMW i3 se muestran los principales puntos de aplicación a continuación:

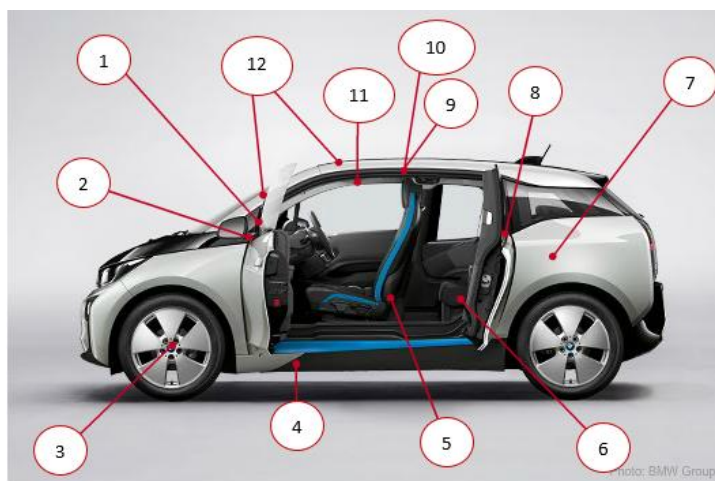


Figura 9. Principales puntos de aplicación de los productos petroquímicos en los componentes automotrices del auto BMW i3.

Fuente: http://www.plasticsportal.net/wa/plasticsEU~es_ES/portal/show/content/campaigns/bmw_i3/bmw_i3

Aplicación	Producto petroquímico
1.Panel de instrumentos	Poliuretano
2.Caja de fusibles	Poliamida (Nylon 6)
3.Aplicaciones en el chasis	Poliuretano
4.Conectores de alto voltaje	Poliamida (Nylon 66)
5.Respaldo de asientos delanteros	Poliamida (Nylon 66)
6.Estructura del asiento trasero	Poliuretano
7.Componentes estructurales	Mezcla PBT/PET
8.Cobertura del pilar C	Poliamida (Nylon 6)
9.Estructura del techo corredizo	Mezcla PBT/PET
10.Aplicación de encapsulación de vidrio	Poliuretano
11.Construcción del techo	Poliuretano
12.Estructura del techo y reforzamiento del pilar A	Poliuretano

Tabla 2. Principales puntos de aplicación y productos petroquímicos usados en la fabricación de componentes automotrices del auto BMW i3.

Fuente: Elaboración propia

De lo anterior se puede crear una lista de los principales productos petroquímicos usados en la fabricación de componentes automotrices, tanto anteriormente como los de aplicación actual y que seguirán teniendo un gran impacto y desarrollo en esta industria.

La lista contiene los trece principales productos petroquímicos más comúnmente usados en la fabricación de componentes automotrices:

1. Poliuretano
2. Nylon
3. Polibutadieno
4. Polioximetileno
5. Polietileno
6. Polipropileno
7. Policloruro de vinilo (PVC)
8. Policarbonato
9. Acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS)
10. Caucho de estireno butadieno (SBR)
11. Poliepóxido
12. Fluoruro de polivinilideno (PVDF)
13. Mezcla PBT/PET

La aplicación de estos productos petroquímicos es una realidad y las empresas automotrices que aún no los emplean en gran medida se tendrán que adaptar a su utilización pues las exigencias del mercado cada vez son mayores y solo la innovación y nuevas tecnologías, así como materiales tan importantes como los plásticos aseguran su continuidad.

3.2 Porcentaje de componentes automotrices hechos productos petroquímicos en autos terminados.

En 1979 los automóviles se construían con un promedio de 4.5% de materiales plásticos, este porcentaje subió hasta 10% para 1980 ya que era una excelente forma de reducir el peso de los automóviles y continúa en constante aumento en la actualidad.

Un claro ejemplo de esto es que, en el pasado, las defensas delanteras y traseras de los automóviles se hacían de metal, pero en la actualidad casi todas han sido sustituidas por

uretano elastomérico moldeado y polipropileno. La reducción de peso debido a esta sustitución varía entre 10 y 20 kilogramos y se pueden usar, por ejemplo, hasta 16 kilogramos de poliuretano flexible por coche, sólo para acolchonamiento y relleno y de igual forma al usar plásticos se pueden sustituir materiales que antes pesaban hasta 300 kg por los actuales de menos de 100 kg.

De acuerdo al American Chemistry Council (ACC), en 1960 se empleaban piezas de plástico hasta por 18 kg y en la actualidad se emplean hasta 200 kg solo para los termoplásticos.

Es una realidad que los plásticos continuaran sustituyendo a los metales en los automóviles, hasta el punto en el que el chasis puede ser uno de los pocos componentes de un vehículo hecho de metal, acorde a las nuevas tendencias de las principales empresas que proveen de productos petroquímicos a la industria automotriz.

La industria del automóvil es un gran consumidor mundial de productos petroquímicos que suponen más de un tercio de los costos de las materias primas de un vehículo promedio de acuerdo a lo reportado por ICIS en IBAF.

En la actualidad algunos autos tienen entre 35-50% de materiales plásticos y se espera que para el año 2030 esta cifra alcance el 65% del auto empleando materiales plásticos en los diferentes componentes con un ahorro de hasta el 35% del peso total del vehículo.

En las siguientes figuras se pueden observar estas tendencias:

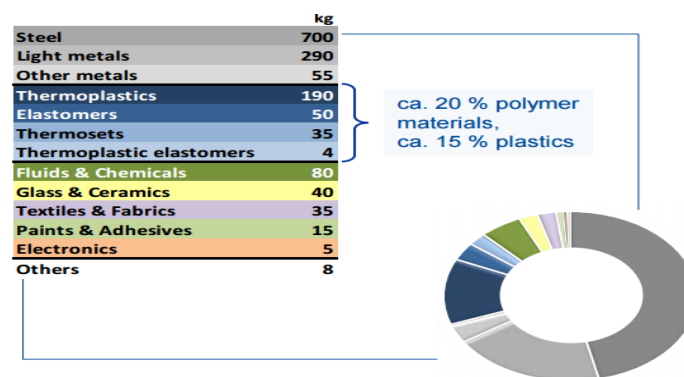


Figura 10. Porcentaje de productos petroquímicos en un automóvil.

Fuente: One Pathway to Lightweight Composite Cars – Center for automotive research – BASF y ACC.

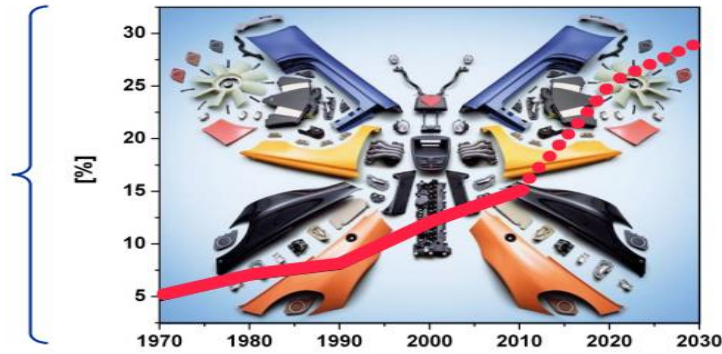


Figura 11. Porcentaje de peso que ahorra el uso de productos petroquímicos en un automóvil hasta el año 2030.

Fuente: One Pathway to Lightweight Composite Cars – Center for automotive research – BASF y ACC.

De forma similar se muestra en el siguiente esquema el dramático impacto que tendrán los productos petroquímicos en la fabricación de automóviles para el año 2030.

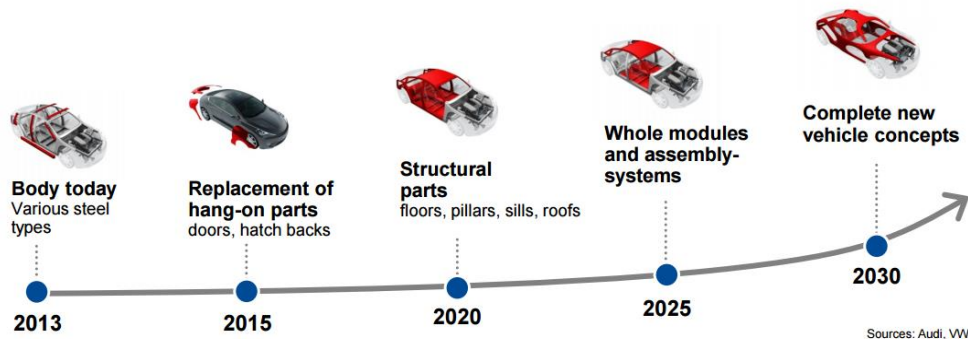


Figura 12. Impacto de los productos en la fabricación de componentes automotrices hasta el año 2030.

Fuente: One Pathway to Lightweight Composite Cars – Center for automotive research – BASF y ACC.

Las apuestas actuales en la fabricación de automóviles están más enfocadas al uso de plásticos sobre otros materiales ya que tiene múltiples ventajas y beneficios, sin embargo, su constante actualización y desarrollo será un tema recurrente en cuestiones de seguridad y medio ambiente.

3.3 Principales productos petroquímicos usados para la fabricación de componentes automotrices.

Acorde a lo mencionado anteriormente y basados en los trabajos en conjunto entre la industria automotriz y la industria petroquímica retomamos los 13 productos petroquímicos más usados actualmente para la elaboración de componentes automotrices y que se espera tenga mayor aplicación en el futuro de ambas industrias.

A continuación, se enlistan los productos petroquímicos y se dará información más detallada de cada uno.

- 1.- Poliuretano
- 2.- Nylon
- 3.- Polibutadieno
- 4.- Polioximetileno
- 5.- Polietileno
- 6.- Polipropileno
- 7.- Policloruro de vinilo PVC
- 8.- Policarbonato
- 9.- Acrilonitrilo-butadieno-estireno ABS
- 10.- Caucho de estireno butadieno (SBR)
- 11.- Poliepóxidos
- 12.- Fluoruro de polivinilideno (PVDF)
- 13.- Mezcla PBT/PET

3.3.1 Proceso de fabricación

- 1.- Poliuretano

El poliuretano es fabricado a partir de la reacción química de isocianatos y alcoholes polihídricos. Su aplicación más común es como aislante térmico, como las espumas, los elastómeros, adhesivos y recubrimientos superficiales.

Puede ser moldeado por inyección, compresión y extrusión, aunque también se pueden usar otras tecnologías como la hiladura en húmedo. Poseen óptima elasticidad, flexibilidad y resistencia a la abrasión además de resistencia a los aceites minerales y buena barrera al oxígeno, ozono y luz UV.

En la industria automotriz tiene gran relevancia y se aplica en mucho de los componentes por ejemplo el parachoques y los más duros se emplean para piezas deslizantes y ruedas especiales.

Un poliuretano puede ser cualquier polímero que contenga un enlace uretano en su cadena principal.

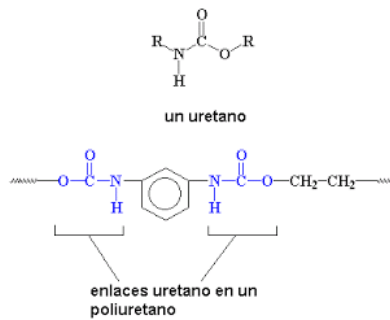


Figura 13. Uniones uretano en un polímero.

Fuente: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/06/poliuretano.html>

Los poliuretanos se sintetizan al hacer reaccionar diisocianatos con dialcoholes, a continuación, un ejemplo:

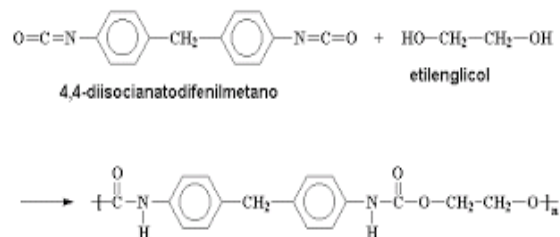


Figura 14. Reacción de dialcohol con diisocianato.

Fuente: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/06/poliuretano.html>

Para producir poliuretanos se emplea gran variedad de materias primas, incluyendo monómeros, prepolímeros, estabilizadores que protegen la integridad del polímero, y colorantes.

Los poliuretanos se forman a partir de la polimerización de los dos componentes principales (dialcohol y un diisocianato) y con un iniciador que puede ser el DABCO o el $(\text{CH}_3)_2\text{SO}_2$. El DABCO tiene un par de electrones no compartidos que atacan el núcleo.

Se trata de una polimerización por crecimiento en etapas y debido a que no se producen pequeñas moléculas como subproductos, se trata de una polimerización por adición.

Los polialcoholes más usados para la obtención de poliuretanos son:

- De poliéster a partir de ácidos adípicos.
- De poliéster a partir del caproláctico.
- De poliéster a partir de ácido hexanoico.
- De poliéster a partir de ácido maleico.
- De poliéster a partir de ácido ftálico.
- A partir de ácido tereftálico.
- Polietilenglicol.
- Polipropilenglicol.
- Politetrahidrofuranos.

De igual forma se emplean otros diisocianatos, aquí lo más importantes:

- H12MDI
- HDI
- IPDI
- MDI
- TDI
- TMXDI
- TODI

Fabricación

Isocianatos

Los diisocianatos son materiales clave para producir poliuretanos, se caracterizan por un grupo (NCO), que son alcoholes altamente reactivos.

Poliols

Los poliols, esenciales para producir poliuretanos, son compuestos que contienen varios grupos alcohol (OH) y pueden obtenerse como un subproducto de la producción de ácido tereftálico.

Aditivos

Ya que los poliuretanos pueden sufrir daños causados por el calor, la luz, los contaminantes atmosféricos o el cloro. Requieren de estabilizadores para proteger el polímero.

De igual forma se pueden añadir colorantes para cambiar su apariencia estética.

Proceso de manufactura

Mientras que los polímeros de poliuretano se utilizan para una amplia gama de aplicaciones, su método de producción se puede dividir en tres fases distintas. En primer lugar, se hace el producto polímero a granel. A continuación, el polímero se expone a diversas etapas de procesamiento. Finalmente, el polímero se transforma en su producto final y es enviado.

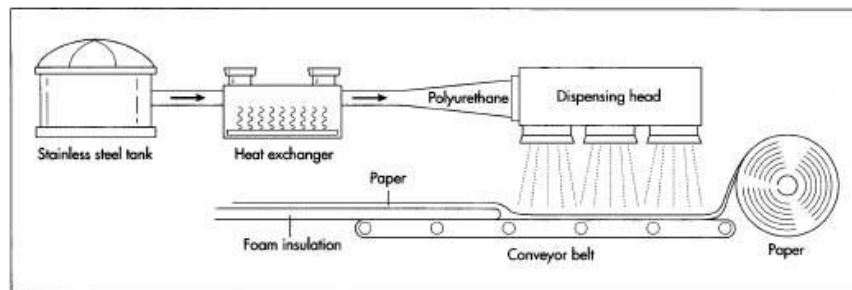


Figura 15. Proceso de fabricación utilizado para crear el aislante de espuma rígida de poliuretano.

Fuente: <http://www.madehow.com/Volume-6/Polyurethane.html>

Reacción

1.- Al inicio de la producción de espuma de poliuretano, las materias primas que reaccionan están en forma líquida en depósitos de acero inoxidable. Estos tanques están equipados con agitadores para mantener el fluido de materiales. Un dispositivo de medición está unido a los tanques de modo que la cantidad apropiada de material reactivo pueda ser bombeada. Una relación típica de polioliol a diisocianato es de 1: 2. Puesto que la relación de los materiales de los componentes produce polímeros con diferentes características, es estrictamente controlada.

2.- Los materiales que reaccionan pasan a través de un intercambiador de calor a medida que se bombean en tuberías. El intercambiador ajusta la temperatura al nivel de reacción. Dentro de los tubos, ocurre la reacción de polimerización. En el momento en que el líquido de polimerización llega al final de la tubería, el poliuretano ya está formado.

Procesamiento

3.- El cabezal de distribución está conectado a la línea de procesamiento. Para la producción de aislante de espuma rígida de poliuretano, un rollo de papel cocido se pone en cola en el inicio de la línea de procesamiento. Este papel se mueve a lo largo de un transportador y traído bajo el cabezal de distribución.

4.- A medida que el papel pasa por debajo, el poliuretano es soplado sobre él. Conforme se dispensa el polímero, se mezcla con dióxido de carbono que hace que se expanda. Se continúa aumentando a medida que se mueve a lo largo del transportador.

5.- Después de que comienza la reacción de expansión, una segunda capa superior del papel se enrolla. Además, los papeles laterales también pueden ser enrolladas en el proceso. Cada capa de papel contiene la espuma de poliuretano dándole forma. La espuma rígida se hace pasar a través de una serie de paneles que controlan la anchura y la altura del bloque de espuma. A medida que viaja a través de esta sección, está normalmente seca.

6.- Al final de la línea de producción, el aislante de espuma se corta con una sierra automática a la longitud deseada.

2.- Nylon

El nylon pertenece al grupo de las poliamidas. Se genera por policondensación de un diácido con una diamina.

Se llaman poliamidas, debido a los característicos grupos amida en la cadena principal. Estos grupos amida son muy polares y pueden unirse entre sí mediante enlaces por puente de hidrógeno. Debido a esto y a que la cadena de nylon es tan regular y simétrica, el nylon es a menudo cristalino, y puede formar fibras de gran calidad.

Se puede encontrar como Nylon 6 y Nylon 6,6

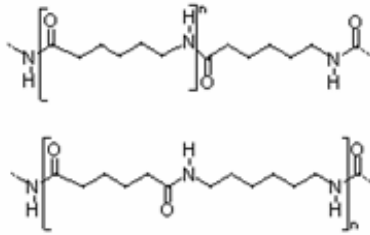


Figura 16. Nylon 6 y nylon 6,6, mostrando la dirección de los enlaces peptídicos, única diferencia estructural entre ellos.

Fuente: <http://www.explainthatstuff.com/nylon.html>

El nylon se llama nylon 6.6, porque cada unidad repetitiva de la cadena polimérica, tiene dos extensiones de átomos de carbono, cada una con una longitud de seis átomos de carbono. Otros tipos de nylon pueden tener diversos números de átomos de carbono en estas extensiones.

Puede ser sintetizado a partir de las diaminas y los cloruros de diácido, pero en una planta industrial de nylon lo más común es fabricarlo haciendo reaccionar el ácido adípico con la hexametilén diamina.

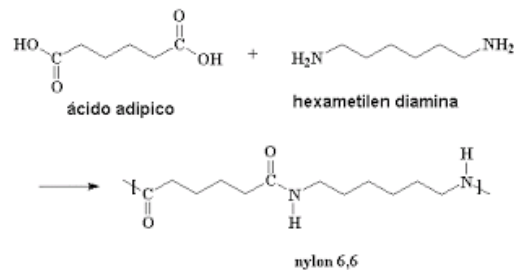


Figura 17. Reacción del ácido adípico y hexametilen diamina para formar Nylon 6,6

Fuente: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/07/nylon.html>

El nylon 6 es muy parecido al nylon 6.6, excepto que tiene sólo un tipo de cadena carbonada, de seis átomos de largo.

Se fabrica a partir del monómero caprolactama, por medio de una polimerización por apertura de anillo.

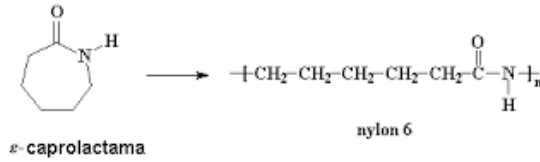


Figura 18. Formación de Nylon 6 a partir del monómero caprolactama.
 Fuente: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/07/nylon.html>

El Nylon 6 es ideal para piezas mecánicas que requieren una alta carga mientras que el nylon 66 tiene mejor resistencia a la rotura. Se fabrican con él engranajes, bujes, cojinetes, levas, poleas, ruedas, ruedas de cadena, engranajes autolubricados, sellos, partes de válvulas, arandelas, piezas, etc. Por esto es uno de los plásticos de ingeniería más usados.

Se hace a través de un proceso que comprende dos etapas, proceso químico y proceso de fabricación que primero crea los polímeros fuertes de fibra, a continuación, los une para crear una fibra resistente.

Fabricación

Como se mencionó anteriormente el Nylon 6,6 se hace a partir de hexametildiamina y ácido adípico como se muestra en la siguiente figura.

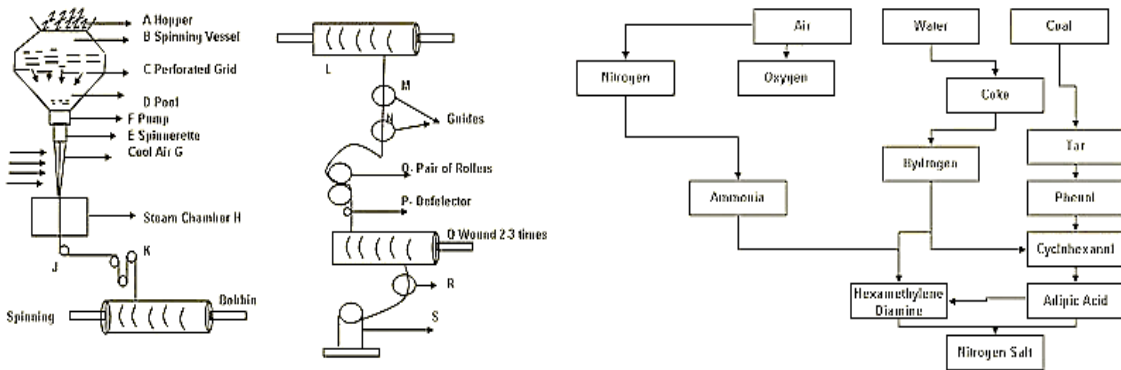


Figura 19. Fabricación de Nylon 6,6
 Fuente: <http://mytextilenotes.blogspot.mx/2009/05/manufacturing-process-of-nylon-66.html>

Y el Nylon 6 se fabrica a partir de caprolactama que se obtiene mediante una serie de reacciones que utilizan los productos obtenidos a partir de alquitrán de hulla.

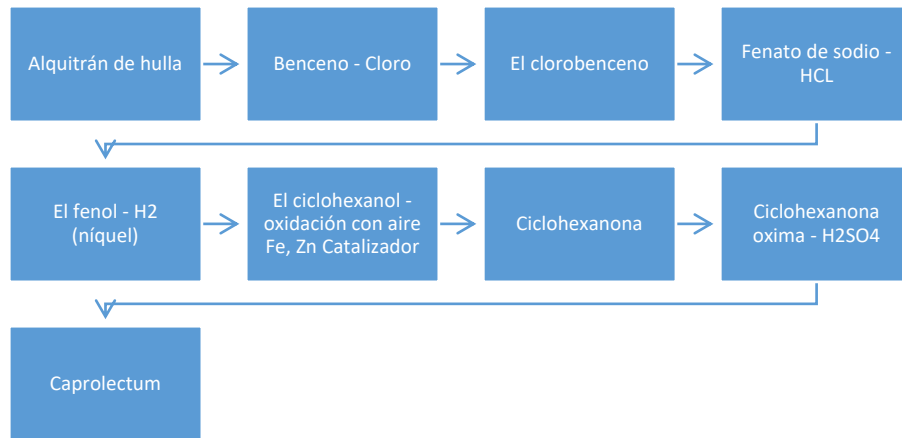


Figura 20. Obtención de Caprolectum para la producción de Nylon 6.
Fuente: Elaboración propia.

