

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA



**RECICLADO DE PLÁSTICO EN LA INDUSTRIA
AUTOMOTRIZ.**

CASO DE ESTUDIO

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO
DE:**

ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA APLICADA

OPCIÓN: PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE PLÁSTICOS

PRESENTA:

JUAN ANGEL ORTIZ MONTEMAYOR

SALTILLO, COAH.



CENTRO DE INFORMACIÓN

SEPTIEMBRE 2006

1 0 NOV 2006

RECIBIDO

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA



A TRAVÉS DEL JURADO EXAMINADOR HACE CONSTAR QUE EL
CASO DE ESTUDIO

**RECICLADO DE PLÁSTICO EN LA INDUSTRIA
AUTOMOTRIZ**

QUE PRESENTA:

JUAN ANGEL ORTIZ MONTEMAYOR



1 0 NOV 2006

RECIBIDO

HA SIDO ACEPTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
GRADO DE:

ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA APLICADA

OPCIÓN: PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE PLÁSTICOS


MC. RAFAEL AGUIRRE FLORES


MC. ROGELIO RENÉ RAMÍREZ VARGAS

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUIMICA APLICADA



**RECICLADO DE PLASTICO EN LA INDUSTRIA
AUTOMOTRIZ**

CASO DE ESTUDIO

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO
DE:**

ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA APLICADA

OPCIÓN: PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE PLÁSTICOS

ASESOR:

MC. ADRIAN MENDEZ PRIETO

INDICE

Índice de contenido.....	I
Índice de figuras.....	II
Índice de Cuadros.....	II
1.- Objetivo.....	1
2.- Introducción.....	1
3.- Revisión bibliográfica.....	4
3.1.- Aplicaciones en el sector automotriz de piezas plásticas.....	4
3.2.- Tecnología para la identificación, separación y reciclado de plástico en el sector automotriz.....	13
3.2.1.-Desensamblado manual.....	15
3.2.2.-Tecnologías de identificación.....	16
3.2.3.-Tecnología de separación mecánica de plásticos.....	19
3.3.- Reciclado antes y durante el ensamble del automóvil.....	22
3.4.- Reciclado después de ensamblado y vida útil del automóvil.....	29
3.4.1.- Objetivos de reciclabilidad de VFU.	34
4.- Estado actual de conocimiento.....	35
4.1.- Reciclado de plásticos de ingeniería.....	36
4.2.- Reciclado de materiales compuestos.....	39
4.3.- Reciclado de poliuretano.....	41
4.3.1.- Reciclado mecánico.....	42
4.3.2.- Reciclado químico avanzado.....	43
4.3.3.- Recuperación de energía.....	45
4.4.- Reciclado de poliolefinas termoplásticos.....	47
4.5.- Reciclado de neumáticos.....	49
4.5.1.- Aplicaciones para llantas recicladas.....	49
4.5.2.- Procesos de reciclado.....	50
4.5.3.- Etapas de obtención de Polvo y grano.....	51
5.- Conclusiones.....	53
6.- Referencia bibliográfica.....	55

INDICE DE FIGURAS

3.1.-Marco del techo solar de BMW.(PBT) -----	4
3.2.-Faros delanteros.(PBT) -----	5
3.3.-Componentes del limpia parabrisas.(PBT/30GF).-----	5
3.4.-Techos y cristales.(PC).-----	6
3.5.-Faros traseros.(PMMA).-----	7
3.6.-El sistema de espejo de seguridad.(DELRIN)-----	8
3.7.-Base móvil para antena.(DELRIN) -----	8
3.8.-Embolo de suspensión neumática.(Ultramid)-----	9
3.9.-Partes del radiador.(ULTRAMID)-----	10
3.10.-Colectores.(PA6).-----	10
3.11.-Tanque de gasolina.(HMWHDPE).-----	11
3.12.-Fascias.-----	11
3.13.- Requerimiento de tipo de plástico.-----	12
3.14.- Distribución de materiales plásticos.-----	12
3.15.- Proceso de separación y desmantelado.-----	14
3.16.- Trituradores convencionales.-----	23
3.17.- Sistema de extracción de granos y separación de finos -----	24
3.18.-Grano, hojuela, finos:-----	24
3.19.-Sistema de peletizado (extrusor, tina de enfriamiento, molino.-----	25
3.20.-Material peletizado.-----	25
3.21.- Sistema de rotor de un triturador.-----	26
3.22.- Piezas recicladas del VFU.-----	31
3.23.- Esquema del reciclado de VFU.-----	34
4.1.- Diagrama de reciclado de Poliuretano.(PU).-----	44
4.2.-Proceso criogénico de reciclado de neumáticos.-----	50
4.3.- Planta de reciclado de neumáticos.-----	51

INDICE DE CUADROS

3.1.- Identificación de plásticos.-----	17
4.1.- Compatibilidad de mezclas de plásticos de ingeniería.-----	36

1.-OBJETIVO.

Identificar los principales problemas presentes en el reprocesamiento de los materiales plásticos utilizados en el sector automotriz, que permitan a futuro, el planteamiento de estudios investigación que sustenten desarrollos de investigación y desarrollo tecnológico.

2.-INTRODUCCION.

Desde los años 70's, década en la que se produjo una de las peores crisis de energéticos en el mundo, las tendencias de la industria automotriz se modificaron.

Cambios drásticos en el diseño y manufactura de los vehículos automotores condujeron a una mejoría en los procesos de combustión y a una reducción de los pesos de los vehículos, lo cual a su vez condujo a una notoria disminución en el uso de combustible.

La disminución en el peso se dio de dos maneras, por un lado las dimensiones se redujeron y por el otro se sustituyó el acero por materiales de menor densidad, aluminio y plástico, básicamente.

Así, llegamos a los modelos de la década de los 90's en donde el peso promedio, de un auto mediano (Jetta, Cavalier) es del orden de los 1,400 k y de ellos, casi el 15% en peso correspondiente a materiales plásticos. Esto también se presenta en automóviles de lujo, por ejemplo, un Audi Avant C4 de 1994 pesaba 1,365 k y de ellos 200 k eran de plástico, de los 1,365 k que pesa un Porsche 911 carrera del año 1994, el 15.6% eran de plástico.

De ahí 154 k están en la carrocería, 35 k en el sistema eléctrico, 18 k en el motor y 6 k en los sistemas de suspensión y dirección.

Entre los materiales plásticos más utilizados está el polipropileno, alrededor del 2.6 % del peso total de plástico en el automóvil, el cual se utiliza entre otras cosas para formar el panel de instrumentos, o el ensamble de una sola pieza, que reemplaza a la tapa del abanico

del radiador, contenedor para el líquido de los limpiadores (delantero y trasero) y el túnel de llenado de estos últimos contenedores.

El polietileno de alta densidad (HDPE), representa el 0.7% en peso total de plástico en el automóvil. Otros materiales plásticos como los acrílicos, los policarbonatos, PVC y materiales compuestos, tienen aplicaciones importantes en esta industria.

La vida moderna depende en gran parte del acero, como uno de los materiales de mayor uso. Este material proporciona la rigidez necesaria para diferentes estructuras de edificios, autos, vehículos especiales entre otras aplicaciones. Sus principales propiedades son la ductibilidad, resistencia a la tensión, dureza, contracción, resistencia a la compresión y resistencia al impacto.

El aluminio es otro de los materiales de gran importancia en la industria de los metales, es el de mayor ductibilidad, factible de transformar por vaciado, rolar, estampar, dibujar, maquinar y extruir. Es resistente a la corrosión, refleja el calor y es excelente conductor de electricidad.

El problema de reciclado en vehículos, no se encuentra en la parte metálica del automóvil (que se recicla sin problema) sino en los materiales plásticos. Es decir, para incrementar el porcentaje de reciclado hay que aumentar el reciclado de los materiales plásticos, cuya utilización tiende a crecer en aplicaciones para automóviles. En este sentido, los constructores están iniciando una serie de acciones en lo que se refiere a estos materiales plásticos.

Cada vez la utilización de plástico en la industria automotriz es mayor, encontrando en los vehículos tanto termoplásticos, termofijos e incluso elastómeros, y dentro de cada una de estas clasificaciones encontramos diferentes clases de plástico lo que dificulta el reciclado, ya que la identificación y clasificación de las piezas, por el tipo de plástico del cual fueron fabricadas no es tan sencilla.

Podemos ver que la industria de la automoción se ha ocupado por identificar la mayoría de estas piezas para facilitar el proceso de reciclado, si embargo existen piezas que aún no se identifican y nos crean problemas.

Las diferentes técnicas para el reciclado de estos materiales nos dan una opción para recuperarlos, y que no se transformen en relleno sanitario lo cual representa un beneficio al medio ambiente, y el valor de estos materiales tienen un carácter productivo al reutilizarlos, ya sea, en la misma industria o fuera de ella.

3.-REVISION BIBLIOGRAFICA.

3.1.-APLICACIONES EN EL SECTOR AUTOMOTRIZ DE PIEZAS PLASTICAS.

A continuación se citan algunos ejemplos concretos de piezas automotrices fabricadas con algún tipo de plástico.

- **Marco del techo solar deslizante de BMW, (PBT). Fig. 3.1**

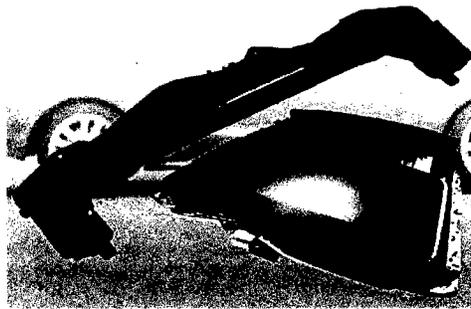


Fig. 3.1

Su estabilidad dimensional, sus propiedades antialabeo y su resistencia a la abrasión han sido las principales razones para la elección del poliéster termoplástico Crastin LW9020. Crastin LW9020 es un polibutileno tereftalato (PBT) que contiene una carga del 20 por ciento de fibra de vidrio. La pieza, moldeada por inyección, mide aproximadamente un metro de largo, tiene propiedades antialabeo especialmente buenas, por lo que, a pesar del tamaño de la pieza, se han respetado las estrechas tolerancias de fabricación que se requerían para trabajar con el techo solar.

Tratándose del techo de un vehículo, la pieza está expuesta a altas temperaturas y al sol, pero la alta resistencia del material al alabeo y envejecimiento por calor y radiación UV garantiza que la pieza mantenga su estabilidad dimensional durante toda la vida del vehículo.(1)

- **Faros delanteros. (PBT). Fig. 3.2**

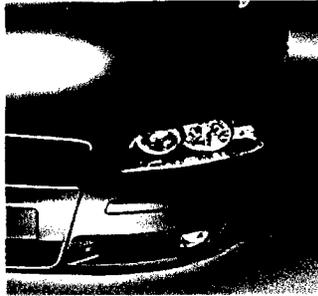


Fig. 3.2

Audi decidió nuevas especificaciones para esta pieza: debía ser de un plástico sin necesidad de tratamiento posterior, pintura o cromado, para embellecerlas. En consecuencia pues, el gran reto fue conseguir el color exacto al gris metalizado en las dos piezas adyacentes, hechas con polímeros intrínsecamente diferentes.(2)

Para las piezas que están en contacto directo con el faro, que deben resistir temperaturas de hasta 160°C y cuya línea de soldadura debe ser prácticamente invisible, se seleccionó Arnite TV4 220 de DSM , una resina de tereftalato de polibutileno. Para el marco que hay justo detrás del cristal del faro se eligió Xantar RX 1045. Esta pieza tiene que ser completamente plana y, al estar tan cerca de la lente del faro, requiere una estética excelente.