Para ambos casos, después de la fusión, el filtrado, y de desgasificación, el polímero fundido se extruye a través de una hiladora en una cámara en la que la masa fundida se solidifica en forma de filamento. En esta etapa, los filamentos tienen poca orientación molecular, y su ligera birrefringencia es debido a fuerzas de corte creadas durante la extrusión.

Dado que la Tg de nylon está por debajo de la temperatura ambiente, el nylon puede ser estirado. Los filamentos de nylon se estiran aproximadamente cuatro veces su longitud inicial. Además, el módulo elástico aumenta significativamente con el aumento de la orientación.

Tanto nylon 6 y nylon 66 son polímeros semi-cristalinos. Estas poliamidas alifáticas lineales son capaces de cristalizar principalmente debido a los fuertes enlaces de hidrógeno intermolecular a través de los grupos amida, y debido a las fuerzas de Vander walls entre las cadenas de metileno. Dado que estas propiedades estructurales y termomecánicas únicas del nylon están dominados por los enlaces de hidrógeno en estas poliamidas, la química cuántica se puede usar para determinar el potencial del enlace de hidrógeno.

Las propiedades mecánicas, térmicas y ópticas de las fibras están fuertemente afectadas por la orientación y la cristalinidad. Básicamente, una mayor orientación de las fibras y la cristalinidad producirán mejores propiedades. Esto da como resultado un aumento de la resistencia a la tracción, módulo de flexión, resistencia a la fluencia, y la dureza, pero también alguna pérdida en la elongación y resistencia al impacto.

3. Polibutadieno (PB)

Es un caucho sintético formado a partir del proceso de polimerización del monómero 1,3-butadieno.

Tiene una alta resistencia al desgaste y se utiliza especialmente en la fabricación de neumáticos, que consume alrededor del 70% del polibutadieno producido. Otro 25% se utiliza como un aditivo para mejorar la resistencia mecánica de los plásticos como el poliestireno y el acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS).

Como se mencionó se obtiene a partir del 1,3-butadieno. El 1,3-butadieno es un dieno, es decir, un monómero que presenta dos dobles enlaces carbono-carbono en posición 1 y 3.

Se obtiene por polimerización Ziegler-Natta.

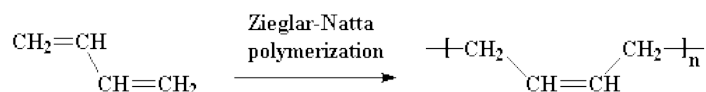


Figura 21. Polimerización Ziegler-Natta para la obtención de polibutadieno.

Fuente: <http://www.eis.uva.es/~macromol/curso03-04/automovil/paginas/polibutadieno.htm>

El polibutadieno es vital para el procesamiento del caucho sintético solo por detrás del SBR. Posee propiedades muy semejantes a las del caucho natural y puede sustituirlo. Su importancia surge de la gran disponibilidad de butadieno, su fácil polimerización y copolimerización con otros monómeros y polímeros.

Además, el polibutadieno se mezcla fácilmente con SBR y con el hule natural, lo que amplía más sus aplicaciones. Es la industria de las cubiertas (neumáticos) la que emplea más polibutadieno; sólo el 23% de la producción mundial se utiliza en otros productos. Especialmente en la banda de rodadura, el polibutadieno tiene un lugar importante, ya que provee alta resistencia al desgaste y menos resistencia a la rodadura que cualquier otro elastómero.

Uno de sus principales inconvenientes aparecía al ponerse en contacto con piso mojado, sin embargo, para eliminar este obstáculo, se suele mezclar con SBR o con caucho natural en cantidades variables según la aplicación.

Producción

Proceso de producción de alto-cis

Etapas principales del proceso:

Purificación del butadieno y del disolvente. Antes de alimentar las materias primas al reactor es esencial eliminar de ellas ciertas impurezas que desactivan el catalizador. Esto se realiza mediante lechos de alúmina o mediante columnas de destilación.

Reacción. El butadieno, el disolvente y el catalizador se introducen en uno o varios reactores. El disolvente suele ser hexano, ciclohexano, benceno o tolueno y tiene dos funciones principales: reducir la viscosidad y aumentar la inercia térmica del sistema.

Como en todas las polimerizaciones, se genera una cantidad importante de calor, que es evacuado de los reactores mediante un refrigerante. Los reactores suelen operar entre 30 y 100°C de temperatura y a, como máximo, 5 bar de presión.

Coagulación. Se añade agua para detener la reacción y a continuación se evaporan el disolvente y el butadieno no reaccionado, quedando una pasta de polibutadieno y agua denominada slurry. Los vapores se condensan y se separan el agua de los hidrocarburos, los cuales son recirculados a la entrada del primer reactor.

Secado. Se separa el agua del slurry, quedando copos de polibutadieno.

Prensado. El polibutadieno se vende en forma de balas paralelepípedicas (sólido conformados por seis paralelogramos, siendo iguales y paralelos cada dos opuestos entre sí), que se obtienen apretando los copos en prensas.

Embalado. Cada bala es envuelta en una película de plástico transparente, poliestireno si va a ser consumida en la producción de poliestireno y polietileno en el resto de los casos. Las balas se empaquetan en cajas metálicas o en palés de madera de aproximadamente una tonelada de peso.

Durante el proceso se añaden antioxidantes, esenciales para que el polibutadieno conserve sus propiedades, tanto durante su almacenamiento, como en el momento de su transformación posterior. Otro aditivo que suele incorporarse es aceite mineral, que facilita el procesado del caucho sin disminuir sus propiedades mecánicas.

Proceso de producción de bajo-cis

El esquema general del proceso es similar al de las plantas de alto-cis excepto en la sección de reacción. El uso de un catalizador de alquil-litio resulta en una denominada polimerización viva, en la cual las moléculas de polímero formadas tienen extremos activos sobre los que se puede intervenir a voluntad. Añadiendo el tipo adecuado de sustancia se puede así regular la distribución de pesos moleculares, el grado de ramificación de las moléculas o el porcentaje de unidades vinilo. También se pueden añadir, si se desea, grupos funcionales a las moléculas.

Otra particularidad del bajo-cis es que el catalizador es extremadamente sensible al agua, que tiene que ser eliminada hasta las trazas más ínfimas.

La producción mundial de polibutadieno, en su gran mayoría emplea el proceso de producción de alto-cis. En concreto, el polibutadieno se usa principalmente en las caras laterales del neumático, además de en las bandas de rodamiento.

El polibutadieno es ventajoso frente al SBR por su menor temperatura de transición vítrea (T_g), que le confiere una alta resistencia a la abrasión y una baja resistencia al rodamiento. Se obtienen así neumáticos de larga duración y bajo consumo de combustible. Las llantas de los automóviles de pasajeros generalmente se fabrican con una mezcla de butadieno con SBR, mientras que las llantas de los camiones por lo general están constituidas por mezclas de polibutadieno con hule natural.

Otro de sus usos es como modificador de impacto en otros polímeros, en concreto, para el poliestireno y la resina de ABS con un volumen total de entrada total de aproximadamente el 25%.

4.- Polioximetileno.

El poliacetil, o polioximetileno (POM), es usado en partes de precisión que requieren alta rigidez, baja fricción y una excelente estabilidad dimensional.

El POM es excelente para el reciclado químico, mediante escisión de monómeros, sin pérdida de propiedades físico-químicas, y que representa un atributo adicional para las aplicaciones en que se debe tener en cuenta la economía del reciclado.

Homopolímeros y copolímeros

Los homopolímeros de acetal se forman durante la polimerización del formaldehído. Debido al denso arracimado de cadenas moleculares alternativas, construidas con grupos oxígeno y metileno, son altamente cristalinos y se encuentran entre los termoplásticos no reforzados más rígidos y resistentes. Para el copolímero POM, el formaldehído se convierte en trioxano y este se polimeriza, junto con un comonómero, en copolímero POM.

Los procesos de formación del poliacetal más comunes son el moldeo por inyección y la extrusión, pero también son posibles el moldeo por soplado y moldeo rotacional.

Síntesis

La polimerización del formaldehído tiene lugar mediante polimerización aniónica del grupo carbonilo. El grupo carbonilo es polimerizado por una gran variedad de iniciadores aniónicos.. Alquilos metálicos, alcóxidos, fenolatos y carboxilatos, alúmina hidratada, aminas, piridina son efectivas en la polimerización del formaldehído.

La polimerización tiene lugar de la siguiente forma:

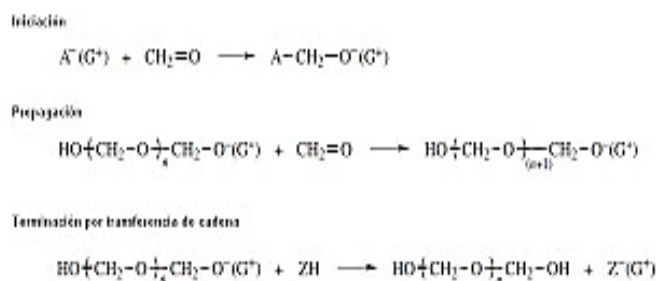


Figura 22 Polimerización POM

Fuente: <http://www.resinex.es/tipos-de-polimeros/pom.html>

En la iniciación de la reacción, la especie aniónica A- produce un anión alcóxido y un contra ión G+. La propagación ocurre de similar manera y la terminación ocurre por la transferencia de un protón del ZH. El agente de transferencia ZH puede ser una variedad de compuesto capaz de ceder un protón en la propagación del anión alcóxido, tal como agua o un alcohol.

Los grupos terminales semi-acetal $-O-C-OH$ son inicialmente inestables y se estabilizan mediante esterificación con anhídrido acético. El ataque químico de estos enlaces éster mediante agua o álcalis se lleva mediante la hidrólisis de estos enlaces a una progresiva descomposición de la cadena polimérica.

Los copolímeros de acetal son resistentes a los álcalis y aún más resistentes al agua caliente. Esto se ha conseguido mediante un proceso de polimerización modificado, en el que el monómero principal, el trímero cíclico de formaldehído (trioxan) y la estructura "acetal" quedan interrumpidos por enlaces carbono $-C-C-$ estables y la cadena se termina con grupos finales $HO-CH_2-CH_2$.

Producción

Homopolímero

Producido por polimerización de formaldehído. El formaldehído suministrado al polimerizador debe tener una pureza de más de 99,9 por ciento en peso a fin de lograr pesos moleculares del polímero en el intervalo comercialmente deseado. Agua, metanol, y ácido fórmico, presentes en el formaldehído comercial actúan como agentes de transferencia de cadena que reducen el peso molecular del polímero y por tanto deben ser eliminados.

Copolímero

Debido a su estabilidad térmica mejorada, el copolímero se ha convertido en la forma preferida. Los copolímeros de poliacetal comercialmente importantes son polímeros de adición de formaldehído y una cantidad relativamente pequeña de un comonómero.

El copolímero de poliacetal se produce mediante un proceso de polimerización en masa. Un ácido de Lewis fuerte sirve como el catalizador de polimerización y se añade un agente de transferencia de cadena para controlar el peso molecular. El trifluoruro de boro es el ácido de Lewis más comúnmente utilizado hoy en día como un catalizador. Es importante eliminar el agua o metanol, ya que no hay grupos terminales estables.

Trioxan

1. Homopolimerización o copolimerización de trioxano, a partir de metanol, el metanol se oxida en un primer reactor en una planta de producción para dar una corriente que comprende

formaldehído acuoso que se alimenta a una segunda planta de producción en la que el formaldehído se trimeriza en presencia de un catalizador ácido en un segundo reactor para formar trioxano y del cual la mezcla trioxano / formaldehído / mezcla de agua se retira, la mezcla formaldehído/ agua /trioxano se destila fraccionadamente en una primera columna para obtener trioxano en bruto como corriente superior y esta corriente se condensa en la parte superior de la columna para dar un condensado del cual una corriente parcial se devuelve a la primera columna y la corriente parcial restante se pasa a una o más etapas de proceso adicionales para dar puro trioxano, con una de estas etapas de proceso que comprende además la eliminación de bajo punto de ebullición seleccionado del grupo que consiste en formiato de metilo, el metilal, bis (metoximetil) éter y metanol por destilación en una columna de eliminación de bajo punto de ebullición , y el trioxano puro se alimenta a una tercera planta de producción en el que se homopolimeriza o copolimeriza para formar homopolímeros o copolímeros de polioximetileno , en el que la corriente de bajo punto de ebullición de la columna de eliminación de bajo punto de ebullición se recicla a la corriente de alimentación en el primer reactor en la primera planta de producción.

2. El proceso de acuerdo con el punto 1, en el que la corriente de bajo punto de ebullición tiene los siguientes componentes principales: metanol hasta 50% en peso, de formiato de metilo hasta un 40% en peso, metilal hasta 30% en peso y trioxano en menos de 10% por peso.

3. El proceso de acuerdo con el punto 1, en el que un homopolímero de polioximetileno crudo o copolímero que todavía comprende monómeros residuales se prepara en la tercera planta de producción y se desgasifica en una o más etapas para dar una o más corrientes de vapor que son alimentadas a un condensador para dar un condensado que se recicla al reactor de polimerización y una corriente que comprende formaldehído gaseoso, y también un homopolímero o copolímero de polioximetileno parcialmente desgasificado que se alimenta a una extrusora o amasadora y se mezcla en el mismo aditivos y coadyuvantes de elaboración para obtener una masa fundida de polímero mientras el suministro de con todas las corrientes secundarias que comprende la segunda planta de producción se recicla directamente sin adición de auxiliares a la tercera planta de producción.

4. El proceso de acuerdo con el punto 2, en el que un homopolímero de polioximetileno crudo o copolímero que todavía comprende monómeros residuales se prepara en la tercera planta de producción y se desgasifica en una o más etapas para dar una o más corrientes de vapor que son alimentadas a un condensador para dar un condensado que se recicla al reactor de polimerización y una corriente que comprende formaldehído gaseoso, y también un homopolímero o copolímero de polioximetileno parcialmente desgasificado que se alimenta a una extrusora o amasadora y se mezcló en el mismo aditivos y coadyuvantes de elaboración para dar una masa fundida de polímero y una corriente de gas de escape, que contiene formaldehído se lleva fuera de la extrusora o amasadora, con todas las corrientes secundarias que comprenden formaldehído a la segunda planta de producción que se recicla directamente sin adición de auxiliares a la tercera planta de producción .

El polioximetileno (POM) combina una excelente resistencia al desgaste, resistencia a la fatiga permanente, resiliencia y resistencia a la fluencia, con una gran resistencia a la humedad, los disolventes y las lejías fuertes.

Un inconveniente del POM es que los rayos UV y la radiación de alta energía lo dañan. Sus propiedades dieléctricas y aislantes son poco afectadas por la temperatura y dependiendo de la aplicación y los requisitos, el POM se modifica con fibra de vidrio, minerales, cargas conductoras, agentes lubricantes o un gran número de otros aditivos o materiales auxiliares.

5.- Polietileno

El polietileno es el plástico más común, puede encontrarse en bolsas de plástico, y películas de plástico, geomembranas, contenedores incluyendo botellas. Muchos tipos de polietileno son conocidos, pero casi siempre presenta la fórmula química $(C_2H_4)_nH_2$. El PE por lo general es una mezcla de compuestos orgánicos similares que difieren en el valor de n.

Síntesis

Una molécula del polietileno es una cadena larga de átomos de carbono, con dos átomos de hidrógeno unidos a cada átomo de carbono.

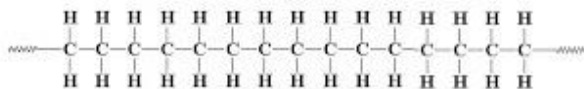


Figura 23. Molécula Polietileno

Fuente: <http://www.essentialchemicalindustry.org/polymers/polyethene.html>

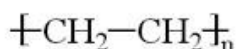


Figura 24. Molécula Polietileno escritura abreviada

Fuente: <http://www.essentialchemicalindustry.org/polymers/polyethene.html>

En algunas ocasiones los carbonos, en lugar de tener hidrógenos unidos a ellos, tienen asociadas largas cadenas de polietileno lo que es conocido como polietileno ramificado, o de baja densidad (LDPE). En caso de no presentar ramificación, se llama polietileno lineal (HDPE).

El polietileno lineal es mucho más fuerte que el polietileno ramificado, pero el polietileno ramificado es más barato y más fácil de fabricar.

El polietileno se obtiene a partir del monómero etileno con fórmula C₂H₄, que consiste en un par de grupos metilenos (CH₂) conectados por un enlace doble.



Figura 25. Polietileno a partir del monómero etileno.

Fuente: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2012/07/polietileno-pe.html>

El etileno debe ser gran pureza ya que se polimeriza sólo en contacto con los catalizadores. Para la polimerización se utilizan cloruros u óxidos metálicos, como cloruro de titanio (III) o catalizador de Phillips, preparado mediante el depósito de óxido de cromo (IV) sobre sílica.

El polietileno también puede ser producido mediante polimerización por radicales, pero requiere de un equipo de alta presión por lo cual es de utilidad limitada.

El polietileno se clasifica en varias categorías basadas sobre todo en su densidad y ramificación. Sus propiedades mecánicas dependen en gran medida de variables tales como la extensión y el tipo de ramificación, la estructura cristalina y el peso molecular.

El polietileno puede ser procesado por todos los métodos de conformación de termoplásticos conocidos (inyección, extrusión, soplado, rotomoldeo, termoformado, etc.).

Polietileno espumado

El polietileno en forma de espuma se utiliza en la amortiguación de vibraciones, envasado y el aislamiento, como un componente de barrera o de flotabilidad. Muchos tipos de espuma de polietileno están aprobados para uso en la industria alimentaria. Se encuentra en muchos tipos de envases, la espuma de polietileno se utiliza para el embalaje de muebles, componentes informáticos, electrónicos, bolas de boliche, productos de metal y otros a fin de evitar raspaduras por golpes originados en el transporte.

Producción

Materias primas

Etileno

Es necesario contar con un etileno muy puro para lo cual se deben eliminar las impurezas inorgánicas, como los compuestos de azufre, el óxido de carbono, el anhídrido carbónico y otros, sino también el metano, el etano y el hidrógeno que actúan como diluyentes en el método de alta presión e influyen en la marcha de la reacción a pesar de no formar parte de la reacción de polimerización.

Para la obtención del etileno con alto grado de pureza se utilizan lavadores, que actúan a modo de columnas, en ellas se evaporan sobre todo los componentes de más bajo punto de ebullición, como el metano (punto de ebullición $-161,4\text{ }^{\circ}\text{C}$) y el hidrógeno (punto de ebullición $-252,78\text{ }^{\circ}\text{C}$) y salen por la cabeza de la columna. Los componentes de más alto punto de ebullición, como el etano (punto de ebullición $-88,6\text{ }^{\circ}\text{C}$) y los hidrocarburos inmediatamente superiores, con mucho etileno, se reúnen en el fondo de la columna.

Por último, se utiliza una columna o lavador de etano, en la que tiene lugar la separación completa del etileno de todos los hidrocarburos con punto de ebullición más alto. Estos salen por el fondo, mientras que por la cabeza lo hace el etileno puro.

Catalizadores

Los catalizadores empleados son Ziegler-Natta que son complejos metálicos con propiedades catalíticas que permiten la polimerización estereoespecífica de alquenos.

Se componen de:

- Un cloruro de metal de transición, frecuentemente titanio pero también cobalto, níquel o neodimio.
- Un compuesto organometálico, habitualmente un alquil-aluminio.

Diagrama

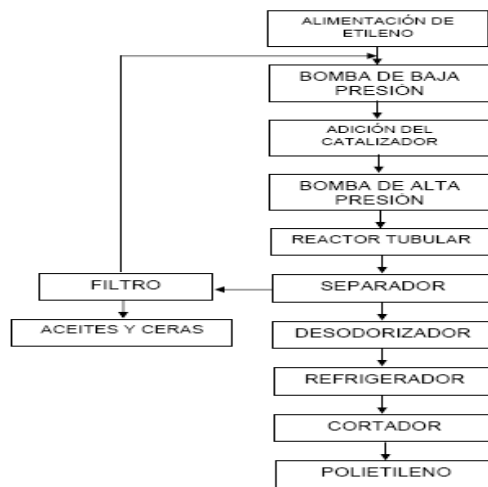


Figura 26. Diagrama producción de Polietileno

Fuente:http://datateca.unad.edu.co/contenidos/332569/MODULO_332569_EXE/obtencin_de_polietileno.html

Descripción

Polietileno de alta presión

El etileno puro se mezcla con oxígeno (catalizador) en una proporción del 0,1 al 0,2 %. Esta mezcla se comprime, a presiones de 1000 a 2000 atm y pasa por un separador de aceite, se hace llegar al reactor, en el que tiene lugar el proceso de polimerización.

El polietileno, todavía caliente, se extrae finamente por un extrusor, donde se refrigera y sale de él ya sólido para ser seguidamente troceado, mediante un dispositivo picador, en pequeños granos, que sirven de materia prima para la fabricación de objetos de todas clases.

Polietileno de baja presión

Cuando se inyecta etileno en una suspensión de etilato de aluminio y éster titánico en un aceite, se polimeriza el etileno con desprendimiento de calor y forma un producto

macromolecular. Este alto grado de polimerización confiere al polietileno de baja presión una solidez y dureza especialmente elevadas.

El campo de aplicación del este polietileno, es el mismo que el del polietileno de alta presión, pero es esencialmente apropiado para objetos que precisan una gran solidez y rigidez, como las tuberías, que con paredes de pequeño espesor resisten altas presiones.

La elaboración del producto se hace de manera análoga a la del polietileno de alta presión, es decir, mediante prensas. Sin embargo, la temperatura de elaboración es más elevada, a causa del mayor grado de polimerización.

6.- Polipropileno

El polipropileno es un termoplástico excepcional ya que posee características difíciles de encontrar en otros materiales como:

- Alta estabilidad térmica que le permite trabajar durante tiempo prolongado a una temperatura de 100°C en el aire.
- Excelente resistencia al agua extremadamente caliente, pudiendo esterilizarse a temperaturas de hasta 140°C sin deformación.

Estructuralmente es un polímero vinílico, similar al polietileno, sólo que uno de los carbonos de la unidad monomérica tiene unido un grupo metilo.

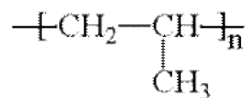


Figura 27. Estructura química polipropileno

Fuente: <http://www.essentialchemicalindustry.org/polymers/polypropene.html>

El polipropileno que es fabricado de manera industrial es un polímero lineal, cuya espina dorsal es una cadena de hidrocarburos saturados. Existe un grupo metilo (CH₃) ramificado cada dos átomos de carbono de la cadena principal. Debido a esto es posible distinguir tres formas isómeras del polipropileno:



Isotáctica



Sindiotáctica



Atáctica

Figura 28. Formas isómeras del polipropileno.