- **Componentes del limpia-parabrisas. (PBT/30 GF). Fig. 3.3**

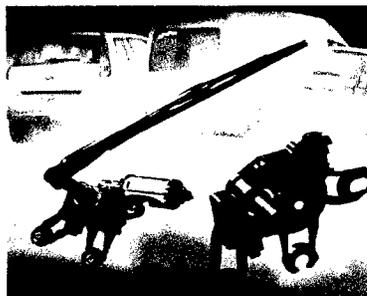


Fig. 3.3

Los fabricantes de componentes para automoción se benefician de las ventajas que les proporciona el Arnite TV8 260, un nuevo tereftalato de polibutileno (PBT) con un 30% de fibra de vidrio, ideal para las carcasas de los engranajes que accionan los limpiaparabrisas traseros de los coches todo-terreno y familiares. Comparado con los materiales alternativos convencionales de fundición o de chapa metálica, las carcasas de Arnite ocupan menos espacio, necesitan menos piezas y menos manipulado para su montaje y permiten realizar una mayor variedad de diseños para adaptarse a las líneas más complicadas y de mínimo espacio de los vehículos actuales.

Los poliésteres termoplásticos Arnite (PBT y PET) constituyen una línea especializada de materiales con extraordinarias propiedades mecánicas, eléctricas y térmicas y con una gran resistencia química y estabilidad dimensional. Contiene grados no reforzados y también reforzados con fibra de vidrio, así como grados especiales diseñados para minimizar el alabeo y maximizar la resistencia al impacto u optimizar la calidad de la superficie. Además de carcasas para motores y engranajes, también se usan en automoción para cajas de fusibles, sensores, reflectores de lámparas, rejillas, manecillas y portaequipajes; en cuanto al sector de la iluminación, Arnite se utiliza como base de lámparas y conectores, así como para componentes de compresores y carcasas de piezas electrónicas.(3)

- **Techos y Cristales. (PC). Fig. 3.4**

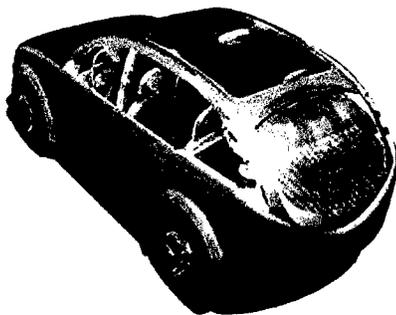


Fig. 3.4.

Los acristalamientos transparentes muy ligeros y resistentes a los cambios climáticos que integra el policarbonato Lexan, que aporta una alta transparencia, resistencia a productos químicos y a la abrasión. También permite una mayor libertad de diseño a fabricantes de la industria de la automoción que deseen incorporar una mayor funcionalidad y valor estético a las ventanas de los vehículos.(4)

Mientras que las ventanas laterales y traseras de las limusinas modernas se han vuelto ligeramente menores, las grandes ventanas y los lujosos techos panorámicos están recibiendo una mayor aceptación de los consumidores. Teniendo esto presente, los ingenieros de las empresas desarrollarán materiales innovadores y tecnologías de proceso, impresión y revestimiento. El policarbonato, siendo la mitad de pesado que el vidrio y deformable en cualquier forma se ha vuelto la mejor alternativa a los techos solares de vidrio y sistemas de techo solares.(5)

- **Faros traseros. (PMMA). Fig. 3.5**

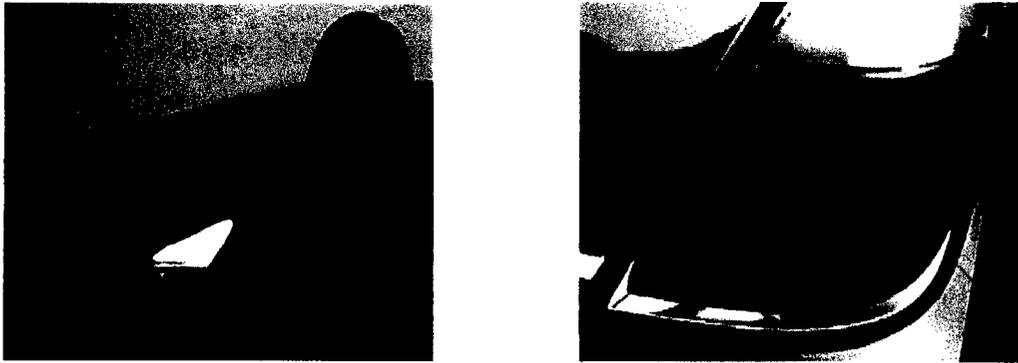


Fig. 3.5

Millones de coches circulan por carreteras con faros traseros moldeados con PMMA, además de su insuperable resistencia a la intemperie, este material se caracteriza fundamentalmente por su elevada transmisión de luz y resplandor, su variedad de colores y su gran resistencia a la abrasión y a las sustancias químicas.