Fuente: <http://www.essentialchemicalindustry.org/polymers/polypropene.html>

Estas formas se diferencian por la posición de los grupos metilo-CH₃ respecto a la estructura espacial de la cadena del polímero.

Las formas isotácticas y sindiotácticas adquieren, en estado sólido, una disposición espacial ordenada, semicristalina, que confiere al material propiedades físicas excepcionales mientras que la forma atáctica, en cambio, no tiene ningún tipo de cristalinidad.

Los procesos industriales están enfocados hacia la fabricación de polipropileno isotáctico ya que posee mayor interés comercial.

Polipropileno expandible

La espuma de polipropileno es elástica, resistente al impacto y agradable al tacto. Se elabora con diferentes grados de dureza y garantiza, por ejemplo, en el caso de los asientos de automóviles o muebles, una caída suave. Este material es muy apreciado en la elaboración de embalajes con propiedades termoaislantes y antichoques.

Síntesis

El polipropileno se fabrica a partir de la polimerización de gas de propileno en presencia de un catalizador, por lo general de Ziegler-Natta o catalizador de metalloceno. Las condiciones de polimerización son establecidas por el grado de polímero a producir.

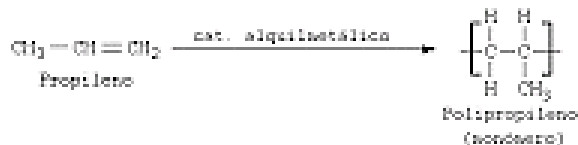


Figura 29. Síntesis del polipropileno

Fuente: <http://www.essentialchemicalindustry.org/polymers/polypropene.html>

Fabricación

Existen variados procesos comerciales para la obtención de polipropileno pero pueden ser clasificados, de acuerdo el medio de reacción y temperatura de operación, en tres tipos:

- Procesos en solución
- Procesos en suspensión
- Procesos en fase gas

En la actualidad muchas de las nuevas unidades de producción incorporan procesos híbridos, en los que se combina un reactor que opera en suspensión con otro que opera en fase gas.

Los procesos en solución, prácticamente en desuso, son aquellos en los que la polimerización tiene lugar en el seno de un disolvente hidrocarbonado a una temperatura de fusión superior a la del polímero. Entre sus ventajas han contado con la fácil transición entre grados, gracias a la pequeña dimensión de los reactores empleados.

Los procesos en suspensión (slurry), están configurados para que la reacción tenga lugar en un hidrocarburo líquido, en el que el polipropileno es prácticamente insoluble, y a una temperatura inferior a la de fusión del polímero. Dentro de este tipo de procesos existen marcadas diferencias en la configuración de los reactores y en el tipo de diluyente utilizado, lo que afecta a las características y el rango de productos que se puede fabricar.

Los procesos en fase gas están caracterizados por la ausencia de disolvente en el reactor de polimerización. Tienen la ventaja de poderse emplear con facilidad en la producción de copolímeros con un alto contenido en etileno.

Destilación del Polipropileno

Unos de los métodos más utilizados para obtener el Propileno es la destilación a partir de G.L.P. (Gas Licuado de Petróleo) con una proporción mayoritaria de componentes livianos (Propano, Propileno, etc).

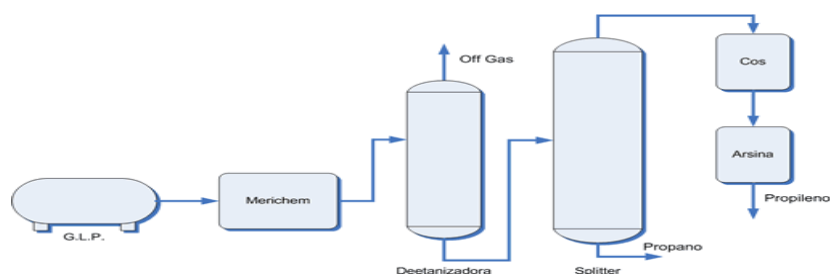


Figura 30. Destilación de polipropileno a partir de G.L.P.

Fuente: <http://www.textoscientificos.com/polimeros/polipropileno/fabricacion>

El proceso de destilación se compone de una serie de pasos que van eliminando los diferentes componentes no deseados hasta obtener Propileno.

Proceso Novolen

El propileno, el etileno y/o alguno de los demás comonómeros utilizados se alimentan a los reactores. Se agrega hidrógeno para controlar el peso molecular en el medio de reacción. Se eligen las condiciones de polimerización dependiendo del grado que se desee producir. La reacción es exotérmica, y el enfriamiento del reactor se realiza por la transferencia de calor por la descompresión (flash) de la mezcla de los gases licuados del reactor con las corrientes de alimentación.

El polvo de polipropileno se descarga desde el reactor y se separa en un tanque de descarga a presión atmosférica. El comonómero sin reaccionar se separa del polvo y se comprime, y finalmente se recicla o se retorna aguas arriba a la unidad de destilación para su recuperación.

El polímero se pone en contacto con nitrógeno en un tanque de purga para despojarlo del propileno residual. El gas de purga se recupera, el polvo se transporta a los silos de polvo, y posteriormente por extrusión se convierte en pellets, donde se incorpora una gama completa de aditivos bien dispersados.

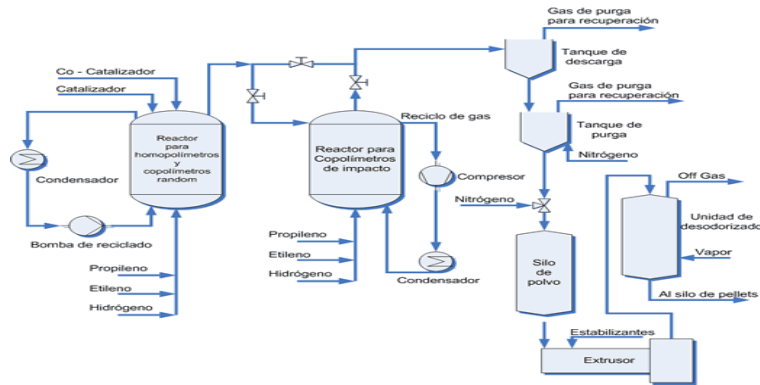


Figura 31. Proceso Novolen

Fuente: <http://www.textoscientificos.com/polimeros/polipropileno/fabricacion>

Proceso LIPP

Es un proceso similar al Novolen

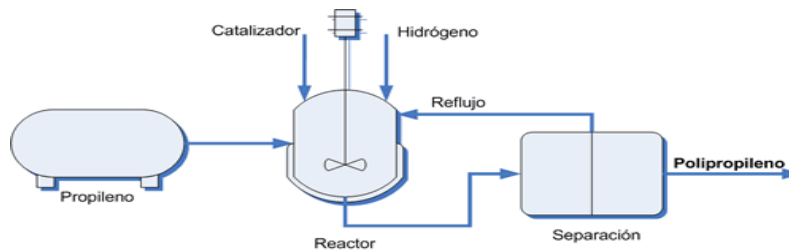


Figura 32. Proceso LIPP

Fuente: <http://www.textoscientificos.com/polimeros/polipropileno/fabricacion>

Consiste en hacer reaccionar el propileno junto con Hidrógeno y el catalizador en un reactor. Luego de terminado este paso, se separa el polipropileno de residuos de la reacción, como monómeros, catalizador, etc., los cuales son reflujados al reactor.

Proceso Spheripol

Diseñado como híbrido con dos reactores en serie, el primero para trabajar en suspensión y el segundo en fase gas, es un proceso versátil, que permite preparar diferentes tipos de productos con propiedades óptimas. El primer reactor es de tipo bucle, en el cual se hace circular catalizador y polímero a gran velocidad para que permanezcan en suspensión en el diluyente. El diluyente es en realidad el mismo propileno líquido que facilita la evacuación del calor generado por la reacción al mismo tiempo que permite aumentar el rendimiento del sistema catalítico. En el segundo reactor de fase gas se incorpora ulteriormente el polímero producido en el reactor loop. En esta fase se preparan grados con características especiales añadiendo un comonomero además del monómero. Tras separar el polímero fabricado de las

corrientes de propileno, y de desactivar el catalizador, el polvo de polipropileno obtenido se envía a la línea de acabado donde se añaden aditivos y se le da la forma requerida.

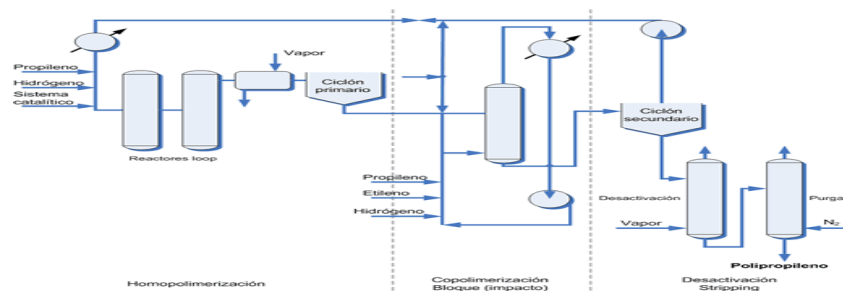


Figura 33. Proceso Spheripol

Fuente: <http://www.textoscientificos.com/polimeros/polipropileno/fabricacion>

El propileno tiene la ventaja de ser el polímero comercial de más baja densidad y facilidad de moldeo. Entre sus propiedades cabe destacar su alto punto de fusión, una gran rigidez, alta resistencia a la rotura y a la abrasión, propiedades dieléctricas, bajo rozamiento, superficie brillante y flotación en agua. Es resistente a los ácidos, a los álcalis y a muchos disolventes.

7.- PVC

El PVC se obtiene a partir de la polimerización del monómero de cloruro de vinilo a policloruro de vinilo. La resina resultante además de ser termoplástica, se pueden fabricar productos rígidos y flexibles. De igual forma se pueden obtener compuestos en forma de polvo o pellet, plastisoles, soluciones y emulsiones.

El PVC presenta buenas propiedades eléctricas y de aislamiento sobre un amplio rango de temperaturas además de excelente durabilidad.

Tiene características de procesamiento relativamente sencillas para obtener las especificaciones deseadas del producto final y es resistente a los ambientes agresivos.

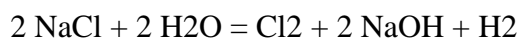
Principales procesos de moldeo:

- Calandrado
- Extrusión
- Inyección
- Soplado

Producción

Para la producción de PVC las principales materias primas son etileno y cloro, sin embargo, existen otros ingredientes, dependiendo de las características deseadas, como plastificantes, catalizadores y pigmentos colorantes que mejoran sus propiedades.

Por electrólisis, de la sal se obtienen cloro y sodio en proporciones fijas:



A base de salmuera disuelta en agua y energía eléctrica se obtiene cloro, sosa cáustica e hidrógeno.

El cloruro obtenido por electrólisis sustituye a una parte del hidrógeno contenido en el etileno (HC-CH), un hidrocarburo insaturado presente en los gases de cracking de productos petroleros, generando, de esta manera, el monómero de cloruro de vinilo con la fórmula empírica (CH₂ = CHCl) y ácido clorhídrico (H-Cl). Estructuralmente, el PVC es un polímero vinílico. Es producido por medio de una polimerización por radicales libres del cloruro de vinilo.

Para que se realice la polimerización, se han de introducir el monómero de cloruro de vinilo, agua y productos de adición particulares, tales como "catalizadores" o aceleradores de reacción, emulsionantes, dispersantes etc., bajo la acción combinada del calor y del movimiento mecánico. Estos ingredientes además deberán a ayudar a controlar la reacción de polimerización que es fuertemente exotérmica para así evitar la degradación del PVC.

En su composición, el PVC contiene un 57% de cloro, proveniente de la sal común y un 43% de hidrocarburos. El refinado del petróleo da lugar a una fracción, las naftas, que, por medio de un proceso denominado cracking, producen, entre otras sustancias gaseosas, el etileno, una de las bases para la fabricación de PVC. Paralelamente el cloruro sódico se descompone por electrólisis, obteniéndose cloro y además hidróxido sódico e hidrógeno. Aproximadamente el 35% del cloro obtenido en este proceso se destina a la producción de PVC.

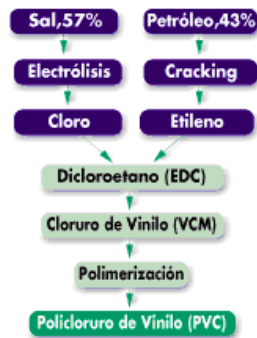


Figura 34. Diagrama obtención de PVC

Fuente: <http://www.eis.uva.es/~macromol/curso07-08/pvc/procesosdeproduccion.html>

La reacción del etileno y cloro da lugar al monómero cloruro de vinilo (VCM), obteniéndose previamente el producto intermedio dicloroetano (EDC). En los inicios de la producción de VCM, se usaba principalmente el acetileno; en la actualidad sólo se produce así el 7% del VCM y el resto se obtiene por oxiclорación.

En la primera sección el dicloroetileno (EDC) se produce mediante una reacción de cloración directa mientras que en la segunda sección se produce mediante una reacción de oxiclорación. Las dos reacciones son exotérmicas.

El EDC que se produce en la cloración directa se puede alimentar directamente al horno de craqueo (tercera sección) mientras que el obtenido en la oxiclорación necesita pasar por una etapa de purificación antes de entrar en la sección de craqueo.

La tercera sección es el craqueo del EDC para formar VCM. Tras el craqueo los productos (VCM, HCl y EDC no convertido) pasan a una etapa de destilación de donde se obtiene el VCM producto y se separan el HCl y el EDC que se reciclan a oxiclорación y destilación de EDC respectivamente.

Las reacciones que intervienen son las siguientes:

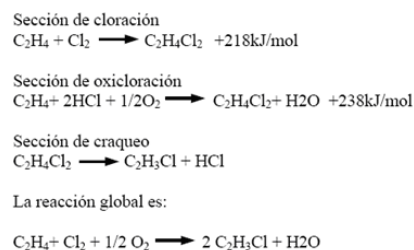


Figura 35. Sección de cloración, oxiclорación, craqueo y reacción global en la producción

de PVC.

Fuente: <http://www.eis.uva.es/~macromol/curso07-08/pvc/procesosdeproduccion.html>

Como se observa de la reacción global el proceso es balanceada, en cuanto al ácido clorhídrico, siendo reutilizado todo el ácido generado en el craqueo en la sección de oxiclорación.

Mediante la polimerización del monómero VCM en reactores, en condiciones adecuadas de presión y temperatura, se obtiene el polímero policloruro de vinilo (PVC).

El VCM junto con agua caliente se alimentan a un reactor discontinuo junto con los activadores y aditivos necesarios. En este reactor se lleva a cabo la polimerización en suspensión y una vez se ha completado se descarga a un depósito que hace de pulmón para mantener una producción continua a las siguientes secciones del proceso. La reacción de polimerización es endotérmica y el calor es extraído mediante agua de refrigeración en serpentines.

Después de la sección de reacción viene la sección de desgasado en la cual se desorbe el monómero no convertido empleando vapor en un stripper, esta corriente es comprimida, condensada y reciclada a la alimentación del proceso. Por el fondo del stripper sale una corriente con el polímero y con agua, para quitar el agua pasa a una centrífuga y el PVC húmedo pasa a la sección de secado. El secado se produce en un ciclón con aire caliente. Del ciclón pasa mediante transporte neumático a un silo y a la unidad de envasado. La figura muestra el proceso de fabricación del PVC.

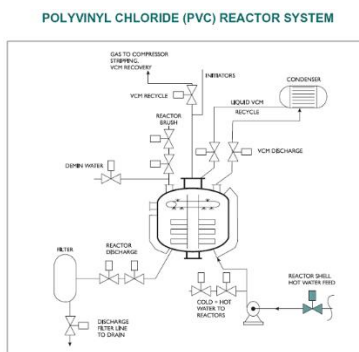


Figura 36. PVC Reactor System

Fuente: <http://www.pvc.org/en/p/the-pvc-production-process-explained>

Las resinas de PVC principalmente se pueden producir mediante cuatro procesos diferentes: Suspensión, emulsión, masa y solución.

Suspensión

Se obtienen homopolímeros y copolímeros con el proceso de suspensión además de ser el más empleado del total del mercado. El proceso se lleva a cabo en reactores de acero inoxidable por el método de cargas la tendencia es hacia reactores de 15,000 Kilogramos.

Los catalizadores clásicos son los peróxidos orgánicos. Este tipo de resinas tiene buenas propiedades eléctricas.

Emulsión

A través del proceso de emulsión se obtienen las resinas de pasta o dispersión, que se utilizan para la formulación de plastisoles. Las resinas de pasta pueden ser homopolímeros o copolímeros; también se producen látices. En este proceso se emplean agentes surfactantes derivados de alcoholes grasos, con objeto de lograr una mejor dispersión y como resultado un tamaño de partícula menor. Estos surfactantes tienen influencia determinante en las propiedades de absorción del plastisol.

La resina resultante no es tan clara ni tiene tan buena estabilidad como la de suspensión, pero tampoco sus aplicaciones requieren estas características.

Masa

La producción de resina de masa es un proceso continuo empleando catalizadores y agua, sin agentes de suspensión y emulsificantes, que origina una resina con buena estabilidad. El control del proceso es muy crítico y por consiguiente la calidad variable.

Solución

El proceso en solución conlleva la producción de resinas de muy alta calidad para ciertas especialidades, sin embargo, su volumen de mercado es bajo.

Dentro de la producción de resinas, tenemos varios procesos para modificar las propiedades de las mismas. La copolimerización es uno de ellos, y tiene por objeto obtener temperaturas de fusión menores, lo que es especialmente benéfico para procesos de inyección, soplado y compresión. Los terpolímeros de vinilo-acetato son especialmente adecuados sobre todo si se necesita resistencia al impacto.

Otro proceso de modificación de las propiedades de las resinas es el de post-cloración. Este consiste en la adición de cloro a la molécula de PVC, hasta un 66-68% de cloro. Este nivel de cloro adicional permite que se eleve la temperatura de distorsión de la resina, lo cual hace posible nuevas aplicaciones, principalmente conducir líquidos con temperaturas hasta de 80°C.

También existen los “composites” que son ligas que se hacen con objeto de mejorar las propiedades físicas del PVC, mezclándolo con fibra de vidrio o con fibras naturales como la seda, la lana o el algodón.

8.- Policarbonato

El policarbonato debe su nombre a los grupos carbonatos de su cadena principal. Se le conoce también como policarbonato de Bisfenol A ya que es elaborado a partir del Bisfenol A y fosgeno. Los policarbonatos son un grupo particular de termoplásticos que pueden ser trabajados, moldeados y termoreformados fácilmente, son ampliamente usados en la fabricación del “cristal a prueba de balas” por ser un material muy durable.

Su fórmula es:

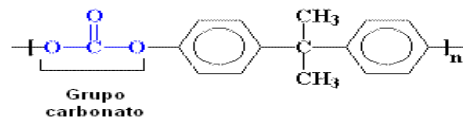


Figura 37. Fórmula condensada del policarbonato

Fuente: <http://www.quiminet.com/articulos/todo-sobre-el-policarbonato-pc-4422.htm>

El policarbonato de mayor uso se fabrica por polimerización de condensación entre bisfenol A y cloruro de carbonilo éter o carbonato de difenilo.

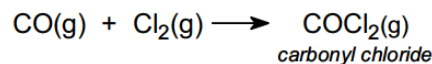


Figura 38. Producción de cloruro de carbonilo

Fuente: <http://guichon-valves.com/faqs/polycarbonate-pc-manufacturing-process-of-pc/>

El carbonato de difenilo se produce a partir de carbonato de dimetilo, que a menudo se hace a partir de metanol, oxígeno y monóxido de carbono en la fase líquida en presencia de una sal de cobre tal como cloruro de cobre (II):

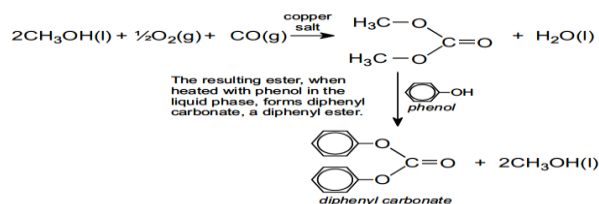


Figura 39. Producción de carbonato de dimetilo

Fuente: <http://www.essentialchemicalindustry.org/polymers/polycarbonates.html>

Una solución de bisfenol A en hidróxido de sodio es preparada y mezclada con una solución de cloruro de carbonilo en un disolvente orgánico. La polimerización tiene lugar en la interfaz entre las capas acuosa y orgánica con la ayuda de un catalizador (una amina).

El policarbonato se lleva a cabo en solución en la capa orgánica. Esta solución se escurre de la capa acuosa y se evapora, ya sea para formar gránulos de polímero o se añade etanol para precipitar el polímero sólido.

Sin embargo, una proporción creciente de los policarbonatos se realiza a través de carbonato de difenilo, con el fin de eliminar el uso de cloruro de carbonilo (gas venenoso).

EL PC puede ser obtenido en dos versiones:

- 1.- PC en planchas, que a su vez pueden ser:
 - 1.1.- Compacto
 - 1.2.- Celular o Alveolar
- 2.- PC en películas o films

Producción

Como se mencionó anteriormente, el policarbonato se obtiene a partir del Bisfenol A y fosgeno. El mecanismo comienza con la reacción del Bisfenol A con hidróxido de sodio para dar la sal sódica del Bisfenol A. La sal sódica de Bisfenol A reacciona con el fosgeno para producir el policarbonato.

El fosgeno ha sido severamente restringido en el mundo, por lo cual se ha trabajado para desarrollar procesos sin fosgeno.

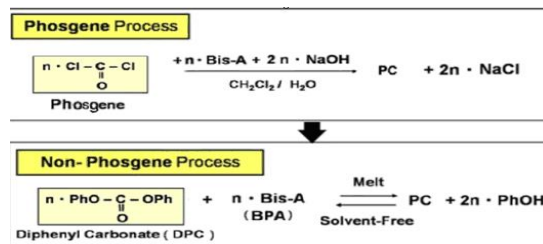


Figura 40. Vía de reacción para el policarbonato con y sin fosgeno.

Fuente: <http://pslc.ws/macrog/pcsyn.htm>

Métodos

Los diferentes productos de policarbonato pueden ser obtenidos por inyección, soplado y extrusión. La inyección se aplica a la fabricación de piezas con geometrías complejas o a elementos que necesiten una elevada transparencia.

El soplado es el método de fabricación utilizado para la obtención de botellas. También se producen por soplado los "films" de policarbonato.

Mientras que la extrusión se aplica a la fabricación de planchas de policarbonato celular y compacto.

Procesos

Con fosgeno- Para lograr la pureza requerida del monómero para el policarbonato de alta calidad etapas de limpieza adecuadas como la destilación, filtración y cristalización se deben considerar.

Las materias primas pre-calentadas se alimentan en forma líquida en una relación molar determinada en el reactor de trans-esterificación en el que se mezclan con un sistema catalizador apropiado y se calientan hasta la temperatura de trans-esterificación deseada. Durante la formación de cadenas de polímero escindido de fenol se inician. Después de la trans-esterificación han sido terminados las cadenas poliméricas cortas, los llamados oligómeros, se descargan y se alimentan al reactor de prepolicondensación I para la siguiente etapa de reacción. Usando temperaturas más altas y presión reducida se edifican moléculas de longitud de cadena media. De aquí en adelante el producto intermedio se transfiere al reactor de prepolicondensación II y posteriormente al reactor de policondensación final. La etapa prepolicondensación II y el reactor final están equipadas con el anillo de disco horizontal o captador en forma de agitador que están creando la superficie máxima requerida

para la transferencia de masa fácil y reacción química. El reactor de policondensación final se utiliza para lograr la longitud de cadena de polímero deseado y, por tanto, las propiedades deseadas del policarbonato.

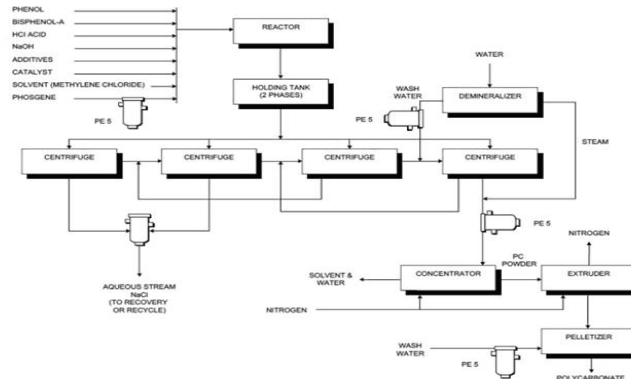


Figura 41. Proceso de producción del policarbonato usando fosgeno

Fuente: <http://guichon-valves.com/faqs/polycarbonate-pc-manufacturing-process-of-pc/>

Sin fosgeno- El policarbonato se utiliza en forma de láminas con dimensiones irregulares. Su superficie es rugosa y la densidad aparente presenta una media de 340 kg/m^3 . Tras el calentamiento, el material debe acondicionarse en un proceso continuo, con un caudal másico garantizado y en condiciones inertes. Un diagrama de flujo ilustra un proceso continuo. El producto se fluidifica cuidadosamente a través de un lecho fluidizado y se calienta rápidamente. Además, durante el proceso de fluidización, el producto se desempolva de forma eficaz. Por otra parte, a través de la cuidadosa fluidización pulsada, el producto pasa por una ligera fase adhesiva sin que puedan formarse aglomerados.

En una fase posterior tiene lugar el acondicionamiento, es decir, el producto se mantiene a una temperatura concreta durante un tiempo determinado (p. ej. $280 \text{ }^\circ\text{C}$) y atraviesa por gravedad el reactor de caudal de masa. El diseño especial del reactor impide que la presión de la columna de producto origine reticulaciones u otras estructuras incontrolables. En la contracorriente orientada hacia arriba, el gas procesado atraviesa el producto a granel, se descarga en la parte superior del reactor y se introduce en un circuito de depuración de gas de bajo consumo. En este circuito cerrado solo deben compensarse pérdidas mínimas de fuga como gas fresco. El producto refinado acabado podrá seguir procesándose posteriormente.

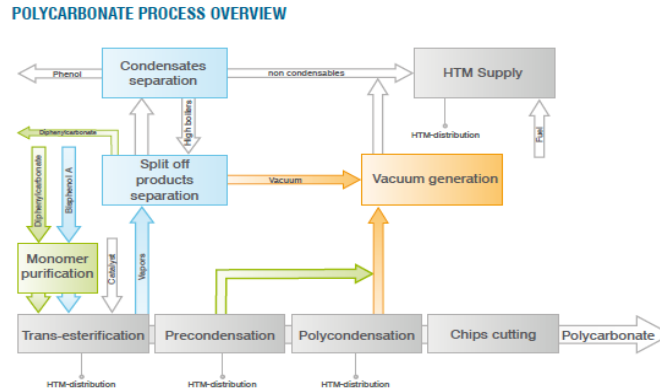


Figura 42. Producción del policarbonato sin usar fosgeno

Fuente: <http://patentados.com/patente/procedimiento-para-la-fabricacion-de-policarbonato/>

Las propiedades del policarbonato pueden ser modificadas utilizando distintos aditivos o realizando tratamientos superficiales, así que para conocer las propiedades de un material concreto hay que recurrir a las tablas que proporcionan los fabricantes.

9.- ABS

ABS es el nombre que se le da a una familia de termoplásticos. El acrónimo incluye a los tres monómeros utilizados para producirlo: acrilonitrilo, butadieno y estireno. Por estar constituido por tres monómeros diferentes se lo denomina terpolímero.

Los bloques de acrilonitrilo le otorgan rigidez, resistencia a ataques químicos y estabilidad a alta temperatura, así como dureza, los bloques de butadieno, proporcionan tenacidad a cualquier temperatura. Esto es especialmente interesante para ambientes fríos, en los cuales otros plásticos se vuelven quebradizos. El bloque de estireno aporta resistencia mecánica y rigidez. Esta mezcla de propiedades, llamada sinergia, indica que el producto final contiene mejores propiedades que la suma de ellos.

Al principio se fabricaba a través de la mezcla mecánica de los ingredientes secos, o la mezcla del látex de un caucho basado en butadieno y la resina del copolímero acrilonitrilo-estireno.

Para mejorar sus propiedades se fueron incorporando modificaciones en el proceso. El más exitoso de estos consistió en la polimerización del acrilonitrilo-estireno en presencia del caucho. El caucho en un principio tenía un alto contenido en acrilonitrilo y fueron

reemplazados por otros con bajo contenido como el polibutadieno, el caucho natural, el caucho estireno butadieno y elastómeros acrílicos.

Actualmente el ABS es producido por medio de la polimerización del estireno y el acrilonitrilo en presencia de polibutadieno, quedando como producto una estructura de polibutadieno, conteniendo cadenas de SAN (estireno acrilonitrilo) injertados en él.

Estructura del ABS

La estructura del ABS es una mezcla de un copolímero vítreo (estireno- acrilonitrilo) y un compuesto elástico principalmente el polímero de butadieno. La estructura con la fase elastómera del polibutadieno (forma de burbujas) inmersa en una dura y rígida matriz SAN.

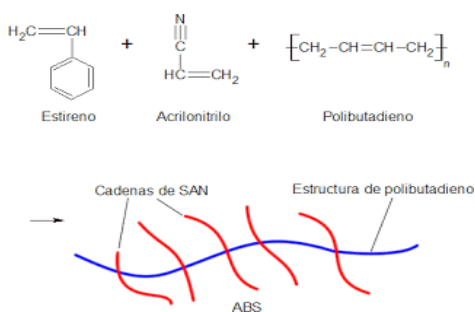


Figura 43. Estructura del ABS

Fuente: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/06/abs.html>

El ABS es más fuerte que el poliestireno gracias a los grupos nitrilo. Estos son muy polares, por lo cual se atraen mutuamente permitiendo que las cargas opuestas de los grupos nitrilo puedan estabilizarse.

Componentes del ABS

Poliacrilonitrilo

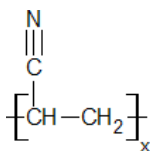


Figura 44. Estructura del poliacrilonitrilo

Fuente: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/06/abs.html>

El acrilonitrilo es producido por un método desarrollado en fase vapor en el que se produce la oxidación del propileno y amoníaco con catalizadores.

El proceso comercial utiliza un reactor de lecho fluido en el cual el propileno, el amoníaco y el aire se ponen en contacto con un catalizador sólido.

Polibutadieno

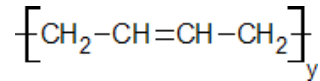


Figura 45. Estructura del polibutadieno.

Fuente: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/06/abs.html>

El butadieno es producido principalmente como un subproducto en el vapor del cracking de hidrocarburos para producir etileno.

Poliestireno

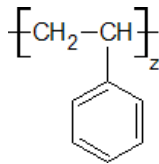


Figura 46. Estructura del poliestireno

Fuente: <http://materialesplasticos2012jorgeaaf.blogspot.mx/2012/10/juguetes-lego.html>

La manufactura del Estireno se realiza principalmente por el método de la deshidrogenación del etilbenceno.

La deshidrogenación del etilbenceno a estireno toma lugar con un catalizador de óxido de hierro y otro de óxido de potasio, en un reactor de lecho fijo a una temperatura entre 550 – 680 °C en presencia de vapor y a baja presión (0.41 Ata), dado que bajas presiones favorecen el avance de la reacción.

Producción

Hay tres procesos comerciales para la manufactura del ABS:

- Emulsión
- Masa
- Suspensión – masa

Las propiedades físicas del plástico ABS varía con el método de manufactura, pero varía más con la composición. En general el proceso por emulsión se usa para hacer materiales de resistencias de alto impacto y el proceso de masa es preferido para materiales con menos resistencia al impacto.

Procesos

Emulsión

El proceso de polimerización en emulsión involucra dos pasos. Se produce un látex de caucho y luego se polimeriza el estireno y el acrilonitrilo en presencia del caucho para producir un látex de ABS. Este látex luego es procesado para aislar a la resina ABS.

El látex de caucho es usualmente producido en reactores en batch. El caucho puede ser polibutadieno o un copolímero de 1,3-butadieno y acrilonitrilo o estireno. El látex normalmente tiene contenido un 30-50% de polímero y el resto principalmente es agua.

Los reactores para obtener polibutadieno pueden ser de acero inoxidable o de acero vidriado. La velocidad de reacción es limitada por la capacidad del encamisado de refrigeración para extraer calor y la reacción dura entre 12 y 24 horas.

En la figura se representa un proceso para obtener ABS en el cual el látex de caucho se forma a partir de polibutadieno.

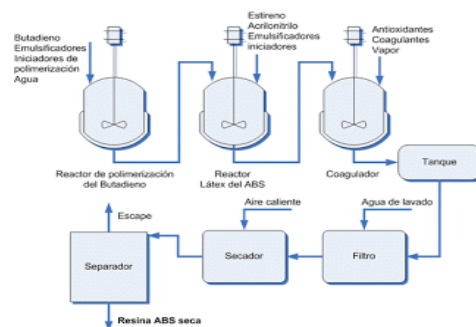


Figura 47. Proceso de obtención de polibutadieno emulsionado.

Fuente: <http://www.textoscientificos.com/polimeros/abs/obtencion>

Luego de producido el látex, es sujeto a una posterior polimerización en presencia de los monómeros de estireno y acrilonitrilo para producir el látex de ABS. Este puede ser producido en batch, semicontinuo o en reactores continuos.

El polímero ABS es recuperado a través de la coagulación del látex ABS. La coagulación es usualmente lograda por la adición de un agente (CaCl_2 , NaCl , H_2SO_4) al látex que desestabiliza la emulsión. La coagulación se hace a elevadas temperaturas ($80-100^\circ\text{C}$). La pasta es luego desaguada por filtración o centrifugación. La resina húmeda es secada para obtener una en bajo contenido en humedad.

Las ventajas del proceso de emulsión son la capacidad de producir ABS con un amplio rango de composiciones, especialmente con mayores contenidos en caucho que las que se puede lograr con otros métodos. La mezcla de los componentes y la transferencia del calor de reacción en una polimerización en emulsión es lograda con mayor facilidad debido a la baja viscosidad y las buenas propiedades térmicas del agua.

Los requerimientos de energía son generalmente más grandes que para otros procesos debido a la energía usada para la recuperación del polímero.

Masa

En el proceso de masa ABS la polimerización es conducida más que en agua en un monómero. Este proceso consiste en una serie de dos o más reactores continuos en el cual el caucho es usado comúnmente como una solución polimerizada de polibutadieno lineal, aunque algunos procesos de masa utilizan ABS con un alto contenido en caucho.

Si un caucho lineal es usado como alimentación para el proceso de masa, el caucho se vuelve insoluble en la mezcla de monómeros y el copolímero SAN (estireno-acrilonitrilo) que se forma en los reactores; este caucho que no solubiliza forma partículas discretas de caucho. Esto se llama inversión de fase porque se parte de una fase continua de caucho para pasar a una fase continua de SAN con partículas discretas de caucho inmersas en la matriz SAN. El injerto del SAN en las partículas de caucho ocurre como en el proceso de emulsión. Típicamente el proceso masa produce partículas más grandes (0.5 a 5 mm) que aquellas basadas en el proceso en emulsión (0.1 a 1 mm).

El recipiente de reacción incluye iniciadores de polimerización, agentes de cadena y otros aditivos.

La mezcla de monómeros de acrilonitrilo y estireno en presencia del polibutadieno es polimerizada a través de un cambio de fase hasta aproximadamente un 30% de conversión bajo suficientes condiciones de corte para prevenir el entrecruzamiento del caucho.

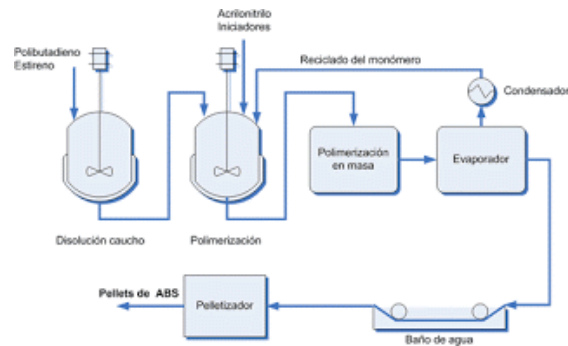


Figura 48. Proceso de obtención del policarbonato (masa).

Fuente: <http://www.textoscientificos.com/polimeros/abs/obtencion>

El jarabe prepolimerizado es bombeado a un polimerizador en masa donde la conversión es llevada hasta un 50 u 80%. Los polimerizadores en masa son operados continuamente a 120-180° C con tiempo de residencia de 1 – 5 h. El calor de polimerización es removido por evaporación, transferencia de calor a través de las paredes del reactor y calentamiento del monómero que va a ser cargado. Los vapores son condensados, reciclados y alimentan la corriente de monómeros que son cargados. Después de la reacción el polímero es bombeado a un evaporador donde los monómeros que no reaccionaron son removidos bajo aspiración a temperaturas de 150° C. Normalmente cerca del 5-30% de la corriente de alimentación es removida por no reaccionar y reciclada. El producto resultante es resina ABS y es luego pelletizada.

El proceso de masa ABS fue originalmente adaptado del proceso para obtener poliestireno. Este proceso tiene dos ventajas inherentes sobre la polimerización por suspensión y por emulsión. Una es que el agua residual de tratamiento es mínima y otra es el ahorro de energía por evitar la etapa de separación y secado de la resina del agua de proceso. Generalmente es más eficiente a modificaciones por impacto que el realizado por emulsión, sin embargo, la cantidad de caucho que se puede incorporar está limitada por limitaciones del proceso respecto a la viscosidad.

Suspensión

El proceso de suspensión utiliza una reacción en masa para producir una mezcla en la que hay material parcialmente convertido en polímero y monómeros y luego emplea una técnica de reacción en suspensión para completar la polimerización. Este es un proceso de tipo batch.. Se usa un caucho lineal, y las partículas de caucho que se forman durante la inversión de fase

son similares. Cuando la conversión del de los monómeros es aproximadamente de un 15 a un 30%, la mezcla de polímeros y monómeros que no reaccionaron son suspendidos en agua con la introducción de un agente de suspensión. La reacción es continuada hasta que un gran grado de conversión de monómeros es alcanzado.

Un proceso híbrido de emulsión / masa también se ha desarrollado. Combina las características del proceso de emulsión, que forma látex de polibutadieno e injertos de estireno y acrilonitrilo, y el proceso en masa, que hace el componente de estireno acrilonitrilo.

10.- SBR

El Caucho Estireno Butadieno más conocido como caucho SBR es un copolímero del Estireno y el 1,3-Butadieno.

Este es el caucho sintético más utilizado a nivel mundial, se usa principalmente en cubiertas de automóviles livianos, puro o mezclado con goma natural.

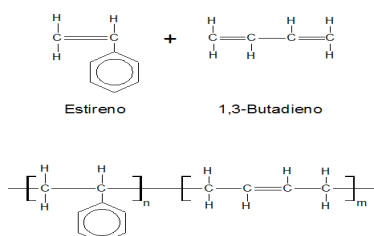


Figura 49. Estructura del SBR.

Fuente: <http://www.textoscientificos.com/caucho/sbr>

El SBR puede ser procesado en los mismos equipos y usando el mismo método que el Caucho Natural. La primera diferencia radica en que el SBR requiere menos masticación inicial para un adecuado procesamiento posterior de modo que permiten un mayor rendimiento del equipo de mezclado. En cambio, requieren algo más de potencia y generan más calor durante el mezclado. Dado que su viscosidad es más constante y menos sensible a la masticación mecánica, permiten establecer condiciones de trabajo normalizadas con menor riesgo de variación incluso frente a desviaciones del procesamiento.

Otra diferencia entre el SBR y el Caucho Natural es el menor nivel de pegajosidad en crudo del SBR.

Debido a su mayor capacidad de carga, los SBR pueden mezclarse con secuencia invertida en menor tiempo y con óptima dispersión de mezclado, además sus propiedades de extrusión son superiores a las del caucho natural por tener menor tendencia a la prevulcanización.

Métodos de Producción de las materias primas

Obtención del Butadieno

Se obtiene principalmente a partir de los gases del petróleo según diferentes procesos.

- El primero se basa en el cracking térmico del petróleo, aumentando la temperatura y disminuyendo la presión de manera de mejorar el rendimiento de Butadieno como producto.
- El más utilizado en la actualidad, se fundamenta en la deshidrogenación catalítica del Butano o del Butileno.

En ambos casos el producto obtenido a de purificarse a través del agregado de un agente de eliminación que forma una mezcla de ebullición constante con el Butadieno disminuyendo la volatilidad de este último respecto de sus impurezas. Este método permite obtener un producto con un 99% de pureza. No obstante, la extracción por disolvente parece ser el método con mejor rendimiento. El disolvente utilizado en esta técnica es el furfural.

- Es posible también, obtener Butadieno a partir de alcohol etílico por medio de la conversión catalítica:

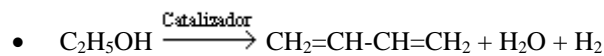


Figura 50. Butadieno a partir de alcohol etílico.

Fuente: <http://www.textoscientificos.com/caucho/sbr>

- El proceso europeo utiliza acetaldehído como materia prima.
- El proceso americano fabrica butadieno partiendo de alcohol etílico.

Obtención del Estireno

Conocido también como vinilbenceno, es preparado a partir del benceno y acetileno mediante la reacción de Friedel-Crafts.

El etilbenceno obtenido se deshidrogena por su mezcla con vapor a 800 °C , en presencia de un catalizador de bauxita:

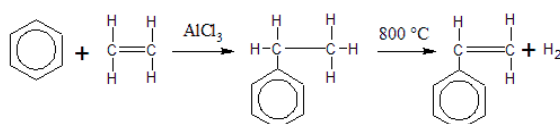


Figura 51. Obtención de estireno a partir de benceno y acetileno mediante la reacción Friedel-Crafts.

Fuente: <http://www.textoscientificos.com/caucho/sbr/produccion>

Métodos de Producción del Caucho SBR

Las proporciones respectivas de butadieno y estireno en el copolímero son de aproximadamente 75 y 25% en peso para un caucho SBR Sintético. Este tipo de goma es fabricado mediante dos tipos de procesos industriales:

- Procesos en los cuales la polimerización se lleva a cabo por medio de radicales libres en emulsión en agua y a baja temperatura (polimerización en emulsión en frío).
- Procesos de polimerización en solución aniónica.

Procesos de Emulsión en Frío

Esta es la técnica más usada, y representa el 90% de la capacidad de producción mundial.

Todos los procesos son continuos y generalmente están altamente automatizados.

Cada instalación posee cuatro secciones:

- Preparación de reactivos
- Polimerización.
- Recuperación de monómeros.
- Coagulación y secado de goma.

Preparación de reactivos

Los monómeros son tratados con sosa cáustica en tanques agitados para remover los inhibidores de polimerización usados para el transporte y almacenamiento de monómeros. A continuación, los efluentes son lavados con agua para remover cualquier vestigio de cáustica. Los dos monómeros, parte de los cuales representa la corriente de reciclaje luego de la reacción, son mezclados en proporciones en peso de butadieno/estireno de 3 a 1.

Se usan tanques para preparar las diferentes emulsiones y soluciones requeridas para las secciones de reacción o bien de acabado del producto.

Solución de jabón

Este es usado como provisión emulsificadora. Su composición depende del tipo de producto final deseado. Usualmente es una solución de jabón de ácidos grasos o sales ácidas carboxílicas, tales como ácido versático o ácido benzoico.

Iniciador

Todos los procesos usan sistemas redox. Como agente reductor frecuentemente se utiliza sulfoxilato de sodio. El agente oxidante es hidroperóxido de cumeno o, preferentemente, hidroperóxido de paramentano, que permite velocidades de reacción mayores, dada su capacidad para descomponerse rápidamente. El quelatante es sulfato ferroso.

Terminación abrupta

En la mayoría de los casos, la conversión de monómeros es menor del 65%, dado que la elevada conversión causa una transformación parcial del polímero en gel. Para garantizar una calidad uniforme del producto, la reacción se detiene apenas se alcanza la conversión deseada. Se usan varios inhibidores en solución, tales como dimetilditiocarbamato de sodio.

Estabilizadores

Estos son emulsiones que se agregan al látex antes de la coagulación para prevenir la degradación por oxidación y el entrecruzamiento del polímero durante las operaciones de acabado y almacenamiento.

Coagulantes

La polimerización genera un látex, es decir una masa viscosa en emulsión. Si se desea un elastómero sólido, el látex debe ser coagulado mediante el agregado de sustancias químicas.

Reguladores del peso molecular

El peso molecular del producto final se regula mediante mercaptanos como dodecil mercaptano.

Reacción de polimerización

La reacción transcurre en una serie de reactores agitados, a una temperatura de 5°C y una presión de 1 a 4 bares para mantener el butadieno en estado líquido. El tiempo de polimerización es de 10h.

Cada reactor, con una capacidad de 15 a 20 m³, se mantiene en una atmósfera inerte para evitar cualquier entrecruzamiento. Estos reactores cuentan con una camisa externa, y están equipados con una bomba de circulación de salmuera fría (amoníaco).

La emulsión pasa a través de cada reactor en flujo ascendente durante 1 h antes de pasar al reactor siguiente. Por lo tanto, para la conversión total del 60%, la conversión de monómero por reactor deberá ser del 6%.

Se introduce una solución de dodecil mercaptano en el reactor final para detener la polimerización. Se usa un aditivo como hidrazina o un derivado de la hidroxilamina para evitar la formación de espuma cuando el látex es calentado.

El látex se bombea a un tanque de amortiguamiento mantenido a una presión de 4 bares a 50°C por inyección abierta de vapor.