- **El sistema de espejo de seguridad. (DELIRIN). Fig. 3.6**

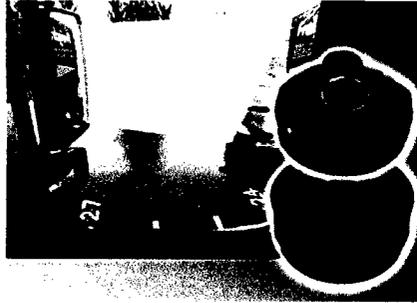


Fig. 3.6

Delrin®, la primera resina acetálica del mundo. Es un plástico de ingeniería muy versátil con propiedades similares a los metales. Gracias a su excelente resistencia, rigidez y dureza, bajo desgaste y baja fricción, estabilidad dimensional, resistencia a la fatiga, a la abrasión y a los disolventes y se produce en variedad de colores que fueron los factores decisivos para elegirlo en esta aplicación. (3)

- **Base móvil para antena. (DELIRIN). Fig. 3.7**

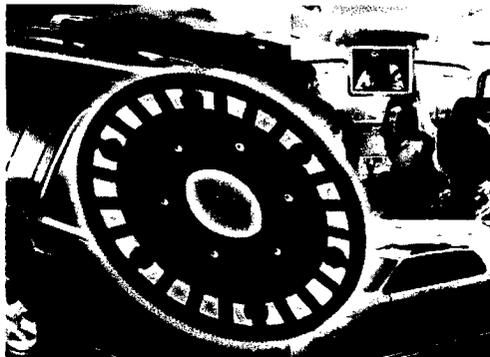


Fig. 3.7

Un cojinete plástico, moldeado en resina acetálica Delrin de DuPont, que ofrecen muchas ventajas con respecto al tradicional cojinete de acero, forma la base móvil de una nueva antena de televisión por satélite muy baja de KVH Industries Inc. Este cojinete es muy fino (sólo tiene 3mm de alto), con un diseño de círculo giratorio de la zona de turbulencia lo más amplio posible para ofrecer el máximo apoyo. Al ser plástico, el producto es una solución

de peso mucho más ligero. Asimismo, es más rentable, ya que un cojinete equivalente de acero inoxidable sería mucho más caro. (5)

- **Émbolo de suspensión neumática. (Ultramid). Fig. 3.8**



Fig. 3.8

Aplicado en grupos de ejes para remolques, esta pieza de gran rendimiento y estabilidad fabricada con el material plástico Ultramid, una poliamida de Basf, protege tanto la carga como la estructura de los remolques en vehículos utilitarios contra las enormes fuerzas producidas por los baches y las irregularidades del firme.

Las poliamidas de Ultramid® son compuestos del moldeo basados en PA 6, PA 66 y los copoliamidas tales como PA 66/6. Debido a sus características excepcionales estos materiales han llegado a ser imprescindibles en casi todos los campos.

Las poliamidas de Ultramid son excepcionales por su alta fuerza mecánica, rigidez y estabilidad termal. Por otra parte, producen buena resistencia de impacto incluso en las bajas temperaturas.(5)

- **Partes del radiador. (ULTRMID). Fig. 3.9**

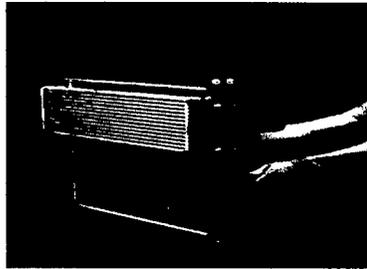


Fig. 3.9

Mientras que para la estructura de soporte resultan decisivas una buena rigidez y tenacidad, en el caso del refrigerador del aire y los depósitos de agua del radiador las propiedades más importantes que ha de ofrecer el material son estabilidad al aire caliente y resistencia al líquido refrigerante. Estas características las cubre perfectamente este material (6).

- **Colectores. (PA6). Fig. 3.10**

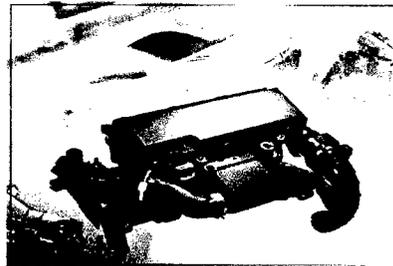


Fig.3.10

El nivel de rendimiento tiene que ser muy elevado, como el establecido para el acero y el aluminio. Se espera que los componentes funcionen sometidos a una gran presión durante largos periodos de tiempo y tienen que sobrevivir a la vida útil económica del automóvil. Además de ofrecer las mismas prestaciones que el acero y el aluminio, Akulon PA6 permite asimismo la integración de las piezas y una reducción del peso. Gracias al comportamiento del material y a la facilidad de reciclado, ofrece una resistencia óptima al envejecimiento por calor

y una capacidad de transformación más fácil que la PA66, lo que se traduce en unos niveles de precio/prestaciones mejores.

Está disponible en una amplia variedad de grados, que van desde el termoestabilizado a los grados de moldeo por soplado reforzados con fibra de vidrio, y ha sido desarrollado para que los proveedores e ingenieros de sistemas puedan reducir los costos de producción y el peso, lo que se traduce en un ahorro global en el consumo de combustible.(7)

- **Tanque de gasolina. (HMWHDPE). Fig. 3.11**



Fig. 3.11

Gracias a su resistencia al impacto, bajo peso, resistencia a la corrosión, y su facilidad de ser moldeado, entre otras ventajas, tenemos otro ejemplo de cómo el plástico ha ganado terreno en contra del acero, en donde pruebas y resultados contundentes hacen del polietileno el material ideal para esta aplicación.

- **Fascias. Fig. 3.12**



Fig. 3.12

Las fascias se fabrican principalmente de PP, PC o PBT+PC, aunque también es posible encontrarlos de copolímeros de etileno-propileno, PA, PPO, ABS o poliéster reforzado con fibra de vidrio, además a veces incluyen PU como absorbente de impactos.