Recuperación de monómeros

El 40% de los monómeros no reaccionante debe ser recuperado y a continuación, reciclado. El butadieno es vaporizado en dos tanques de acción rápida en serie.

Los últimos restos de butadieno son removidos por medio de una bomba de vacío. Este es enfriado, recomprimido, y luego enviado a un decantador, donde se separa del agua. A continuación, es bombeado a un tanque de almacenamiento en presencia de un inhibidor.

El látex libre de butadieno es bombeado a una columna de bandejas en la base de la cual se inyecta vapor (5 bares) para desalojar el monómero de estireno. Este es enfriado y enviado a un tanque de decantación. Luego es bombeado al tanque de almacenamiento.

Coagulación y secado

El látex que abandona el fondo de la columna es enfriado y luego almacenado en tanques de homogeneización. El antioxidante N-fenil alfa-naftilamina se agrega al látex, el que entonces se coagula por el agregado sucesivo de sal y ácido sulfúrico diluido. Rompiendo la emulsión, el ácido permite al copolímero precipitar en forma de migajas, las que se enjuagan con agua para remover impurezas inorgánicas.

A continuación el polímero, que contiene aproximadamente 50% de agua, es secado (horno de túnel) y prensado en forma de fardos de 40 kg .

Proceso de Emulsión en Frío

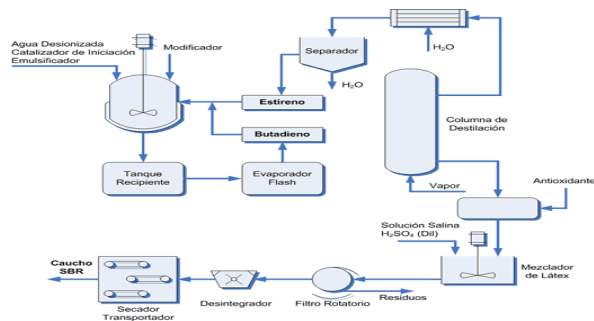


Figura 52. Proceso de emulsión en frío para la obtención de SBR.

Fuente: <http://www.iisrp.com/WebPolymers/09E-SBRPolymerSummaryJuly16.pdf>

Proceso de polimerización en solución

Estos procesos representan el 10% de la capacidad mundial, y se usan en algunos países además del proceso de emulsión. El método de solución ofrece la ventaja de una gran flexibilidad, dado que permite la producción de SBR o polibutadieno mediante el uso de iniciadores con base de litio.

Los puntos clave son:

1. El iniciador es butilo de litio.
2. El solvente es un hidrocarburo como el hexano. La proporción de pesos solvente/monómero es de 8. Esto produce un polímero más viscoso hacia el final de la reacción, en tanto que asegura adecuada agitación del reactor y una buena transferencia de calor.
3. Los reactores son de acero vitrificado, encamisados y equipados con un agitador de turbina.
4. La reacción de polimerización tiene lugar a 1,5 bares y 50°C. El tiempo de la reacción es de 4h para una conversión de un 98%.
5. El sistema de purificación por remoción por golpe y vapor debería servir para obtener el máximo de recuperación de hexano, y concentrar la pasta.
6. Las operaciones de acabado son las mismas que aquellas descritas para el caso del proceso de emulsión.

11.- Poliepóxido

Las resinas epoxi o poliepóxidos, son una clase de prepolímeros reactivos y polímeros que contienen al menos un grupo epóxido. Las resinas se pueden hacer reaccionar incluso entre

ellas través de homopolimerización catalítica, o con una amplia variedad de co-reactivos incluyendo aminas polifuncionales, ácidos y anhídridos ácidos, fenoles, alcoholes y tioles.

El co-reactante es a menudo llamado endurecedor o curativo, y la reacción de entrecruzamiento se conoce comúnmente como el curado. Los poliepóxidos termoendurecibles son conocidos por tener buenas propiedades mecánicas, y alta resistencia química y a altas temperaturas. Sin embargo, cuando se curan con un agente de curado, las propiedades mecánicas también dependen de la relación curativo-poliepóxido.

Para alcanzar las propiedades óptimas de rendimiento, las resinas epoxi se curan típicamente con cantidades estequiométricas o casi estequiométricas de curativo. Al igual que con otras clases de materiales de polímero termoestable, mezclando diferentes grados de resina epoxi, así como el uso de aditivos, plastificantes o cargas es común para lograr el procesamiento y / o propiedades finales deseadas, o para reducir el costo.

Un criterio importante para resinas epoxi es el contenido de epóxido. El contenido de epóxido se expresa comúnmente como el peso equivalente, que es el peso de resina que contiene 1 equivalente molar de epóxido (g / mol). El peso equivalente se usa para calcular la cantidad de co-reactivo (endurecedor) a utilizar en el curado de las resinas epoxi. Para el cálculo de la relación de mezcla adecuada, es necesaria la siguiente información:

AHEW = peso equivalente de hidrógeno de amina
PEE = peso equivalente de epóxido

La relación de mezcla estequiométrica o las partes en peso de agente de curado por 100 partes de resina epoxi (phr) está dada por:

$$\text{Phr} = \text{AHEW} / \text{EEW} \times 100$$

Compuestos Epóxi

El compuesto epoxi más común e importante es el diglicidil éter de bisfenol A, que se forma a partir de la reacción de epíclorhidrina con bisfenol A. Los grados industriales normalmente

contienen alguna distribución de peso molecular, ya que puro DGEBA muestra una fuerte tendencia a formar un sólido cristalino durante el almacenamiento a temperatura ambiente. Si exactamente dos moles de epiclorhidrina se hacen reaccionar con un mol de bisfenol A, el producto es el bisfenol A diglicidil éter, comúnmente abreviado a DGEBA. El aumento de la proporción de bisfenol A a epiclorhidrina durante la síntesis produce poliéteres lineales de alto peso molecular con grupos terminales de glicidilo, que son materiales semi-sólidos a cristalinos duros a temperatura ambiente en función del peso molecular conseguido.

Los policondensados de muy alto peso molecular de 30 000 a 70 000 g / mol son conocidos como resinas fenoxi y virtualmente no contienen grupos epóxido. Estas resinas no obstante contienen grupos hidroxilo a lo largo de la columna vertebral, que también pueden someterse a reacciones de entrecruzamiento, es decir, que pueden reaccionar con isocianatos, etc.

Agentes de curado

La clase más importante de agentes de curado son aminas primarias y secundarias. Se someten a una reacción de adición con los grupos epóxido para formar grupos hidroxilo y aminas secundarias / terciarias. La reactividad de las aminas primarias es aproximadamente el doble que la de las aminas secundarias. Agentes de curado típicos son poliaminas aromáticas y alifáticas, como dietilentriamina (DETA), trietilentetramina (TETA), tetraetilenpentamina (TEPA), por nombrar sólo unas pocas. La reactividad disminuye en el orden de aminas alifáticas > aminas cicloalifáticas > aminas aromáticas. La resistencia a la temperatura generalmente se incrementa en el mismo orden, porque las aminas aromáticas forman estructuras mucho más rígidas que las aminas alifáticas, que son menos susceptibles a la oxidación. Las resinas epoxi curadas con aminas aromáticas tienen excelentes propiedades.

Otra clase importante de agentes de curado son anhídridos. Estos agentes de curado curan mucho más lento que las aminas y amidas. Por esta razón, la mezcla de amina-epoxi generalmente se cura a temperaturas elevadas. La reacción se produce después de la apertura del anillo del anhídrido por grupos hidroxilo secundarios en la resina epoxi.

Una tercera clase de agentes de curado son los tioles (mercaptanos) que reaccionan rápidamente con el epoxi. Para aplicaciones más exigentes, se añaden endurecedores (reactivo) de goma (ATBN, CTBN) a la mezcla.

Las resinas epoxi suelen utilizarse como adhesivos y materiales estructurales, por ejemplo, el epoxietano y su presentación para comercialización viene en una amplia gama, desde líquidos de baja viscosidad hasta sólidos de alto punto de fusión y polvos.

Tiempo de curado

Puede variar de pocos minutos a varios días.

- Se puede acelerar el curado mediante el incremento de la temperatura.
- El calor produce un efecto sobre el grado de reticulación del polímero (se aumenta el número de enlaces químicos) y aumenta directamente la resistencia del adhesivo.

Adhesivos Epóxi

Son adhesivos reactivos bicomponentes que fraguan por reacción química entre una resina epóxi y un endurecedor, al mezclarse los dos componentes. Los adhesivos epóxi se caracterizan por poseer excelente resistencia a los agentes químicos, al calor y a la humedad, además de gran resistencia a rotura en tracción y cizalla.

Los adhesivos de Epoxi se clasifican en 2 grupos:

- Adhesivos Epoxi de 2 componentes (Epoxi 2C)
- Adhesivos Epoxi de 1 componente (Epoxi 1C)

Componentes

- Adhesivos epoxi 1C

Resina – Di epóxido o poli epóxido.

Endurecedor – Poliaminas, mercaptanos, resinas fenólicas.

- Adhesivos epoxi 2 C

Componente A: Resina – Di epóxido o poli epóxido

Componente B: Endurecedor – Poliaminas o mercaptanos

Características

Adhesivos epoxis de un componente:

- Necesita un aporte de calor para que el endurecedor se active.
- Algunos tienen la capacidad de absorber aceites.

Características mecánicas:

- Gran resistencia a esfuerzos, tensiones o cargas, sobre 35 Mpa.
- Poca elongación hasta la fractura, sobre un 10%.

Características químicas:

- Buena resistencia a los efectos químicos y físicos
- Alta resistencia a la temperatura
- Tendencia a absorber humedad
- Pueden absorber aceites

Adhesivos epoxi dos componentes

Características mecánicas:

- Gran resistencia a esfuerzos, tensiones o cargas, sobre 30 Mpa
- Poca elongación hasta la fractura, sobre un 10%
- La resistencia a la tracción puede llegar a superar los 350 kg/cm²

Características químicas:

- Alta resistencia a los agentes físicos y químicos.
- Alta resistencia a la temperatura
- Tendencia a absorber humedad
- Buena adhesión al aluminio, acero y muchos plásticos.

Resinas epóxi para fabricación de materiales compuestos

Se trata de la mezcla de resinas epóxi con fibras, comúnmente fibra de vidrio o de carbono, esta mezcla se usa tanto en la fabricación de moldes como de piezas maestras, laminados, extrusiones y otras ayudas a la producción industrial. Los resultados son más baratos,

resistentes y rápidos de producir que los hechos de madera, metal, plástico, etc.

Aplicaciones

Dependiendo del peso molecular, las resinas epoxis tienen una amplia gama de aplicaciones, incluyendo recubrimientos de metal, electrónica / componentes eléctricos, como compuestos de encapsulación, materiales termo-interfaz, y aisladores eléctricos de alta tensión.

También encuentran usos en plásticos reforzados con fibras y adhesivos estructurales. Debido a su excelente rendimiento y resistencia a la corrosión, son ampliamente utilizados en la industria automovilística y aeronáutica como adhesivos resistentes a los choques.

12.- PVDF

El fluoruro de polivinilideno, polifluoruro de vinilideno o polivinilideno fluoruro (PVDF: Polyvinylidene fluoride) es un fluoropolímero termoplástico.

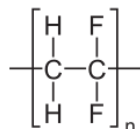


Figura 53. Fórmula química del PVDF

Fuente: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/08/polifluoruro-de-vinilideno-pvdf.html>

Más específicamente el PVDF es un material plástico especial en la familia de los fluoropolímeros, que se utiliza generalmente en aplicaciones que requieren la más alta pureza, fuerza y resistencia a los solventes, ácidos, bases, generación de calor y baja emisión de humos durante un evento de fuego.

Síntesis

El PVDF se sintetiza por medio de una polimerización por radicales libres del monómero fluoruro de vinilideno



Figura 54. Polimerización por radicales libres del monómero fluoruro de vinilideno para la obtención de PVDF

Fuente: http://www.plasticos-mecanizables.com/plasticos_pvdf.html

Esto puede ser seguido por procesos como la fusión, o procesado desde una solución. Las películas Langmuir-Blodgett (LB) se han hecho por medio de disolventes. En el caso de los tratamientos basados en solución, los típicos disolventes utilizados son dimetilformamida (DMF), así como los más volátiles butanona (MEK: metil etil cetona). En la polimerización en emulsión acuosa, el ácido perfluorononanoico se utiliza en forma de anión como ayuda a la transformación de monómeros de solubilización.

Los materiales procesados generalmente están en la fase alfa no piezoeléctrico. El material debe ser estirado para obtener la fase beta piezoeléctrico. La excepción a esto es para películas delgadas de PVDF. Las tensiones residuales entre películas delgadas y los sustratos en los que se tratan son lo suficientemente grandes para causar la forma en fase Beta.

Con el fin de obtener una respuesta piezoeléctrica, el material debe ser polarizado en un gran campo eléctrico. La polarización del material por lo general requiere un campo externo igual o mayor a 30 MV/m. Películas gruesas, mayores a 100 micrómetros, se deben calentar durante el proceso de polarización a fin de lograr una respuesta piezoeléctrica elevada.

Los copolímeros de PVDF también se utilizan en aplicaciones piezoeléctricas y electrodinámicas. Uno de los copolímeros más comúnmente utilizado es P (VDF-TrFE), otro es el P (VDF-TFE), copolímero de fluoruro de vinilideno-tetrafluoroetileno. Estos mejoran la respuesta piezoeléctrica por la mejora de la cristalinidad del material.

Mientras que las unidades estructurales de los copolímeros son menos polares que el del PVDF puro, los copolímeros suelen tener una cristalinidad muy superior. Esto se traduce en una mayor respuesta piezoeléctrica.

Su insolubilidad y propiedades eléctricas altamente deseables son el resultado de la polaridad de los grupos CH₂ y CF₂ alternantes en la cadena polimérica. Se trata de un material muy resistente, el PVDF puede ser utilizado a temperaturas desde -80 a 300 °F (-62 a 149 °C). No presenta oxidación ni degradación térmica durante la exposición continua a 300 °F (149 °C) y está disponible en formas moldeadas hechas a medida.

Resinas PVDF

Las resinas de PVDF se ofrecen como grana para un procesamiento sencillo en compuestos, moldeo y extrusión como polímeros termoplásticos y como polvo fino para fabricar soluciones, aditivos de ayuda al procesamiento y rotomoldeo.

Aditivos

Los aditivos basados en PVDF están diseñados para ayudar en los procesos de extrusión de las resinas termoplásticas. Se puede usar el PPA PVDF en películas sopladas, películas moldeadas, moldeo por soplado, revestimientos de cables, extrusión de tuberías y procesados de fibra extruida.

Fases cristalinas

Los investigadores han identificado al menos cuatro fases cristalinas diferentes para los polímeros de PVDF. Mediante el estudio de los mecanismos y las condiciones bajo las cuales se forman estas estructuras cristalinas, se ha adquirido visión en la formación de estructuras cristalinas en una gama de otros polímeros.

Las cuatro fases cristalinas se denominan de forma diferente dependiendo de los autores, pero el esquema de denominación más común es α , β , γ , y δ . Las fases α y β predominantes. A temperatura ambiente coexisten tanto la fase α como la fase β , siendo esta última polar y responsable de las características ferroeléctricas en el PVDF.

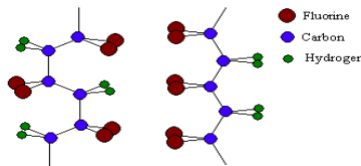


Figure 1.1 Structure of α -PVDF (left) and β -PVDF (right)

Figura 55. Estructura de las fases cristalinas α y β del PVDF.

Fuente: <http://www.plasticsintl.com/pvdf.htm>

Fabricación

Se usa un reactor fabricado en acero inoxidable y diseñado que soporte hasta 1000 atmósferas que es lavado con nitrógeno puro libre de oxígeno, y cargado con agua destilada desoxigenada y 0,1 partes de peróxido de benzoilo. El agua ocupa aproximadamente un cuarto del volumen interno total. El reactor debe tener una válvula de entrada y un termopar además de usar una junta de aluminio en el punto de cierre. El nitrógeno se elimina por evacuación presión constante, y se añaden 40 partes de fluoruro de vinilideno. El reactor es colocado en un mecanismo de movimiento alternativo diseñado para producir una agitación vigorosa, y es provisto de dispositivos de calentamiento y enfriamiento externos que pueden ser operados de forma manual y automáticamente mediante registro de la temperatura del instrumento de control que está conectado con el termopar. La válvula de entrada está abierta a un sistema lleno de agua que consta de líneas de conexión flexibles, un medidor de presión, y un conjunto de 4 discos de ruptura construido para activarse a una presión ligeramente superior a 1000 atmósferas.

Con agitación y calentamiento, y cuando la temperatura interna alcanza el valor deseado la presión interna se eleva a 790 atmósferas. A medida que la polimerización tiene lugar, la presión en el sistema de reacción puede fallar, y el agua adicional será inyectada tan a menudo como sea necesario para mantener la presión dentro del rango de 800 a 955 atmósferas. Durante 10,5 horas bajo las condiciones de reacción, hay una caída de presión total observada de 315 atmósferas. Al finalizar este tiempo, la presión ya no presentara disminuciones, lo que indica que el catalizador está agotado y se completa la reacción. El reactor es enfriado, la porción sin reaccionar del fluoruro de vinilideno es purgada y el agua

y el fluoruro de polivinilideno se descargan del reactor. El fluoruro de polivinilideno obtenido se lava con agua y se seca en vacío.

El fluoruro de polivinilideno obtenido puede ser orientado y estirado en frío a un alargamiento de aproximadamente 400%. Este polímero obtenido es soluble en isooctano, tolueno, xileno, metanol, cloroformo, y tetracloruro de carbono. Puede ser disuelto en ciclohexanona caliente, dimetilformamida, y un número de otros disolventes y mezclas de disolventes para dar soluciones de alta viscosidad.

Usos

El PVDF puede ser inyectado, moldeado o soldado y se utiliza comúnmente en la industria química, los semiconductores, automotriz, médica y de defensa, así como en las baterías de iones de litio. También está disponible como una espuma de célula cerrada reticulada, que se utiliza cada vez más en la aviación y en la fabricación de componentes automotrices, así como en aplicaciones aeroespaciales.

13.- Mezcla PBT/PET

PBT

El polibutileno tereftalato (PBT) o polibutilen tereftalato es un polímero termoplástico que se utiliza ampliamente como aislante eléctrico. Se trata de un polímero termoplástico (semi) cristalino. El PBT es resistente a los disolventes, se encoge muy poco durante el formado, es mecánicamente fuerte, resistente al calor hasta 150°C y puede ser tratado con retardantes de llama para que sea incombustible.

El PBT presenta una estructura similar a la del [PET](#), con la diferencia de presentar un grupo butileno en lugar de etileno.

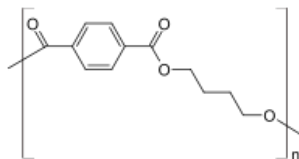


Figura 56. Estructura química del PBT.

Fuente: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/12/pbt.html>

Síntesis

El PBT se sintetiza a partir de un butanodiol (1,4-buten glicol) y DMT o PTA (dimetiltereftalato o ácido tereftálico respectivamente) mediante esterificación y posterior policondensación.

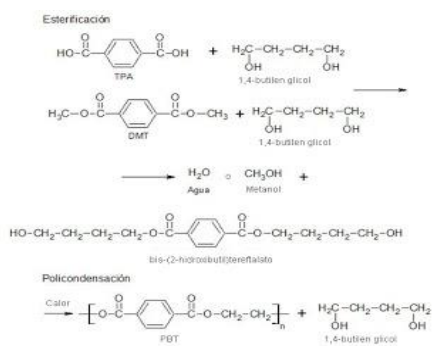


Figura 57. Síntesis del PBT

Fuente: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/12/pbt.html>

En la reacción de esterificación, se elimina agua en el proceso del TPA y metanol en el proceso del DMT.

La reacción de policondensación se facilita mediante catalizadores y elevadas temperaturas.

Aplicación

Se utiliza ampliamente en la electrónica (carcasas de productos electrónicos, interruptores, capacitores, disyuntores, etc.), recubrimiento de fibra óptica, industria automotriz (moldura de los faros del coche, limpiaparabrisas, espejos retrovisores, conectores en general, pulsadores, etc.) y elaboración de masterbatch, fibras, láminas, entre otros usos y productos.

PET

El PET es un tipo de materia prima plástica derivada del petróleo, correspondiendo su fórmula a la de un poliéster aromático.

Su denominación técnica es polietilen tereftalato o politereftalato de etileno y forma parte de los termoplásticos.

Producción del PET

El dimetilbenceno, conocido comúnmente como xileno, es un importante químico industrial. Ellos son utilizados en la manufactura de tintas, la producción de ácido benzoico y entre otros el ácido tereftalático puro (PTA). Se trata de líquidos incoloros e inflamables con un característico olor parecido al tolueno.

Tipos de xileno

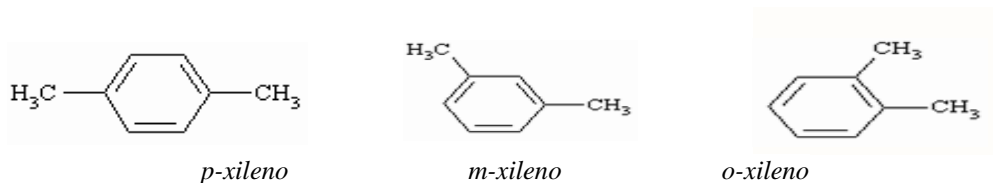


Figura 58. Tipos de xileno

Fuente: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/05/pet.html>

Los xilenos se encuentran en los gases de coque, en los gases obtenidos en la destilación seca de la madera (de allí su nombre: xilon significa madera en griego) y en algunos petróleos.

Este es usado en la reacción de polimerización, produciendo una larga familia de poliésteres. El polietilen tereftalato (PET) es uno de ellos, éste comienza con los isómeros del xileno.

El primer paso es recuperar el para-xileno utilizado para la producción de polímeros. Los tres isómeros del xileno, orto, meta y para-xileno, se separan a través de los puntos de ebullición.

Polimerización

El para-xileno recuperado del petróleo crudo y producido a través de la conversión de reacciones es solo uno de los materiales para la síntesis del PET. El otro compuesto necesario es el etileno, el cual es recuperado de la refinación del petróleo crudo. El etileno es tratado con oxígeno en presencia de plata como catalizador para producir óxido de etileno, el cual, reacciona con el agua en presencia de un ácido para producir etilenglicol, uno de los monómeros necesarios para la producción de PET.

El p-xileno es oxidado para producir el ácido tereftálico (TA) que es posteriormente esterificado a tereftalato de dimetilo (DMT). Esto puede lograrse mediante una secuencia de dos pasos en donde la oxidación es llevada a cabo por un catalizador de cobalto en presencia de metanol. La esterificación es el proceso por el cual se sintetiza un éster, que es un compuesto derivado de la reacción química entre un oxácido y un alcohol.