Como observamos los materiales plásticos tienen una aplicación importante en la fabricación del automóvil, en la Fig. 3.13 vemos las distribuciones del tipo de plástico de acuerdo a su uso dentro de la industria automotriz. Por ahora el material más utilizado en la fabricación del automóvil es el acero con un 62%, y los plásticos tienen una utilización del 10% al 15% dependiendo de la marca y diseño como vemos en la Fig. 3.14

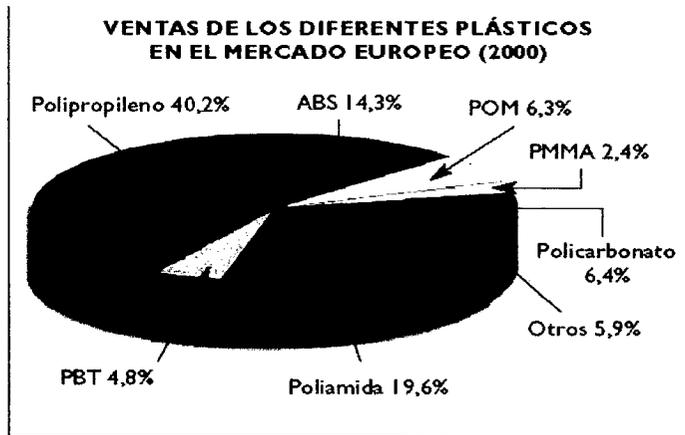


Fig. 3.13.- Requerimiento de tipo de plástico.

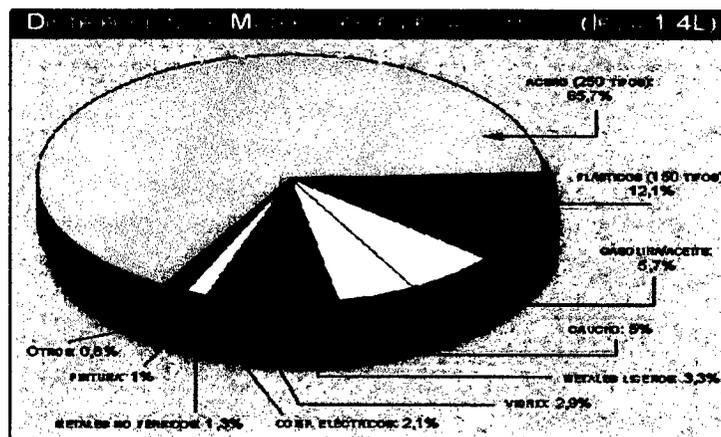


Fig. 3.14.- Distribución de materiales plásticos

Debemos esperar el desarrollo de tecnologías que representen alternativas creíbles a los materiales tradicionales tales como el metal y el vidrio con el fin de abrir nuevas posibilidades de mercado.(8)

3.2.- TECNOLOGÍAS PARA LA IDENTIFICACIÓN, SEPARACIÓN Y RECICLADO DE PLÁSTICOS EN EL SECTOR AUTOMOTRIZ

Virtualmente todos los materiales en los automóviles pueden técnicamente ser reciclados. Los parámetros de cambio en los aspectos ingenieriles están permitiendo que el proceso de reciclado sea económico especialmente para los materiales en componentes como asientos y paneles instrumentales. El reciclado de estos componentes requiere que los diferentes materiales sean separados para que cada uno sea reciclado individualmente. Esta separación puede ser desempeñada tanto manualmente, donde los trabajadores desensamblan y clasifican los componentes del vehículo o mecánicamente, donde el vehículo es triturado y el material clasificado por propiedades como conductividad y densidad.

Motivado por recientes esfuerzos legislativos o por una sensibilidad moral de obligación, fabricante de automóviles están intentando reducir el impacto ambiental para mejorar la reciclabilidad de sus vehículos y por lo tanto, reducir el porcentaje de cada coche que deberán ser dispuestos en tiraderos (9).

En Europa, la legislación ha sido propuesta para requerir a los fabricantes de coches se responsabilicen para que realicen su reciclado y recuperación de los materiales de sus vehículos. Este incremento en el énfasis en la reciclabilidad ha llevado al establecimiento del centro de desarrollo y reciclado del vehículo en Detroit (VRDC), resultante del esfuerzo entre Chrysler, Ford y General Motors. Puesto que la mayoría del acero y demás metales, aproximadamente un 75% de peso del vehículo, son reciclados, la concentración de esfuerzos recientes han sido direccionado a sistemas no metálicos como los materiales plásticos utilizados en sistemas parachoques, paneles instrumentales, asientos y otros componentes de interiores. (10).

Los esfuerzos en los Estados Unidos existen debido a apoyos recibidos; sin estos incentivos simplemente los vehículos serían enviados a los tiraderos. Los esfuerzos actuales en reciclado para vehículos consisten en una separación manual y mecánica. Componentes reutilizables/ remanufacturables (tales como motores y alternadores) son manualmente desmantelados del coche. Estos componentes son vendidos en mercados limitados a otros vehículos del mismo modelo y frecuentemente limitados al mismo año de fabricación.