Industrialmente, se puede partir de dos productos intermedios distintos:

- TPA ácido tereftálico
- DMT dimetiltereftalato

Haciendo reaccionar por esterificación TPA o DMT con glicol etilénico se obtiene el monómero bis-(2-hidroxiethyl)tereftalato, el cual en una fase sucesiva, mediante policondensación, se polimeriza en PET según el esquema.

En la reacción de esterificación, se elimina agua en el proceso del TPA y metanol en el proceso del DMT.

La reacción de policondensación se facilita mediante catalizadores y elevadas temperaturas (arriba de 270°C).

La eliminación del glicol etilénico es favorecida por el vacío que se aplica en el reactor; el glicol recuperado se destila y vuelve al proceso de fabricación. Cuando la masa del polímero ha alcanzado la viscosidad deseada, registrada en un reómetro, se romperá el vacío, introduciendo nitrógeno al reactor. En este punto se detiene la reacción y la presencia del

nitrógeno evita fenómenos de oxidación. La masa fundida, por efecto de una suave presión ejercida por el nitrógeno, es obligada a pasar a través de una matriz, formando espaguetis que, cayendo en una batea con agua se enfrían y consolidan. Los hilos que pasan por una cortadora (peletizadora), se reducen a gránulos (pellets), los cuales, tamizados y despolvados se envían al almacenamiento para el posterior conformado en productos útiles.

PET+PBT

La mezcla de tereftalato de polibutileno y tereftalato de polietileno ofrece una gran fortaleza a altas temperaturas, una buena rigidez y resistencia. Gracias a la combinación de sus cualidades, ofrecen una solución fácil de colorear, que facilita la adhesión, es retardante de llama y es la solución preferida para aplicaciones de componentes electrónicos del automotor.

Las diferencias entre PBT y PET se entienden mejor mediante el análisis de la estructura química de la unidad repetitiva que compone las cadenas del polímero. La característica esencial que hace que los materiales sean distintivos es el grupo éster tereftalato que presta su nombre a esta familia de materiales. La mejora en el rendimiento de las mezclas de poli (tereftalato de etileno) (PET) y poli (tereftalato de butileno) (PBT) se han realizado utilizando diferentes modificadores de impacto. Se observó un aumento significativo de la dureza usando una mezcla 60-40 PET- PBT. Además, se observó una buena combinación de resistencia a la tracción y resistencia al impacto en esta mezcla (60-40 PET y PBT) usando polipropileno como modificador de impacto.

Comúnmente el grado comercial de las mezclas PET/PBT son preparadas mediante moldeo por inyección única y por mezcla mediante extrusión y de moldeo por inyección. Se han estudiado las propiedades mecánicas, térmicas, eléctricas y reológicas de las mezclas. Todas las mezclas mostraron propiedades de impacto mayor que la de PET o PBT solos. La composición de la mezcla 50:50 exhibió el valor más alto de impacto. Otras propiedades mecánicas también mostraron tendencias similares para mezclas de esta composición. La adición de PBT aumentó la procesabilidad de PET de igual manera. Para todas las mezclas,

sólo se observó una única temperatura de transición vítrea. Las características de fusión de una fase fueron influenciadas por la presencia de la otra. Se presentan dobles endotermas de fusión y una reacción exotérmica de cristalización

Antes de la fusión, ambos materiales se someten a un cambio de paso en el módulo (de transición vítrea) que reduce la rigidez de los materiales un poco más de 50%.

Algunos tipos de mezclas son:

- Mezcla PBT + PET al 40%, excelente rendimiento térmico / baja contracción. aparatos motorizados de calefacción, anillos adaptadores, parrillas del horno.
- Mezcla PBT + PET con 15% fibra de vidrio con resistencia a altas temperaturas y atractivo diseño exterior.
- Mezcla al 40% PBT + PET. Alta rigidez. Excelente estética de superficie. Las aplicaciones incluyen mobiliario de oficina.

Aplicaciones

Transporte, Automoción, Electrónica / Electrónica, Electrodomésticos, industriales y de consumo.

3.3.2 Características de los principales productos petroquímicos usados para la fabricación de componentes automotrices.

Poliuretano:	Nylon:
Termoestables salvo aplicaciones especiales	Alta resistencia mecánica, rigidez y dureza
Poseen un coeficiente de transmisión de calor muy bajo, mejor que el de los aislantes tradicionales, lo cual permite usar espesores mucho menores en aislaciones equivalentes	Reflexión de la luz
Mediante equipos apropiados se realiza su aplicación "in situ" lo cual permite una rápida ejecución de la obra consiguiéndose una capa de aislación continua, sin juntas ni puentes térmicos	Tenacidad de la ligadura
Su duración, debidamente protegida, es indefinida	Resistencia a la abrasión

Tiene una excelente adherencia a los materiales normalmente usados en la construcción sin necesidad de adherentes de ninguna especie	Recuperación desde la deformación
Tiene una alta resistencia a la absorción de agua	Resistencia a cambios ambientales
Muy buena estabilidad dimensional entre rangos de temperatura desde -200 °C a 100 °C	Resistencia a la rotura y a la tensión
Refuerza y protege a la superficie aislada	Baja absorción de la humedad
Dificulta el crecimiento de hongos y bacterias	Estabilización contra de la pérdida de resistencia a alta temperatura bajo altas cargas
Tiene muy buena resistencia al ataque de ácidos, álcalis, agua dulce y salada, hidrocarburos, aceites y grasas	Estabilización contra la desorientación por calor
Excelentes propiedades mecánicas, combinadas con gran elasticidad (aun a bajas temperaturas)	Estabilización contra la degradación por calor y humedad
Excelente resistencia a la abrasión	Propiedades aislantes en la capacidad de acumular cargas eléctricas estáticas
Gran resistencia al desgarre	Alta tenacidad por encima de la temperatura de transición vítrea aparente
	Buena resistencia a la fatiga
	Alto poder amortiguador
	Buenas propiedades de deslizamiento
	Resistencia sobresaliente al desgaste
	Resistencia química a los hidrocarburos, ácidos aromáticos y fuertes, bases, y fenoles alifáticos solventes

Tabla 3. Principales características del Poliuretano y el Nylon

Fuente: Elaboración Propia

Polibutadieno:	Polioximetileno:
Alta resistencia al desgaste	Resistencia al desgaste superior
Acumulación de calor menor	Resistencia a la tracción.
Menos resistencia a la rodadura.	Existen formulaciones anti-estáticas, eléctricamente conductoras y resistentes a la radiación UV
Baja absorción de agua y mayor estabilidad.	Las piezas de este material pueden plegarse en el campo de la temperatura cristalina y pueden soldarse (mediante elemento calefactor, fricción o ultrasonidos).
Fácil polimerización y copolimerización con otros monómeros y polímeros.	No son atacados por los disolventes de la tinta de impresión y pueden imprimirse sólo inmediatamente después de un tratamiento de plasma o corona o de ataque ácido
Se mezcla fácilmente con SBR y hule natural.	Alta rigidez
Excelente resistencia a la abrasión.	Baja fricción
Baja temperatura de transición vítrea.	Excelente estabilidad dimensional

Imparte una mejor resistencia de desgaste y flexibilidad aun a bajas temperaturas.	Propiedades mecánicas superiores a las de las poliamidas
Mayor resistencia al agrietamiento.	Fácil procesabilidad
Mejor capacidad de recuperación.	Favorable para el reciclado químico sin pérdida de propiedades físico-químicas
Estrecha distribución de peso molecular.	Con aditivos se consigue su estabilidad térmica (principal desventaja)
Tiene una aplicación importante como modificador de impacto de estireno y ABS.	Buenas características al deslizamiento en seco y desgaste
Puede tolerar una gran proporción de extensión con aceite sin una seria pérdida de las propiedades.	Considerable capacidad de carga dinámica extendida durante un amplio campo de temperaturas
Puede llevar cargas más pesadas de negro de humo.	Dureza superficial y bajo coeficiente de fricción
Gran agarre en superficies húmedas.	No es propenso a fisuración por tensión
	Tienen baja permeabilidad a gases y vapores
	Sus buenas propiedades dieléctricas y aislantes son poco afectadas por la temperatura y la frecuencia y debido a su bajo factor de disipación no pueden soldarse por alta frecuencia

Tabla 4. Principales características del Polibutadieno y el Polioximetileno

Fuente: Elaboración Propia

Polietileno:	Polipropileno:
Excelente resistencia química	Ligero
No es atacado por ácidos fuertes o bases fuertes	Alta resistencia a la tensión y a la compresión
Resistente a oxidantes suaves y agentes reductores	Excelentes propiedades dieléctricas
Mediante el uso de colorantes pueden obtenerse una gran variedad de productos coloreados	Resistencia a la mayoría de los ácidos y álcalis
Aislante eléctrico	Bajo coeficiente de absorción de humedad
Resinas termoplásticas.	Alta estabilidad térmica
Poco peso y propiedades eléctricas sobresalientes.	Puede esterilizarse a temperaturas de hasta 140°C sin deformación
Flexibilidad y tenacidad.	Propiedades físicas excepcionales debido a su gran regularidad y disposición espacial ordenada
Su viscosidad disminuye a medida que aumenta la temperatura	Alta rigidez y dureza
Resistencia al choque.	Resistencia a la deformación por calor
Resistencia a la tracción	Resistencia al impacto tanto a temperatura ambiente como a bajas temperaturas
Al PE de baja presión el alto grado de polimerización le confiere una solidez y dureza elevadas.	Cumple una doble tarea, como plástico y como fibra

El proceso de polimerización se lleva a cabo de manera cómoda y económica en operación continua.	Aceptable resistencia a la radiación UV
Ausencia de olor y no toxicidad	Resistencia a la abrasión
Poca permeabilidad para el vapor de agua	Buen balance de propiedades mecánicas en estado sólido con buenas propiedades de flujo en estado fundido
Resistencia a las condiciones corrosivas del suelo	Posee una fluidez lo suficientemente elevada como para llenar un molde que le ofrece gran oposición al flujo
Resistencia al desgarramiento	Aporta confort visual y al tacto en los interiores de los vehículos, estabilidad dimensional en los compartimentos del motor, óptimo rendimiento frente a los agentes climáticos en la periferia, y buena aptitud para recibir tratamientos decorativos de superficie (pinturas)

Tabla 5. Principales características del Polietileno y el Polipropileno

Fuente: Elaboración Propia

PVC:	Policarbonato:
Tiene una elevada resistencia a la abrasión	Tenaz
Baja densidad	Resistencia frente a impactos.
Buena resistencia mecánica y al impacto	Buen comportamiento frente a temperaturas relativamente elevadas
Puede ser material rígido o flexible al utilizar aditivos tales como estabilizantes, plastificantes entre otros	Se pueden mejorar las propiedades originales del policarbonato para una determinada aplicación, como: fibra de vidrio, absorbentes de UV, aditivos anti-llama, desmoldantes, antioxidantes, etc
Es estable e inerte por lo que se emplea extensivamente donde la higiene es una prioridad	Tiene estructura amorfa, una baja contracción en el moldeo y es transparente (excepto los materiales con fibra y algunos anti-llama)
Es un material altamente resistente puede durar hasta más de sesenta años	Alto valor de la temperatura de transición vítrea
Presenta poca inflamabilidad y cesa de arder una vez que la fuente de calor se ha retirado.	Posee elevados valores de sus propiedades térmicas
Buen aislante eléctrico	Estabilidad dimensional muy buena
Se vuelve flexible y moldeable sin necesidad de someterlo a altas temperaturas (basta unos segundos expuesto a una llama)	Posee movilidad suficiente para disipar energía de impacto a temperatura ambiente
Mantiene la forma dada y propiedades una vez enfriado a temperatura ambiente, lo cual facilita su modificación	Posee buenas propiedades dieléctricas a través de una ancha banda de frecuencia
Alto valor energético, aporta energía y calor a la industria y a los hogares	Generalmente no es sensible a ácidos orgánicos e inorgánicos en condiciones normales de temperatura y concentración
Rentable, bajo costo de instalación	Posee óptima estabilidad a las radiaciones UV

Se pueden mejorar sus propiedades físicas mezclándolo con fibra de vidrio o con fibras naturales como la seda	Es indicado para aplicaciones interiores
Puede tolerar una gran proporción de extensión con aceite sin una seria pérdida de las propiedades.	También puede ser aplicado en exteriores agregándole un absorbente de UV
Resistente a ambientes agresivos	Se puede modificar para aguantar temperaturas de hasta 220°C, impedir gran parte de los rayos UV y soportar la abrasión
Permite prolongar la vida útil de sustancias biológicas como la sangre y el plasma	Inerte biológicamente y fácil de transformar
Puede conducir líquidos con temperaturas de hasta 80° C	

Tabla 6. Principales características del PVC y el Policarbonato

Fuente: Elaboración Propia

ABS:	SBR:
Rigidez y dureza	Resistencia a la tensión
Resistencia a ataques químicos	Resistencia al desgarro
Estabilidad a altas temperaturas	Resistencia a la tracción menos al caucho natural
Tenacidad a cualquier temperatura	Resistencia a la rotura
Resistencia mecánica	Buena adherencia y calentamiento interno
Debido a los grupos nitrilo, que se atraen mutuamente al ser muy polares sosteniendo firmemente las cadenas de ABS, es un material extraordinariamente fuerte	Poca permeabilidad
Resistencia al impacto	Resistencia al envejecimiento superior al caucho natural
Facilidad para el procesado (fluidez)	Resistencia al calor
La resistencia al impacto se puede aumentar al incrementar el porcentaje de butadieno	Resistencia al desgaste
Resistencia a la tensión	Efecto de reforzado con negro de carbón superior y mayor al presentado en el caucho natural
Resistencia térmica	Ideal para neumáticos de vehículos de pasajeros
Resistencia a la fatiga	Buena resistencia a la abrasión
Ductilidad a bajas temperaturas	Excelente rango de dureza
Resistencia a la fusión	Excelente resistencia a la compresión
Se puede pigmentar en la mayoría de los colores	Permite establecer condiciones de trabajo normalizadas con menor riesgo de variación incluso frente a desviaciones del procesamiento
No tóxico e incoloro	Menor nivel de pegajosidad en crudo
No es altamente inflamable, pero mantiene la combustión	Pueden mezclarse con secuencia invertida, en menor tiempo y con óptima dispersión de mezclado gracias a su mayor capacidad de carga (negro de humo)

Liviano	Sus propiedades de extrusión son superiores gracias a su menor tendencia a la prevulcanización
Impermeable al agua, pero ligeramente permeables al vapor	Gran resistencia al agrietamiento
No los degradan los aceites	

Tabla 7. Principales características del ABS y el SBR.

Fuente: Elaboración Propia

Poliepóxido:	PVDF:
Excelentes propiedades adhesivas	Alta pureza
Buen aislamiento eléctrico	Fuerza
Buena resistencia mecánica	Resistencia a los solventes, ácidos y bases
Resiste la humedad	Resistencia a la generación de calor (Excelente aplicación como aislante)
Resiste el ataque de fluidos corrosivos	Baja emisión de humos durante un evento de fuego
Resistencia a temperaturas elevadas	Punto de fusión relativamente bajo (177°C) por lo cual tiene un proceso de fundido más fácil en comparación con otros fluoropolímeros
Excelente resistencia química	Su coeficiente piezoeléctrico puede ser hasta 10 veces mayor al observado en cualquier otro polímero
Poca contracción al curar	Cambia su forma al ser puesto bajo un campo eléctrico
Se puede curar a temperatura ambiente	Excelentes propiedades piroeléctricas
Se puede comercializar en una amplia gama, desde líquidos de baja viscosidad hasta sólidos de alto punto de fusión y polvos	Existe en tres formas alfa, beta y gamma
Alta densidad	Si se coloca el PVDF en un campo eléctrico alternativo, comenzará a vibrar, deformándose en una dirección y luego en la opuesta. Esta vibración puede ser utilizada para producir sonidos
Semibrillante	Resistencia a la tracción
Resistencia en ambientes industriales de alta agresividad	Rigidez dieléctrica
Gran resistencia a la rotura	Flexibilidad y bajo peso
Se puede mezclar con fibras, comúnmente fibra de vidrio o de carbono, que sirve en la fabricación de moldes	Baja conductividad térmica
Buenas propiedades mecánicas	Tiene aplicación como espuma de célula cerrada reticulada que tiene gran aplicación en la aviación y aplicaciones aeroespaciales y automotrices
Debido a su excelente resistencia a la corrosión y rendimiento de enlace ha adquirido una importante aplicación en las industrias automotriz y aeroespacial como excelentes adhesivos resistentes al impacto	Densidad óptica menor a la del Nylon, lo que hace que la línea sea menos perceptible

Puede ser rígido o flexible, según la aplicación	Resistencia a la abrasión
Superior resistencia a la tracción	Se puede mezclar con PMMA para hacerlo resistente a la luz UV

Tabla 8. Principales características del Poliepóxido y el PVDF.

Fuente: Elaboración Propia

Mezcla PBT/PET:	
Aislante eléctrico	Elevada temperatura de deflexión
Resistente a los disolventes	Buenas propiedades de bajo rozamiento
Se encoge muy poco durante el formado	Resistencia a la abrasión
Excelentes propiedades mecánicas	Elevada estabilidad dimensional
Resistente al calor	Baja absorción de agua
Se puede tratar con retardantes de llama para que sea incombustible	Bajo coeficiente de expansión térmico
Buena resistencia al impacto	Aceptable resistencia química (no es afectada por ácidos ni gases atmosféricos)
Se puede usar aditivos para mejorar la sensibilidad a los rayos UV y las propiedades de inflamabilidad	Buena resistencia a la intemperie (en las resinas tratadas con protección UV)
Buena fuerza y rigidez	Alta resistencia y tenacidad
Rápida cristalización por enfriamiento y fácil de moldear	Resiste el ataque de bacterias y hongos
Excelente para el moldeo por inyección en partes sólidas	Alta resistencia al desgaste
Buenas propiedades de resistencia a la rotura	Excelente coeficiente de deslizamiento

Tabla 9. Principales características de la mezcla PBT/PET.

Fuente: Elaboración Propia

3.3.3 Principales componentes automotrices elaborados de productos petroquímicos.

Como se ha podido observar los productos petroquímicos tienen gran aplicación dentro de los componentes automotrices y esta aplicación va en aumento gracias a las nuevas características que presentan los termoplásticos principalmente.

A continuación, se nombran, a modo de resumen, los principales componentes automotrices hechos de productos petroquímicos, donde la principal aplicación la tiene el Poliuretano que está presente en la mayoría de los componentes automotrices como se puede apreciar en el nuevo BMW i3 y que servirá de pauta para futuros autos y cuyas aplicaciones en la actualidad sirven para mejorar las características y propiedades, además de adaptarlas al cambio tanto del medio ambiente como de las exigencias de los consumidores que siempre están en constante aumento y evolución.

Componente automotriz	Producto petroquímico
Cinturones de seguridad	Nylon
Cojines de asiento y rellenos	Poliuretano
Tanque de gasolina	Polietileno
Paneles interiores y exteriores	ABS
Llantas	SBR/Polibutadieno
Parachoques	Polipropileno
Caja de cambios	PVC
Panel de instrumentos	Policarbonato/Poliuretano
Caja de fusibles	Nylon 6
Aplicaciones en el Chasis (Suspensión)	Poliuretano
Conector de alto voltaje	Nylon 66
Respaldo de asientos delanteros	Nylon 6
Estructura del asiento trasero	Poliuretano
Componente estructural (Carrocería)	Mezcla PBT/PET
Cobertura del pilar C	Nylon 6
Estructura del techo (Corredizo)	Mezcla PBT/PET
Sistema de encapsulado de vidrio	Poliuretano
Construcción de techo	Poliuretano
Estructura del techo y reforzamiento del pilar A	Poliuretano
Carcasa auto-portante (asientos)	Poliuretano
Forros y cubiertas para cables	PVC/PVDF
Bastidor del techo descapotable	Mezcla PBT/PET
Techo descapotable	Poliuretano
Revestimiento interior del techo	Poliuretano
Modulo del techo	Poliuretano
Palanca de liberación del asiento	Nylon

Tabla 10. Principales componentes automotrices elaborados de productos petroquímicos

3.4 Ventajas de los productos petroquímicos respecto a otros materiales comúnmente usados en la industria automotriz.

Tomando como referencia a los 3 principales materiales que usan los fabricantes para manufacturar un auto:

- Acero

En los autos el acero se usa para crear el chasis subyacente o la caja debajo del cuerpo que forma el esqueleto del vehículo y te protege en caso de un accidente. Puertas, techo y paneles de la carrocería son formados de acero. Algunas partes para acomodar el motor e instalar otras piezas contienen este material, incluso los escapes son creados de acero inoxidable.

En la actualidad los fabricantes pueden crear diversos tipos de acero para las diferentes áreas de un vehículo. Pueden hacerlos rígidos o que se puedan arrugar para absorber impactos.

- Aluminio

El aluminio es un material ciertamente “nuevo” en la manufactura de vehículos. Se empezó a usar en la industria automotriz por ser liviano y su natural resistencia. En 2009, los componentes de aluminio conformaban cerca del 9% del peso de un vehículo, comparado con el 5 por ciento en 1990 y sólo el 2% en 1970.

- Vidrio

El uso primario que se le da al vidrio, obviamente son los parabrisas –ventanas y medallones- que además de permitirte ver claramente al momento de manejar, te mantiene seguro de objetos, ya sea insectos, piedras o basura. También es usado para fabricar los espejos laterales, así como el retrovisor. Además de lo anterior una variante de éste -la fibra de vidrio- es común para utilizarse en los automóviles como elemento de insolación.

Las principales ventajas que representan los productos petroquímicos, ya mencionados anteriormente, en comparación a los antiguos comúnmente usados, son:

- Componentes más ligeros, por ejemplo, el respaldo del asiento trasero de los autos hecho de nylon con un peso de tan solo 2kg.
- Funciones múltiples. Los asientos traseros fabricados de poliamida (nylon 6) integran funciones múltiples, así como una alta resistencia a la radiación UV y rigidez suficiente para garantizar el alargamiento y tenacidad para cumplir con los requisitos mecánicos más exigentes del mercado.
- Menos emisiones, como el caso especial de poliamidas desarrolladas por BASF.
- Resistencia al rayado muy elevada y excelente calidad de superficie del asiento.
- Materiales a prueba de choques como el caso de las poliamidas aplicadas en la palanca de liberación del asiento.
- Mayor seguridad, en la aplicación de la mezcla de PBT/PET entre las dos carcasas de la carrocería brinda un excelente soporte de cargas en caso de choques al mantenerlas separadas.
- Resistencia al clima y condiciones adversas, ya que las piezas no se ven afectadas por las condiciones climáticas y ofrecen resistencia a la deformación por pandeo.