Fig 3.15

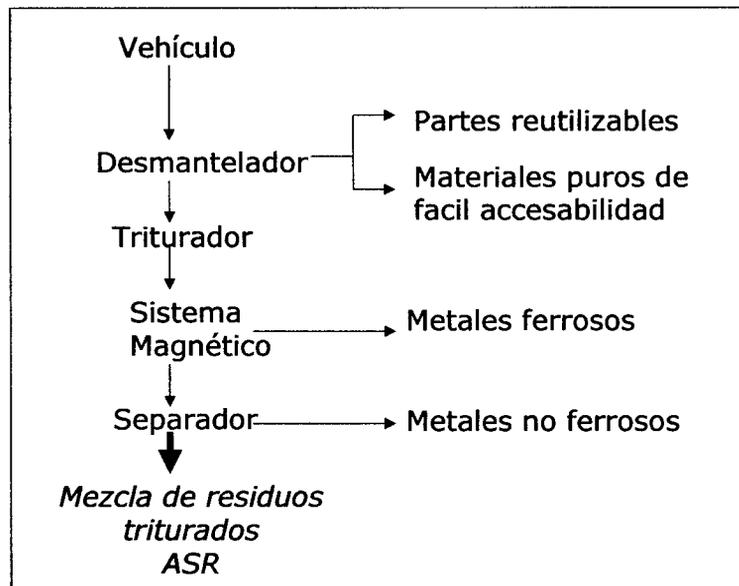


Fig.3.15 Proceso de separación y desmantelado

Cuando estos componentes son removidos, aquellos con alto valor son removidos en la etapa de desmantelado, consistiendo principalmente de aluminio, magnesio y otras piezas grandes de metal puro. Posteriormente el vehículo es enviado a un triturador y las piezas son separadas mecánicamente con base a sus propiedades, solo que antes de ser triturados, son separados las llantas y el tanque de gasolina. Los metales ferrosos son magnéticamente separados en una pila y los metales no ferrosos son generalmente separados en otra pila. El material sobrante del vehículo corresponde a un 25% en peso al cual se le da la denominación de mezcla de residuos triturados (ASR). (11, 12)

3.2.1 Desensamblado manual.

Aunque un número de técnicas de separación automatizada y sofisticada están actualmente siendo utilizadas es conveniente examinar las prácticas de desensamblado manual. Mientras las técnicas de separación mecánica son mejoradas, la separación manual presenta la ventaja de que el material recuperado es más puro y así de mayor valor, además de ser el método preferido en la presencia de contaminantes como tierra, aceite y otros. Por otra parte entre sus desventajas se encuentran su elevado costo de mano de obra, y la dificultad implícita para materiales utilizados en pequeñas cantidades o con bajo peso.

Las partes plásticas de grandes componentes como las puertas, asientos, etc son típicamente vendidos como partes completas. En la preparación para el triturado, generalmente se remueven las llantas, convertidores catalíticos, acumuladores, tanques para combustible y recuperación de fluidos como aceites, anticongelante, y líquidos refrigerantes.
(13)

Un factor que facilita la remoción manual más económica es el uso de una menor variedad de plásticos en una sola pieza ensamblada. Componentes mayores de un solo tipo de material tales como los guardafangos y parachoques, ofrecen mejores oportunidades económicas en el reciclado. Compañías europeas han prestado atención a este punto. En 1991, la asociación alemana para investigación automotriz, comisionó un esquema del Porsche para investigar el diseño del vehículo que permita el desmantelado fácil. (14-18). También en ese mismo año BASF desarrolló un guardafangos construido totalmente de polipropileno, donde se anticipó que el proceso llevaría tiempo debido a los problemas relacionados con la instalación. BASF también encontró que si el sistema total para parachoques consiste solo de un polímero como polipropileno, facilita la recuperación siendo más económica. En 1993 el Porsche 911 logra un parachoque de 100% de material recuperado. En este mismo contexto GE plastics y Ford Motor Company iniciaron un programa donde compraron los parachoques intactos de la Ford fabricados a partir de resina Xenoy, donde le fue removido la pintura utilizando un proceso base agua.

Otro de los desarrollos prometedores es el reciclado de la espuma de poliuretano de los asientos de los automóviles. (19).

Un ejemplo de un proceso de reciclado más establecido en la industria automotriz es la separación del plomo de las baterías del polipropileno. El polipropileno es recuperado y convertido nuevamente en cascos para baterías y también otros contenedores con aplicaciones en horticultura. (20–21)

3.2.2 Tecnologías de identificación.

La identificación de los plásticos para su reciclado es de gran importancia para poder evitar que lotes de materiales plásticos sean reciclados.

Como hemos visto dentro de la industria automotriz, la utilización del plástico esta en aumento constante, gracias a las ventajas que ya estudiamos, sobre los materiales convencionales, ahora, tomando en cuenta que cada día se desarrollan nuevas resinas y aleaciones entre ellas para utilidades específicas dentro de esta industria podemos imaginar la dificultad que representa la reutilización de estos materiales, tomando en cuenta su degradación por historial térmico, la dificultad de separarlos y mantenerlos libres de contaminación, estándares de calidad de producto terminado, etc.

Para la solución de esto, la industria automotriz acordó clasificar e identificar la clase de piezas plásticas utilizadas en cada una de las piezas que componen el automóvil, de acuerdo con la clasificación de importancia en el mercado ya establecida, cuadro 3.1, e incluyendo nuevas clasificaciones.

Cuadro 3.1.-De acuerdo a su importancia comercial por sus aplicaciones en el mercado, se encuentran los denominados COMODITIES los cuales son:

Nombre	Abreviatura (opcional)	Número de identificación
Polietilentereftalato	PET o PETE	1
Polietileno de alta densidad	PEAD o HDPE	2
Policloruro de vinilo o Vinilo	PVC o V	3
Polietileno de baja densidad	PEBD o LDPE	4
Polipropileno	PP	5
Poliestireno	PS	6
Otros	Otros	7

(El código de Identificación es adoptado en México el 25 de Noviembre de 1999 en la NMX-E-232-SCFI-1999 basado en la identificación de Europa y países de América)

La industria del automovil acordó identificar todas las piezas, marcándolas con su número de identificación o sus siglas características, y para asegurar que cada pieza este debidamente con esta información, se incluye en el mismo diseño de molde de la pieza estos datos logrando que toda pieza moldeada con ese molde este marcada con el tipo de plástico con la que fue fabricada.

Actualmente encontramos por lo general en el gran total de piezas plásticas que forman parte de un automóvil su leyenda de identificación en cuanto a los materiales de que está moldeada, algunos ejemplos:

>PP<	polipropileno	>PC/ABS<	policarbonato/acril.but. estireno
>PU<	poliuretano	>PA66<	poliamida 66
>HDPE<	polietileno de alta densidad	>PMMA<	polimetil metacrilato
>LDPE<	polietileno de baja densidad	>PPA<	poliftalamida
>ABS<	acronitrilo butadieno estireno	>POM<	polioximetileno
>PP-GF30<	polipropileno con 30% de fibra de vidrio	>TPO<	olefinas termoplásticas
		>PEEK<	polietereterceto

La realidad muestra que dentro de las empresas la generación de desechos plásticos de piezas fuera de especificaciones o coladas de maquinas de moldeo, es considerable, y que actualmente las empresas han visto una gran oportunidad de reducción de costos reutilizando estos desechos que en épocas pasadas se mandaban confinar a rellenos sanitarios, pero no solo se pueden recuperar estos materiales dentro de las empresas, sino que también podemos recuperarlos después de la vida útil del automóvil, separando las partes plásticas para reciclarlas, de ahí que podemos definir dos procesos de reciclado:

La identificación visual del tipo de plástico, para propósitos del reciclado, es posible mediante el uso códigos de las partes individuales. Esta práctica es solo parcialmente establecida en la industria. Aunque existen los estándares de codificación internacionales para la identificación de los plásticos (como SAE J1344, ISO 1043), aun no se logra un esfuerzo uniforme y estandarizado. En la ausencia de tales códigos, se han encontrado otros medios de identificación de los tipos de plásticos como la espectroscopia infrarroja (IR).

Debido a los diferentes plásticos tienen un espectro de absorción de luz propio, empleándose para su clasificación mediciones de reflectancia y absorción electromagnética. La muestra de plástico es iluminada por luz infrarroja por rayos laser o rayos X, detectando y analizando el espectro reflejado para determinar el tipo de plástico. Esto es posible debido a que cada tipo de plástico tiene su propia huella digital en el espectro electromagnético (22).

Estos medios de identificación y separación de plásticos mezclados son la tecnología de identificación de mayor aplicación de la industria del reciclado de los materiales plásticos. El sistema de sensores de infrarrojo (FT-IR) que permite la identificación de compuestos orgánicos y el sistema de rayos X (diseñado principalmente para la separación de pvc), son capaces para lograr la separación de los plásticos. Actualmente el desarrollo se encuentra en tecnologías de nuevos sensores para la separación a nivel hojuela del plástico, incluyendo separación por color.

3.2.3 Tecnologías de separación mecánica de plásticos.

La separación mecánica tiene relativamente un costo más bajo que la separación manual, sin embargo requiere de diferencias significativas en propiedades de los materiales fácilmente medibles, por ejemplo, los metales ferrosos son muy fácilmente de separar por medio de sistemas magnéticos.

***Separación por humectación (flotación).**

Basada en las propiedades de superficie de los polímeros y su capacidad de humectación. En un tanque se inyecta aire para hacer que los materiales hidrófobos floten mientras los hidrófilos sedimentan en el medio líquido. Debido a la gran hidrofobicidad de los polímeros en general se adicionan surfactantes para ayudar a la separación.

***Separación electrostática.**

La separación electrostática es un método de separación basado en la diferente atracción o repulsión de partículas cargadas bajo la influencia de un campo eléctrico. La aplicación de una carga electrostática a las partículas es un paso necesario antes de que su separación pueda tener lugar. Tres son las técnicas más utilizadas para dotar a las partículas de dicha carga:

- Electrificación por contacto entre materiales con propiedades muy diferentes.
- Inducción conductiva, la cual tiene lugar al poner en contacto una partícula inicialmente no cargada con una superficie que sí que lo está.
- Bombardeo de iones de gases atmosféricos. Este es el método más poderoso de electrificación.

***Separación por disolución química.**

Se basa en la propiedad de solubilidad diferencial de los materiales en solventes con grados de compatibilidad diferentes. El alto consumo de solventes tóxicos y la necesidad de eliminarlos del producto por evaporación eleva considerablemente los costos.

***Procesos de separación térmica.**

Las propiedades térmicas (punto de ablandamiento y de ebullición) son específicas para cada uno de los plásticos y se han investigado como posible criterio de separación, aunque hasta ahora no se han implementado a nivel industrial, puesto que no se ha logrado determinar exactamente los parámetros que influyen la termoadhesión y en consecuencia la calidad de la separación.

***Separación por densidad.**

Se basa en las diferencias de densidad de los polímeros con respecto al medio en el cual se encuentran. Causando que el material más liviano flote y el más pesado sedimente. Las aplicaciones de esta tecnología son las siguientes:

***Separación por flotación – sedimentación.**

Bajo el efecto de la gravedad: este método necesita una gran área de trabajo y tiempo para obtener altas eficiencias de separación. Se requieren equipos con un gran volumen y un alto consumo de agua.

***Separación en un campo centrífugo horizontal.**

Se basa en la aplicación de la fuerza centrífuga en cambio de la fuerza de gravedad incrementando la velocidad de sedimentación y disminuyendo las áreas y tiempos de trabajo. En éste, el líquido de separación con partículas plásticas entran al aparato tangencialmente y son sometidas a la aceleración centrífuga generada por el movimiento circular. Esta aceleración dirige al exterior las partículas más pesadas que el fluido, mientras las partículas más livianas se mueven hacia el vórtice interior (23,24).

*** Separación por campos centrífugos verticales.**

La centrífuga horizontal se llena parcialmente con un líquido separador que forma un campo anular, en virtud de su rápida rotación. La mezcla de plásticos es cargada como una suspensión en la centrífuga, donde las partículas son sometidas a fuerzas de corte verticales intensas, por lo que simultáneamente son seleccionadas y liberadas de impurezas. Las partículas cuya densidad es mayor que la del líquido, se ubicarán en la parte más exterior de las paredes de la centrífuga, mientras que los componentes más livianos flotarán, incluso en el caso de las partículas finas. El mecanismo de separación por campos centrífugos verticales presenta grandes ventajas frente a las demás técnicas:

- Es especialmente deseable para la separación de plásticos mezclados y sucios, por su alta selectividad, rapidez y porque entrega el producto lavado y seco.
- La forma y tamaño de los sólidos no afecta grandemente el desempeño de la máquina,
- No es sensible a la presencia de impurezas como etiquetas, puesto que las maneja como cualquier residuo plástico independiente.