- Innovación, ya que por primera vez en un vehículo de producción en serie se ha logrado combinar poliuretano con fibra de carbono en la fabricación de carcasas de los asientos, bandeja de almacenamiento, porta vasos entre otros.
- Adaptación, gracias a las propiedades de los nuevos materiales que cumplen los requisitos de seguridad más estrictos y que pueden medir tan solo 1.4 mm.
- Alta resistencia a la presión en el techo del vehículo por parte del poliuretano que soporta la rigidez estructural del mismo.
- Mejores condiciones acústicas en el interior de los vehículos.
- Excelente capacidad para termoformado ideal para el revestimiento interior del vehículo.
- Sistema de encapsulado de fibra de vidrio al aplicar poliuretano que proporciona resistencia a los agentes atmosféricos a la radiación UV.
- Soportes de resorte de menor peso gracias a la incorporación de poliuretano a la suspensión del eje posterior.
- El PU brinda tacto suave para las piezas acabadas.
- Beneficio económico gracias al ciclo corto de desmolde, bajo consumo de material y alta seguridad de proceso.
- Costo relativamente bajo de inversión.
- En la aplicación de espumas de PU se hace posible el ahorro de materiales y energía por ser una espuma de baja densidad con sistemas ligeros.
- Valores de empañamiento muy bajos de acuerdo a la norma DIN 75201.
- Mejoran la protección de los pasajeros por la mejor distribución de cargas durante el impacto.
- Piezas acabadas con espesor de pared comparable o más pequeño sin alteración de la resistencia.
- Alta estabilidad dimensional y ajuste de piezas moldeadas sin alteración de propiedades que a su vez proporciona mayor durabilidad.
- Amplio uso de moldes ya existentes.
- Mejor estética, colores atractivos, diseños espléndidos con excelentes condiciones aerodinámicas.
- Al tener vehículos más ligeros por ende se tiene más velocidad y mejor ahorro de combustible que aporta beneficio económico de igual forma.

Capítulo 4. Posicionamiento de los productos petroquímicos.

4.1 Mercado de los productos petroquímicos aplicados en componentes automotrices.

La industria petroquímica actualmente es una parte indispensable en la fabricación y consumo de diferentes productos en sectores muy variados como pinturas, plásticos, caucho, detergentes, colorantes, fertilizantes, textiles y disolventes entre otros.

El negocio de la petroquímica está experimentando un cambio drástico en el siglo 21 con el mercado de medio oriente emergiendo como el centro de producción mundial, con ventajas naturales como el bajo costo de materia prima. De igual forma los principales consumidores están cambiando a Asia debido al rápido crecimiento de la demanda China a causa de la industria intensiva y exportación con la India como otra gran opción.

Esto está ocasionando en los mercados nacionales grandes cambios con la aparición de empresas nacional destinadas al sector petroquímico con una gran relevancia global que ocasiona que las empresas ya establecidas tengan que salir o reducir y realinearse creando alianzas estratégicas para ponerse al día con el auge del mercado global.

Sin embargo, retos como la disponibilidad de energía y materia prima o el cambio climático, serán las áreas de oportunidad tanto para empresas emergentes como para las ya establecidas.

El segmento petroquímico fue el segmento con más crecimiento relacionado al sector de productos químicos del mercado mundial. Como se mencionó anteriormente Asia tiene ahora gran relevancia y es el más grande mercado geográfico petroquímico seguido por Europa y en tercer lugar el continente americano que acaparan gran parte del mercado mundial. Por otro lado, el consumo mundial de productos petroquímicos per cápita creció y se espera continúe esta tendencia durante los próximos siete años debido a la creciente demanda de polietileno, polipropileno y etileno en industrias como la automotriz que cada vez más aplica plásticos en la fabricación de vehículos, utilizando aislamiento de poliuretano; polietileno en la fabricación del depósito de combustible, y caucho sintético en la fabricación de neumáticos.

Por último, se detalla cómo está segmentado el mercado global de los principales productos petroquímicos y los países que más intervienen en este sector.

Productos petroquímicos:

- Etileno
 - Polietileno
 - Óxido de etileno
 - Dicloruro de etileno
 - Etilbenceno
 - Otro (Incluyendo alfa-olefinas y acetato de vinilo)
- Propileno
 - Polipropileno
 - Óxido de propileno
 - Acrilonitrilo
 - Cumeno
 - Ácido acrílico
 - Isopropanol
 - Otros (Incluyendo químicos polygas y oxo-químicos)
- Butadieno
 - Caucho de Estireno-Butadieno (SBR)
 - Acrilonitrilo Estireno Butadieno (ABS)
 - Látex de Estireno-Butadieno
 - Otros (Incluyendo caucho nitrílico y correas mecánicas)
- Benceno
 - Etilbenceno
 - Cumeno
 - Ciclohexano
 - Nitribenceno
 - Alkilbenceno
 - Otros (Incluyendo anhídrido maleico)
- Xileno
- Tolueno
 - Benceno
 - Xilenos
 - Solventes
 - Diisocianato de tolueno
 - Otros (Incluyendo pesticidas, drogas y nitrotolueno)
- Vinil
- Estireno
 - Poliestireno
 - Poliestireno expandible
 - Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS)
 - Látex de estireno butadieno
 - Resinas de poliéster insaturadas

- Caucho de Estireno-Butadieno (SBR)
- Otros (Incluyendo resinas de copolímeros)
- Metanol
 - Formaldehído
 - Gasolina
 - Ácido acético
 - Metil terciario butil éter (MTBE)
 - Dimetil éter
 - Metanol a olefinas (MTO)
 - Otros (Incluyendo biodiesel, solventes y clorometano)

Segmento regional:

- Norteamérica
 - USA
- Europa
 - Alemania
 - Francia
 - UK
- Asia Pacífico
 - China
 - Japón
 - India
- Latinoamérica
 - Brasil
 - México
- Oriente medio y África

4.2 Fabricantes mundiales de los principales productos petroquímicos usados para elaborar componentes automotrices.

Como se mencionó anteriormente, existen algunas empresas que resaltan en el campo de la petroquímica, a continuación, se nombran las 10 empresas de este sector más grandes e importantes del mundo.

1.- BASF SE

Es el principal fabricante de productos químicos en el mundo y tiene su sede ubicada en Ludwigshafen, Alemania. BASF cuenta con filiales y empresas en más de 80 países y opera seis plantas de producción integradas y otros 390 centros de producción con presencia en Europa, Asia, Australia, América y África.

2.- The Dow Chemical Co.

Conocido comúnmente como Dow, es una empresa química multinacional estadounidense cuya sede se encuentra en Midland, Michigan, Estados Unidos. Es el segundo mayor fabricante de productos químicos en el mundo por ingresos únicamente después de BASF.

3.- Exxon Mobil Corp

Conocida comúnmente como ExxonMobil, es una corporación dedicada al petróleo y gas, es una empresa multinacional estadounidense cuya sede está ubicada en Irving, Texas, Estados Unidos. Surgió por la fusión de Exxon y Mobil el 30 de noviembre de 1999 y está afiliada con Aceite Imperial que opera en Canadá.

4.- Lyondell Basell Industries NV

Es una empresa multinacional dedicada a la química que se formó en 2007 por la adquisición de Lyondell Chemical por parte de Basell Poliolefinas con raíces americanas y europeas e incorporación en los Países Bajos cuya sede de operaciones se encuentra en Houston, Texas, y en Londres, Reino Unido.

5.- Ineos Group Limited

Comúnmente conocida como INEOS es una empresa internacional del sector químico, ubicada en las diez principales empresas de fabricación de productos químicos con sede en Rolle, Suiza, y con domicilio social en Lyndhurst , Reino Unido.

6.- Saudi Basic Industries Corporation

Conocida comúnmente como SABIC es una empresa dedicada a la fabricación de productos químicos y productos intermedios, polímeros industriales, fertilizantes y metales. Es la mayor

empresa dedicada a este sector en Arabia Saudita. Es además el segundo mayor productor de etilenglicol a nivel mundial.

7.- Formosa Plastics Corporation

Formosa es una empresa taiwanesa que produce principalmente cloruro de polivinilo (PVC), resinas y otros productos plásticos intermedios cuya sede está en Taiwán.

8.- Sumitomo Chemical Co., Ltd.

Sumitomo es una empresa química japonesa que inicio en 1913 como una planta dedicada a la fabricación de fertilizantes. La compañía cotiza en la Bolsa de Valores de Tokio en la primera sección.

9.- EI Du Pont de Nemours and Co.

Comúnmente conocida como DuPont es una empresa multinacional que tiene origen estadounidense, tiene presencia activa en varias ramas industriales de la química y entre sus materiales más famosos se encuentran el nylon, la lycra, el plexiglás, Teflón, Kevlar, entre otros.

10. - Chevron Phillips

Chevron como se conoce comúnmente se formó el 1 de julio del 2000 y es una empresa de productos químicos que tiene propiedad conjunta entre Chevron Corporation y Phillips. Tiene una participación muy activa en la fabricación de etileno, propileno, polietileno, polipropileno, polialfaolefinas, compuestos aromáticos entre otros que forman su amplia gama de especialidades químicas.

4.3 Patentes relacionadas con los productos petroquímicos aplicados a la industria automotriz.

En México fue creado en 1965 el Instituto Mexicano del Petróleo con el objetivo de apoyar a la empresa Pemex ya que sus actividades estarían estrechamente relacionadas a las necesidades tecnológicas de la industria petrolera nacional. Actualmente el IMP cuenta con una de las tasas más altas de desarrollo de patentes, teniendo 389 patentes nacionales y 64 extranjeras, así como 234 solicitudes pendientes en el país y cuatro en el extranjero.

Se hará mención de algunas patentes relacionadas con los principales productos petroquímicos usados para la fabricación de componentes automotrices.

Se puede observar que la mayoría de patentes vienen de EUA y Asia.

Poliuretano	Nylon
Nombre: Composición química para obtención de poliuretano (Vehículos) Número de patente: WO2013050639 A1 Fecha de publicación: 11 abril 2013 Inventores: María Mercedes Sobrino Alonso, Mónica Rodríguez Vázquez, Arturo González Pérez	Nombre: Collarín de accionamiento para aumentar la potencia mecánica Número de patente: WO2011148218 A1 Fecha de publicación: 1 de diciembre 2011 Inventores: Antonio Reyes Guzman Walter
Nombre: Sistema ecológico de aire acondicionado automotriz Número de patente: WO2009022896 A1 Fecha de publicación: 19 de febrero 2009 Inventores: José Luis Ordoñez Burgos	Nombre: Almohadilla de nylon anti estático para automóvil Número de patente: CN103254629 A Fecha de publicación: 21 de agosto 2013 Inventores: Li Yaodong
Nombre: Cubierta automotriz de protección integrada contra radiación solar, la intemperie y golpes Número de patente: WO2003006272 A9 Fecha de publicación: 27 de febrero 2003 Inventores: Jesus Mario Colunga de la Cruz	Nombre: Composición de Nylon 6 utilizable para la cubierta del motor del coche y su método de preparación Número de patente: CN1765990 A Fecha de publicación: 3 de mayo 2006 Inventores: Xin Minqi, Chen Xiaodong, Yang Tao, Tang Zhuo, Wu Xiaolong
Nombre: Volante calefactable para automóviles Número de patente: WO2002076805 A1 Fecha de publicación: 3 de octubre 2002 Inventores: Enrique Alcalá Fazio, Noelia Moreno Alvarez	Nombre: Dispositivo mejorado para el ajuste lateral de los alzacristales para vehículos de motor y similares Número de patente: WO2003100202 A1 Fecha de publicación: 4 de diciembre 2003 Inventores: Melchor Daumal Castellon
Nombre: Visera parasol para vehículos automóviles Número de patente: WO1993014950 A1	Nombre: Malla de protección contra el granizo para vehículos Número de patente: WO2005047038 A1

Fecha de publicación: 5 de agosto 1993 Inventores: José Aymerich Muñoz, Jesús Prat Castan	Fecha de publicación: 26 de mayo 2005 Inventores: Rafael Sanchez Martinez, David Piquer Martínez
--	---

Tabla 11. Patentes relacionadas con el Poliuretano y el Nylon
Fuente: Elaboración propia

Polibutadieno	Polioximetileno
Nombre: Composición de caucho para la banda de rodamiento del neumático de coche que contiene resina de 1,2-polibutadieno Número de patente: CN104530512 A Fecha de publicación: 22 de abril 2015 Inventores: Zhang Haimeng, Sun Xihua, Gu Gaozhao, Qingong Ding, Jia Jinyi, Jiao Wenxiu	Nombre: Chasis con dispositivo amortiguador de vibraciones aplicable a conjunto retrovisor exterior de vehículo o automóvil. Número de patente: WO2006067536 A1 Fecha de publicación: 29 de junio 2006 Inventores: Vicioso José Mendoza, Velazquez Ismael Ayestaran
Nombre: Composición de caucho aislante de vibraciones del automóvil y dispositivo aislante de vibraciones. Número de patente: US5798416 A Fecha de publicación: 25 de agosto 1996 Inventores: Tsuneo Kamata, Makoto Niki, Yoshihide Ueda	Nombre: Método de preparación de partículas de plástico POM utilizado para el depósito de combustible del automóvil Número de patente: CN105017711 A Fecha de publicación: 4 de noviembre 2015 Inventores: Zhai hongbo, Yang zhongshi, Wang Hongyi
Nombre: Banda de rodamiento para neumáticos de vehículos pesados Número de patente US20120234441 A1 Fecha de publicación: 20 de septiembre 2012 Inventores: Jeremy J. Mehlem, Jesse J. Arnold	Nombre: Compuestos de moldeo de polioximetileno coloreados y piezas moldeadas producidas a partir del mismo. Número de patente: US8053499 B2 Fecha de publicación: 8 de noviembre 2011 Inventores: Stefan Disch, Gerhard Reuschel, Ernst Hofmann, Klaus Kurz
Nombre: Composición de caucho que contiene caucho de polibutadieno modificado para neumáticos. Número de patente: EP1975200 A1 Fecha de publicación: 1 de octubre 2008 Inventores: Junko Kurazumi, Kouji Masaki	Nombre: Método de preparación para tubería de polioximetileno utilizable en automóviles Número de patente: CN103522512 A Fecha de publicación: 22 de enero 2014 Inventores: Zhang Hongqi, Zhang Hongliang
Nombre: Caucho de alta elasticidad para neumáticos de automóvil Número de patente: CN104629113 A Fecha de publicación: 20 de mayo 2015 Inventores: Chen Yongliang	Nombre: Dispositivo de entrada para la boca de repostaje de vehículos a motor. Número de patente: WO2014057141 A1 Fecha de publicación: 17 de abril 2014 Inventores: Francisco Larrucea de la Rica, Gotzon Gabiola Idoyaga, Christopher Urizar Nuñez

Tabla 12. Patentes relacionadas con el Polibutadieno y el Polioximetileno
Fuente: Elaboración propia

Polietileno	Polipropileno
-------------	---------------

<p>Nombre: Sistema ecológico de aire acondicionado automotriz Número de patente: WO2009022896 A1 Fecha de publicación: 19 de febrero 2009 Inventores: José Luis Ordoñez Burgos</p>	<p>Nombre: Retrovisor interior para vehículos automóviles Número de patente: WO2001087667 A1 Fecha de publicación: 22 de noviembre 2001 Inventores: Vicioso José Mendoza</p>
<p>Nombre: Regulador especial con función de mejoramiento de piezas de repuesto de automóviles de polietileno Número de patente: CN102924826 A Fecha de publicación: 13 de febrero 2013 Inventores: Teng Li, Deng Jun, Deng Zhongquan, Chen Xuhuang</p>	<p>Nombre: Plástico de polipropileno para el parachoques de un automóvil Número de patente: CN104530564 A Fecha de publicación: 22 de abril 2015 Inventores: 谢豹, 白璐</p>
<p>Nombre: Procedimiento de fabricación de un guarnecido para vehículo automóvil Número de patente: WO2010043737 A2 Fecha de publicación: 22 de abril 2010 Inventores: Lite Alberto Sánchez, Rodríguez Ignacio González</p>	<p>Nombre: Composición de resina de polipropileno para materiales interiores de automóviles con pintura adhesividad avanzada y baja gravedad específica Número de patente: US9139725 B2 Fecha de publicación: 22 de septiembre 2015 Inventores: Jung Gyun Noh, Kyeong Hoon Jang, Hak Soo Kim, Han Ki LEE, Kyung Beom Seo, Han Pyol Kim, Im Taek Sung.</p>
<p>Nombre: Tanque de combustible del automóvil Número de patente: US6863941 B2 Fecha de publicación: 8 de marzo 2005 Inventores: Patrick Detounay</p>	<p>Nombre: Estructura de respaldo de asiento para vehículo automóvil Número de patente: WO2014195544 A1 Fecha de publicación: 11 de diciembre 2014 Inventores: Ausin Gisleno Alonso, Santamaria Juan Carlos Sardonil</p>
<p>Nombre: Dispositivo de protección para el interior de vehículos Número de patente: WO2014091038 A1 Fecha de publicación: 19 de junio 2014 Inventores: Juan Manuel De La Huerta Diaz</p>	<p>Nombre: Método para la fabricación de un chasis de vehículo y producto obtenido Número de patente: WO2013175026 A1 Fecha de publicación: 28 de noviembre 2013 Inventores: Vicente Pallardo Puig</p>

Tabla 13. Patentes relacionadas con el Polietileno y el Polipropileno

Fuente: Elaboración propia

Policloruro de vinilo (PVC)	Policarbonato
<p>Nombre: Espejo retrovisor para mejorar la capacidad visual de los conductores de automóviles y vehículos automotrices Número de patente: WO2008030078 A1 Fecha de publicación: 13 de marzo 2008 Inventores: Ruiz Lourdes Cortez</p>	<p>Nombre: Rueda decorada con una cubierta permanente estilizada y procedimiento para fabricar la misma Número de patente: WO2006117595 A1 Fecha de publicación: 9 de noviembre 2006 Inventores: Ivan Alejandro Gomora-Camargo, Isidro Gomez-Tellez, José Luis Cendejas-Maciel, Luis Enrique Mille-Loera, Edgar Espinoza-Rodriguez, Alfonso Gonzalez-Montiel.</p>
<p>Nombre: Material de espuma de PVC de baja densidad para uso en la fabricación de automóviles, se prepara por mezcla gelificante de esferas dispersas de PVC y termoplásticos</p>	<p>Nombre: Método para la preparación de gránulos de plástico de policarbonato para el parachoques de automóviles Número de patente: CN104987692 A</p>

que contienen líquido de bajo punto de ebullición Número de patente: DE102006046868 A1 Fecha de publicación: 31 de julio 2008 Inventores: Kurt-Michael Noack	Fecha de publicación: 21 de octubre 2015 Inventores: Zhai hongbo, Yang Zhongshi, Wang Hongyi
Nombre: Alfombra para automóvil con iluminación de fibra óptica Número de patente: WO2004022385 A1 Fecha de publicación: 18 de marzo 2004 Inventores: Jesús Fernandez Ortiz	Nombre: Lente óptica para faros de vehículos Número de patente: WO2014135729 A1 Fecha de publicación: 12 de septiembre 2014 Inventores: Arnaiz Miguel Ambrona
Nombre: PVC (cloruro de polivinilo) para cables de del automóvil Número de patente: CN102464840 A Fecha de publicación: 23 de mayo 2012 Inventores: 周炜	Nombre: Molduras de policarbonato de gran tamaño con buenas propiedades ópticas, por ejemplo, parabrisas de automóviles, producidos a partir de policarbonato ramificado Número de patente: DE10011278 A1 Fecha de publicación: 13 de septiembre 2001 Inventores: Siegfried Anders, Juergen Roehner, Willfried Haese
Nombre: Cubierta protectora para alfombra de vehículos Número de patente: WO2008129340 A1 Fecha de publicación: 30 de octubre 2008 Inventores: Lara Jose Luis Samano	Nombre: Pantalla de visión óptica antideslumbramiento Número de patente: WO2000071373 A1 Fecha de publicación: 30 de noviembre 2000 Inventores: José Carlos Dominguez Diaz

Tabla 14. Patentes relacionadas con el PVC y el Policarbonato

Fuente: Elaboración propia

Acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS)	Caucho de estireno butadieno (SBR)
Nombre: Filtro termocompresible Número de patente: WO2010103143 A1 Fecha de publicación: 16 de septiembre 2010 Inventores: Tomás Villagrasa Pie	Nombre: Composición de caucho para neumáticos de automóviles Número de patente: CN104629131 A Fecha de publicación: 25 de mayo 2015 Inventores: Chen Yongliang
Nombre: Cubierta de ABS del cojinete del eje para automóvil Número de patente: CN204123883 U Fecha de publicación: 28 de enero 2015 Inventores: Zhang Fei, Él Chengjun	Nombre: Composición de caucho a prueba de vibraciones para el automóvil Número de patente: US20130065991 A1 Fecha de publicación: 14 de marzo 2013 Inventores: Min Soo Kim
Nombre: Máquina y proceso para la elaboración de tableros a partir de desechos plásticos Número de patente: WO2014017892 A1 Fecha de publicación: 30 de enero 2014 Inventores: Carlos Rivera Ulloa	Nombre: Fórmula de caucho con memoria elástica ultraligero para el automóvil Número de patente: CN105001468 A Fecha de publicación: 28 de octubre 2015 Inventores: Xiang Zongwu
Nombre: ABS (acrilonitrilo-butadieno-estireno) plástico para adornos interiores de automóviles y método de preparación de los mismos Número de patente: CN103937144 A Fecha de publicación: 23 de julio 2014 Inventores: Chen Bin, Zhang Rongfu, Yin Ling, Xie Qingli	Nombre: Emulsión de caucho de estireno-butadieno Número de patente: US6455655 B1 Fecha de publicación: 24 de septiembre 2002 Inventores: Howard Allen Colvin, Michael Leslie Senyek, Jr

Nombre: Piso PC / ABS (policarbonato / acrilonitrilo butadieno estireno) y material del tablero de instrumentos para automóvil y método de preparación de los mismos Número de patente: CN103772885 A Fecha de publicación: 7 de mayo de 2014 Inventores: Xu Dong, Jiang Shijun	Nombre: Neumático de automóvil de alta resistencia al desgaste Número de patente: CN104292544 A Fecha de publicación: 21 de enero 2015 Inventores: Dong Yunlong
--	--

Tabla 15. Patentes relacionadas con el ABS y el SBR

Fuente: Elaboración propia

Poliepóxido	Fluoruro de polivinilideno (PVDF)
Nombre: Adhesivos para el montaje de carrocerías Número de patente: US20050143496 A1 Fecha de publicación: 30 de junio 2005 Inventores: Mathias Mueller	Nombre: Película Colectora de energía de PVDF para sensor inalámbrico de monitoreo del estado de los neumáticos del automóvil. Número de patente: CN101719736 A Fecha de publicación: 2 de junio 2010 Inventores: Tang Haiyang, Julia, Chen Renwen
Nombre: Materiales de múltiples capas tipo sándwich con capas orgánicas intermedias a base de epoxi Número de patente: US20060182974 A1 Fecha de publicación: 17 de agosto 2006 Inventores: Anne-Marie Garnault, Marie-France Brouttier	Nombre: Detector de impactos a través de sensores pizoeléctricos Número de patente: US7702439 B2 Fecha de publicación: 20 de abril 2010 Inventores: Philip Kithil
Nombre: Composiciones de revestimiento a base de poliepóxidos y agentes de curado de poliamida Número de patente: CA1340156 C Fecha de publicación: 1 de diciembre 1998 Inventores: Joseph A. Klanica, Edward L. Dufford, Wen-Hsuan Chang	Nombre: Revestimiento de fluoruro de polivinilideno para sustratos metálicos Número de patente: WO2006078425 A2 Fecha de publicación: 27 de julio 2006 Inventores: Min Zheng, Kurt A. Wood, Scott Gaboury
Nombre: Nuevos polioles reactivos Número de patente: WO2008074907 A1 Fecha de publicación: 26 de junio 2008 Inventores: Magdalena Raquel Sanchez, Laurent Brami, Anne Chloe Devic, Ruiz Mónica Garcia	Nombre: Método piezoeléctrico mixto activo y pasivo de supresión de vibraciones para la carrocería del automóvil Número de patente: CN103042940 A Fecha de publicación: 17 de abril 2013 Inventores: Shen Chuanliang, Han Ye, Song Xuewei, Wang Daoxian, Un Xiaowen, Zhu Ningxin, Yao Haofeng
Nombre: Resinas híbridas Isocianato-epóxido Número de patente: US20160090436 A1 Fecha de publicación: 31 de marzo 2016 Inventores: Frank Prissok, Andre Kamm	Nombre: Control del aspecto metálico en el fundido de películas de pintura para automóviles Número de patente: US6113838 A Fecha de publicación: 5 de septiembre 2000 Inventores: Michael D. Flynn, Keith L. Truog

Tabla 16. Patentes relacionadas con el Poliépoxido y el PVDF

Fuente: Elaboración propia

Mezcla PBT/PET	
<p>Nombre: Fibra cerámica reforzada retardante de llama de mezcla de PBT / PET y método de preparación de la misma Número de patente: CN104497501 A Fecha de publicación: 8 de abril 2015 Inventores: Sun Fuyu, Chen Yongwen, C. Xiaodong, Chen Guoxiong, Tao Siping, Xiao Huaming, Hu Wenpeng</p>	<p>Nombre: Material textil no tejido para formar objetos moldeados de vehículos y uso de los mismos Número de patente: US20070117489 A1 Fecha de publicación: 24 de mayo 2007 Inventores: Toshiya Yamamoto, Takashi Koida</p>
<p>Nombre: Materiales del panel para vehículos y envoltentes Número de patente: WO2010021611 A1 Fecha de publicación: 25 de febrero 2010 Inventores: Christopher D. Willis, Peter James Zuber, Richard David Hemstreet</p>	<p>Nombre: Estructuras para automóviles con puerta de airbag oculta y conducto del airbag incluido Número de patente: US20070187930 A1 Fecha de publicación: 16 de agosto 2007 Inventores: Ravi Kiran Chitteti, Takaaki Nemoto, Chang-Soo Ryu, Adam K. Trappe, Ted J. Wiczorek</p>
<p>Nombre: Construcción de tipo sándwich panel para la industria automotriz Número de patente: US20120164367 A1 Fecha de publicación: 28 de junio 2012 Inventores: Bertrand Delmas</p>	

Tabla 17. Patentes relacionadas con la mezcla PBT/PET

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 5. Impacto en la seguridad y el medio ambiente de los productos petroquímicos aplicados en la industria automotriz.

5.1 Mejora en la seguridad de un auto con la implementación de componentes automotrices hechos de productos petroquímicos.

Actualmente las exigencias del mercado automotriz son muy diferentes y la aplicación de nuevos materiales como los plásticos origina numerosas ventajas, sin embargo, ahora toma gran relevancia un nuevo aspecto como el de la seguridad y gracias a esto los diferentes fabricantes de automóviles pretenden realizar estructuras inteligentes, con un aumento significativo en la seguridad, capaces de disipar las vibraciones y la energía en caso de una colisión en este caso sacrificando por completo el vehículo y salvando la vida del conductor, de ahí la importancia de los nuevos materiales y estructuras.

La seguridad es un tema primordial ya que al mismo tiempo afecta el diseño de determinadas partes del vehículo, cuando ocurre una colisión la estructura absorbe parte de la energía del impacto que se transforma en energía de deformación de las piezas que la componen, por lo que a mayor energía de deformación mayor será la capacidad de absorción de energía de la carrocería y por tanto menos posibilidad de lesiones para el ocupante del vehículo.

Aunque los beneficios de los plásticos y materiales compuestos poliméricos van mucho más allá de su uso en zonas de contracción ya que las espumas de plástico liviano que se utilizan para rellenar estructuras huecas tales como pilares, capós y paneles inferiores pueden añadir resistencia estructural a los vehículos y ayudar a aumentar la protección de los ocupantes en caso de vuelcos, los accidentes más mortales de todos

Entonces la resistencia y capacidad de absorción de energía de una carrocería dependen fundamentalmente de los materiales con los que se fabrique, del espesor utilizado y de la forma que se les dé a las piezas que la conforman. Un ejemplo similar ocurre en los tanques de gasolina hechos de materiales plásticos que presentan gran seguridad en comparación a los fabricados de otros materiales gracias a su capacidad de resiliencia.

De igual forma el tema de la seguridad del peatón origina la aplicación de nuevos materiales absorbentes de impacto como las resinas que se utilizan en el desarrollo de lo que se conoce como “amortiguadores de impacto” y que se encuentran incorporados tras el frontal del automóvil y que están basados en las tres zonas del cuerpo del peatón que son altamente sensibles a lesiones y que están asociadas asimismo a una zona del coche.

Los plásticos son ampliamente usados en la carrocería gracias a que ofrecen resistencia, gran flexibilidad, se pueden fabricar de formas complejas y tienen buena absorción de fuerza en caso de colisiones. Es por esto que la mayoría de los automóviles tiene piezas exteriores de plástico por ejemplo facias, molduras protectoras, cubierta exterior de los retrovisores laterales, salpicaderas, guardafangos, cinturones de seguridad, bolsas de aire y cuadros de mando e incluso los ejes impulsores contribuyendo en gran medida a la seguridad de los vehículos actuales, ayudando a salvar miles de vidas cada año.

Otra aplicación importante es la de películas o laminados plásticos para cristales ya que, si bien no evitan la rotura del vidrio, son ideales para aumentar la resistencia cuando ocurre un impacto e impiden su penetración aunado a que son relativamente económicos y son transparentes mientras que en el cableado se usa poliuretano ya que se logran cables planos que son más ligeros y ocupan menos espacio aumentando la seguridad y eficacia.

Por último, se puede mencionar otro caso de seguridad donde los materiales tienen gran aplicación y es en la reducción de ruido ya que un exceso del mismo tiene connotaciones tanto en confort como en materia de seguridad. Algunos materiales como el poliuretano aíslan acústicamente y absorben el ruido generado por el motor, la suspensión o las ruedas y además cumplen con estas exigencias sin afectar el peso del vehículo o el precio, de ahí su gran aplicación e importancia.

5.2 ¿Cómo afecta en el impacto al medio ambiente la implementación de productos petroquímicos en la fabricación de componentes automotrices?

El automóvil tiene un ciclo de vida como cualquier producto y va desde la obtención de la materia prima hasta el reciclado de sus componentes al final de su vida útil, durante todo este proceso hay contaminación.

Las empresas dedicadas al sector automotriz, en su empeño por reducir el peso del vehículo ya sea para abaratar costos, proporcionar ventajas como el ahorro de combustible o contaminar menos han incorporado mayores cantidades de plásticos. Uno de los grandes problemas que conlleva la aplicación de plásticos es la biodegradabilidad y el reciclaje, ya que no todos los plásticos utilizados son reciclables, y su combustión es tóxica, teniendo periodos de descomposición para algunos plásticos que superan los 100 años, aunque en un auto los plásticos usados son en su mayoría termoplásticos, que permiten un reciclado más fácil actuando con temperatura.

Además, el hecho de que los materiales utilizados para fabricar un automóvil cambien constantemente, en morfología y composición, dificulta el proceso de desmantelamiento y reciclado. Por ejemplo: la sustitución de piezas metálicas por otras de un material más ligero, es este caso polímeros plásticos, reduce el consumo de combustible y en consecuencia las emisiones atmosféricas, pero a la vez dificulta los procesos de separación y clasificación de piezas, lo que hace más complejo el proceso de reciclado.

De ahí que algunas medidas que se pueden tomar en este ámbito son:

- Reducir la mezcla de materiales
- Facilitar el desmontaje y la posterior limpieza de las partes elaboradas con productos petroquímicos.
- Seleccionar, marcar, identificar y facilitar el acceso a las piezas de alto valor lo que permitirá promover el mercado de materiales reciclados y así facilitar su reutilización.

La reutilización es la primera medida por sus beneficios, pero no la única ya que se pueden emplear cualquiera de los siguientes métodos para abordar problema:

1. Reutilización
2. Reciclado

- 3. Recuperación
- 4. Enterramiento

De igual forma, al ser aislantes acústicos algunos materiales, absorben el ruido generado por el vehículo reduciendo en gran medida la contaminación acústica. Muchos de estos materiales se están desarrollando con nuevas tecnologías y continua la investigación y desarrollo en cuanto a las materias primas por parte de los grandes productores mundiales para lograr reducir en gran medida la liberación de subproductos al entorno.

Ejemplo de esto es que por ejemplo en Europa utilizan sólo el 4% del petróleo para la fabricación de plásticos e incluso en Argentina el polietileno es fabricado a partir de Gas Natural, materia prima para la cual se dispone de abundantes yacimientos o la nueva línea para la síntesis del PC libre de cloro basada en la carbonilación oxidativa que utiliza fenol en vez de bisfenol A.

Otro punto importante es que en la actualidad se están desarrollando nuevas técnicas de gran complejidad que permitirán reciclar químicamente los plásticos. De esta manera se podrán recuperar los componentes naturales para volverlos a utilizar como materias primas y así optimizar aún más los recursos naturales.

Dupont, líder en el segmento de polímeros de alto desempeño, por ejemplo, gracias a la inversión de aproximadamente 2,000 millones de dólares cada año en investigación y desarrollo llegará al año 2035 con una sustitución de por lo menos el 25% de su materia proveniente de fuentes renovables.

Por último, se hace mención de los bioplásticos que son los plásticos que derivan de recursos renovables. En México, el desarrollo de este tipo de materiales avanza a un paso más lento que en otros sitios con mayor capacidad industrial instalada, como Estados Unidos; sin embargo, la reforma energética y la liberación del mercado de petroquímicos representan una oportunidad para ampliar el mercado tanto mediante productos convencionales como con la sustitución de los nuevos materiales renovables, tal es el caso del desarrollo de materiales poliméricos microcelulares sustentables (plásticos espumados) , a partir de fibra de agave y

poliolefinas con aplicaciones directamente relacionadas con la industria automotriz incorporando la fibra de agave en diferentes polímeros utilizando la tecnología de plasma para modificar la superficie de la fibra. Teniendo aplicación estos materiales en la bajo alfombra, bajo cielo y/o sobre suelo, descansabrazos, sellos de espejos laterales, como aislante acústico y térmico, entre otras.

Capítulo 6. Conclusiones

Se logró elaborar un listado de los principales productos petroquímicos aplicado en la elaboración de componentes automotrices, con el poliuretanos y poliamidas como los protagonistas de este listado con gran cantidad de piezas y aplicaciones.

El plástico es uno de los productos más importantes en el desarrollo de todas las industrias, especialmente en la automotriz. Ahora el reto de los plásticos es tener nuevos diseños para piezas de alta resistencia, mejorando sus propiedades, con posibles mezclas metal-plástico para usos estructurales y un mejor aprovechamiento y disposición final para reducir drásticamente el impacto al medio ambiente.

Es de vital importancia conocer los diferentes factores, materiales y los diseños de fabricación que hoy en día se utilizan para la construcción de vehículos sobre todo en la aplicación de plásticos los cuales cuentan con altos estándares de calidad en base a la función que desempeñen ya que de esto dependerá la seguridad del ocupante al momento de un posible impacto y dan además comodidad y mejor estética como un extra.

Como se observó, el marcado aumento de los precios del petróleo, el incremento de los problemas de contaminación, las normas cada vez más estrictas, el agotamiento de las fuentes naturales y las regulaciones gubernamentales, de alguna manera están mermando el desarrollo de la industria petroquímica, que en los inicios de los años 50 resultaba floreciente y atractiva, sin embargo, tiene gran impacto en la aplicación de los nuevos materiales como los plásticos en la fabricación de automóviles por lo cual se espera que el desarrollo de los bioplásticos tenga un papel fundamental en los próximos años.

Cada día se hace más evidente que materiales tradicionales como el acero y el vidrio son sustituidos por plásticos que tienen similares o mejores propiedades, llegando actualmente hasta un porcentaje que va del 35 al 50 %, gracias a la tendencia a nivel internacional de fabricar vehículos más ligeros y amigables con el medio ambiente, pero sin renunciar a la seguridad, rentabilidad, eficiencia y confort. A modo de ejemplo, un coche que pesa 1300 Kg fabricado con materiales tradicionales puede reducir su peso hasta los 1000 Kg utilizando

plásticos en su fabricación y esta reducción conlleva al ahorro de 750 litros de combustible a lo largo de la vida del vehículo con su consiguiente disminución de gases tóxicos a la atmósfera, cumpliendo con los requisitos de la nueva tendencia internacional, de ahí la importancia de la aplicación de plásticos en la fabricación de los nuevos vehículos.

El sector petroquímico nacional actual no es competitivo ya que el gobierno no apoya esta industria y tiene restricciones legales que no permiten la integración vertical, como ocurre en las cadenas petroquímicas internacionales. Dichas cadenas son la solución ya que de manera ágil e independiente vinculan el precio de los productos a referencias internacionales, logrando así una rentabilidad a lo largo del proceso productivo.

La verdadera importancia de los productos petroquímicos radica en su alta demanda de exportación, ya que es uno de los principales productos que se movilizan en toda la cadena de producción en la industria en general, siendo los plásticos un factor importante en la economía de muchas empresas nacionales.

Los plásticos son indispensables para cualquier área industrial y comercial. Encontraremos medicinas, asfaltos, y un sin fin de productos cuya comercialización deja excelentes dividendos. Por ello se le considera el producto más indispensable para la dinámica económica de la industria en todo el mundo; de él se obtienen la mayor parte de los productos que son procesados y convertidos en bienes de consumo.

Para México, la industria petrolera es una importante generadora de ingresos y empleo para todas aquellas industrias que tienen el rol de proveedores de servicios de algún tipo en la cadena de producción y distribución del petróleo y sus derivados.

Bibliografía

1. Fahmina Zafar and Eram Sharmin, "Polyurethane", InTech, Edit volume 2012, India.
2. Güneri Akovali, "Handbook of composite fabrication", Editorial Rapra 2001, Shawbury UK.
3. Charles A. Harper, "Modern Plastics Handbook", Editorial Mcgraw-Hill, 2da edición 2006.
4. J.A. Brydson, "Plastics Materials", 7th edición 1999.
5. Michael L. Berins, "SPI Plastics Engineering Handbook of the Society of the Plastics Industry, Inc", 5th edición ,2000.
6. Klaus Weissermel, Hans-Jürgen Arpe, "Química orgánica industrial", Editorial Reverte, 1981.
7. Cost Analysis Report, "Polyoxymethylene Production Process", United States, Julio 2016
8. Cost Analysis Report, "Polyoxymethylene from Methanol and Acetic Anhydride", United States, Julio 2016
9. Olagoke Olabisi, Kolapo Adewale, "Handbook of Thermoplastics", CRC Press, 2da edición 2016.
10. Sigrid Visakh P. M., Sarath Chandran, "Polyoxymethylene Handbook: Structure, Properties, Applications and their Nanocomposites", Editorial Wiley, 2014.
11. John T. Bendler, Donald G. Legrand, "Handbook of Polycarbonate Science and Technology", CRC Press, 1999, EUA New York.
12. Fred W. Billmeyer, "Ciencia de los polímeros", Editorial Reverte, 1975, España Barcelona.
13. Frank Woodard, "Industrial Waste Treatment Handbook", Butterworth-Heinemann, 2001, EUA.
14. Peter W. Dufton, "Lightweight Thermoset Composites: Materials in Use, Their Processing and Applications", Editorial Rapra, 2000, UK.
15. J A Brydson, "Plastics Materials", Elsevier, 5th edición 2013, UK London.
16. I. Hamerton, "Recent Developments in Epoxy Resins", Editorial Rapra, Volumen 8 1996, UK.
17. Roshan Shishoo, "Textile Advances in the Automotive Industry", Elsevier, 2008, USA.
18. U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, "Mechanics of Pneumatic Tires", USA, 1981.

19. Tony Whelan, "Polymer Technology Dictionary", Springer Science & Business Media, 1ra Edición 1994, UK.
20. Kier Finlayson, "Advances in Polymer Blends and Alloys Technology", CRC Press, Volumen 5 1994, USA.
21. H.T. Van De Grampel, "Blends and Alloys of Engineering Thermoplastics", Editorial Rapra, Volumen 5 1991, UK.
22. Sabu Thomas, P. M. Visakh, "Handbook of Engineering and Speciality Thermoplastics: Volume 3: Polyethers and Polyesters", Editorial Wiley, Volumen 3 2011.
23. Olagoke Olabisi, Kolapo Adewale, "Handbook of Thermoplastics", CRC Press, 2da edición 2016, USA.
24. Spe, "SPE/ANTEC 1999 Proceedings", CRC Press, Volumen 2 1999, USA New York.
25. A. Miravete, "El automóvil ante el siglo XXI", 1997, España Zaragoza.
26. H. Tullo Alexander, Chemical and Engineering News "Global Top 50 Chemical Companies Falling oil prices led to lower chemical sales but higher profits at the top chemical makers", July, USA, 2015.
27. Mark Victory, ICIS "Global growth forecasts downgraded but auto opportunities remain", June, USA, 2016.
28. Aruvian's R'search, "Analyzing the Global Petrochemical Industry 2016", Febrero, USA, 2016.
29. TBRC Business Research, "Petrochemicals Global Market Analytics Report 2016", April, USA, 2016
30. Grand View Research, "Petrochemical Market Analysis By Product (Ethylene, Propylene, Butadiene, Benzene, Xylene, Toluene, Vinyls, Styrene, Methanol) And Segment Forecasts To 2022", March, USA, 2016
31. Occams Research, "Global Petrochemicals & Polymers Market by Country (United States, Canada, India, China, Japan, United Kingdom), Company Profiles, Share, Trends, Analysis, Size, Opportunities, Segmentation and Forecast 2015 – 2021", October, USA, 2015
32. QYResearch, "Global Biochar Market 2016 Industry Trend and Forecast 2021", March, India, 2016
33. Marketresearchstore, "Petrochemical (Ethylene, Propylene, Butadiene, Benzene, Xylene, Toluene, Vinyl, Styrene and Methanol) Market: Global Industry Perspective, Comprehensive Analysis and Forecast 2016 – 2020", November, USA, 2016
34. Nichols, L., Hydrocarbon Processing, "Business Trends: Global petrochemical overview—Part 2", May, USA, 2016

35. ERTC 13th annual, The annual meeting place for the European petrochemical industry, Portugal, Lisbon, 14-16th November 2016
36. Chemical and Engineering News, Business Department, "Chemical Outlook 2016 By Market", January, USA, 2016
37. Nexant, "The global petrochemical industry: Understanding the complex interactions between technology, economics and markets", November, China, 2016
38. AFPM, 2016 INTERNATIONAL PETROCHEMICAL CONFERENCE, March 2016, Dallas Texas USA
39. Global Petrochemical Industry 2016 Market Research Report, April, 2016, USA
40. Seymour, R. B., "Introducción a la Química de los Polímeros", Editorial Reverté, 2002, España
41. Kalpakjian, S., "Manufactura, Ingeniería y Tecnología", Pearson Education, 2002, México DF
42. ICIS, "Polyethylene - high density (HDPE) Production and Manufacturing Process", November, USA, 2016
43. ICIS, "Polypropylene (PP) Production and Manufacturing Process", November, USA, 2012
44. ICIS, "Polyvinyl Chloride (PVC) Production and Manufacturing Process", November, USA, 2007
45. ICIS, "Polycarbonate Production and Manufacturing Process", November, USA, 2012
46. ACS, "New Process for Producing Polycarbonate Without Phosgene and Methylene Chloride", May, Japan, 1996 faltan autores
47. "A Novel Non-Phosgene Process for Polycarbonate Production from CO₂: Green and Sustainable Chemistry in Practice", June, Japan, 2010
48. Autores, "A novel non-phosgene polycarbonate production process using by-product CO₂ as starting material", October, Japan, 2003
49. ICIS, "Acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS) Production and Manufacturing Process", October, USA, 2007
50. ICIS, "Styrene Butadiene Rubber (SBR) Production and Manufacturing Process", November, USA, 2007
51. Autores, "Styrene-butadiene rubber (SBR) production by emulsion polymerization: Dynamic modeling and intensification of the process", October, Praga, 2012

52. Autores, “Continuous Emulsion Styrene–Butadiene Rubber (SBR) Process: Computer Simulation Study for Increasing Production and for Reducing Transients between Steady States”, November, Argentina, 2006
53. Macquarie Commodities Research, “Global petrochemical industry outlook”, September, USA 2015
54. China International Engineering-plastics Industrial Innovation Conference, September 23-24 th 2015, China
55. BASF Dr. Martín Jung, “One Pathway to Lightweight Composite Cars”, 2015
56. Mexichem, Reporte annual 2015, México
57. Ravi I. Hadimani, D. Vatanserver Bayramol, N. Sion, T. Shah, Limin Qian, “Continuous Production of Piezoelectric PVDF fibre for E-Textile applications”, Iowa State University. USA Iowa, 2015
58. López-Equilaz, M.J and Ramírez-Esparza, “Desarrollo de productos y diseño para el medio ambiente”, U.N.E.D., 2008
59. Oscar León Islas, “La industria química en México”, 2005, México
60. AS Maxwell, W R Broughton, G Dean and G D Sims, “Review of accelerated ageing methods and lifetime prediction techniques for polymeric materials”, NPL, Marzo 2005
61. Miguel Mendoza Ponce, “Con la figura de Patente, el IMP protege sus activos individuales”, IMP, México
62. María Teresa Sánchez Salazar, Norma Martínez Laguna, “Infraestructura Industrial de PEMEX”, México, 2010
63. IAV, “Plastics in automotive engineering“, USA, 2008
64. Mercedes Gómez Mares, María Eugenia Martínez Ortega, Guillermo Arroyo Ortega, Hortensia Reyes Blas, Juan Francisco Hernández Paz, Clemente Márquez Márquez, “Estudio de los efectos de biocombustible en Polímeros utilizados en automóviles”, Delphi Automotive Systems, México C.J.,
65. Filippo Bellan a, Andrea Bulletti , Lorenzo Capineri , Leonardo Masotti ,Goksen G. Yaralioglu , F. Levent Degertekin , B.T. Khuri-Yakub ,Francesco Guasti , Edgardo Rosi, “A new design and manufacturing process for embedded Lamb waves interdigital transducers based on piezopolymer film”, June 2005
66. AFPM, “Petrochemical use in transportation: The automobile”, USA, September 2015