3.3. RECICLADO ANTES Y DURANTE EL ENSAMBLE DEL AUTOMOVIL.

Básicamente consiste en la reutilización del scrap generado en las empresas que fabrican alguna pieza plástica que conforma el automóvil, (molduras, tanques de gasolina, fascias etc.), mediante un proceso de triturado o peletizado de sus desechos.

En algunos casos el material recuperado del mismo proceso, en cuanto a piezas fuera de especificaciones, purgas y venas permite la reutilización de estos en el mismo proceso, teniendo como restricción los estándares de calidad que el producto final exige, ya que dentro de lo permitido tenemos la utilización desde un 10% en piezas donde la estética no permite mas que este porcentaje, un 40% en tanques de gasolina, y hasta un 60% en fascias y claro las piezas que no permiten la reutilización de materiales recuperados. Como vemos, la reducción de costos en cuanto a la utilización de material virgen y la utilización de material recuperado es evidente, así que la industria cada vez más se preocupa por recuperar la mayor cantidad de material scrap que genera por si misma, incluso ya los procesos están automatizados para hacer la mezcla con los porcentajes establecidos, lo cual exige la presencia de estos materiales recuperados casi como imprescindibles para la fabricación de la pieza.

En cuanto a materiales nobles, por llamarlos de alguna forma, como lo es el PP o HDPE, la dificultad para reutilizarlos es relativamente baja, ya que por su naturaleza permite su reciclado sin tanto problema ya sea dentro de la empresa original o fuera de ella claro que cuidando la limpieza del material ya que dentro de la planta el riesgo de contaminación del material es alto. En la industria automotriz la recuperación de materiales plásticos y reintegrarlos nuevamente a su proceso a tomado gran importancia, principalmente por el beneficio que logran en cuanto al costo de su producto y uno que es de mayor importancia, el beneficio ecológico al reducir las cargas de materiales plásticos a los rellenos sanitarios.

Para el reciclado de estas piezas se han diseñado diferentes equipos para reducirlos de tamaño, de tal forma que se puedan procesar, estos equipos básicamente tienen el mismo principio que es el de triturar piezas grandes para granularlos, estos trituradores que

comúnmente se les conoce como molinos, son máquinas que cuentan con un sistema de cuchillas que giran a diferentes revoluciones, por donde pasa el material que se desea procesar, por lo general toda la industria del plástico cuenta con sus trituradores de acuerdo a sus requerimientos, haciendo el reciclado dentro de la misma empresa.

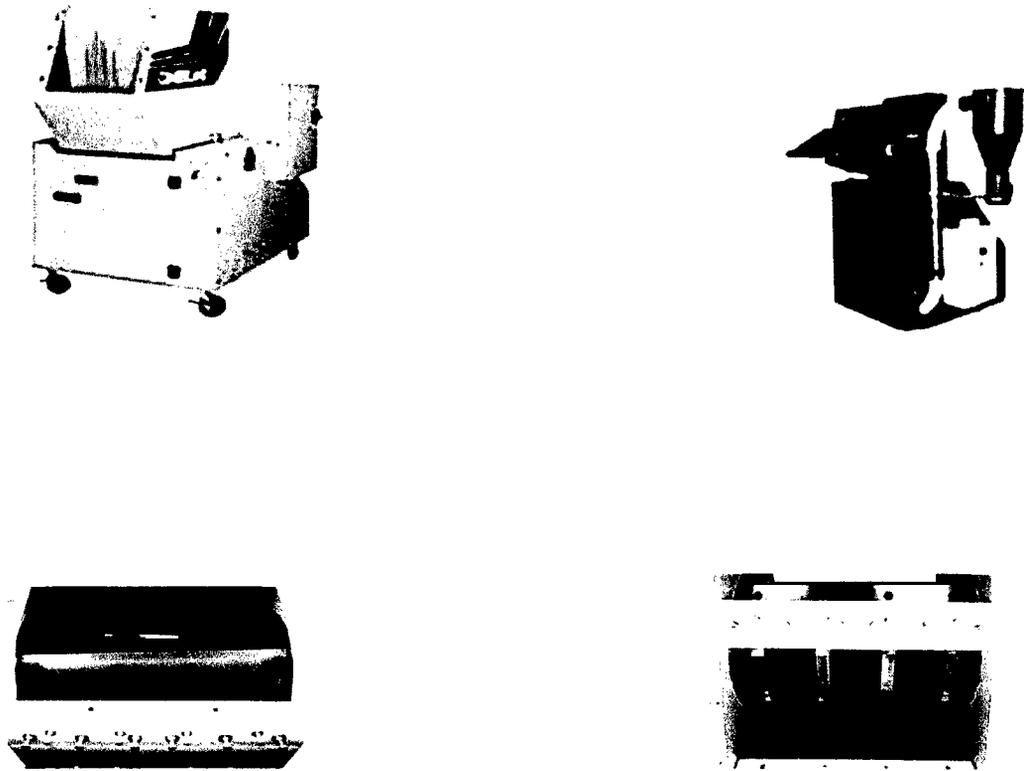


Fig 3.16.- Trituradores convencionales.

Algunos tipos de trituradores convencionales, Fig. 3.16, como vemos, dentro de éstos existen diferentes diseños para cada requerimiento, en cuanto a velocidad de corte, diseño de rotor, conformación de cuchillas, diámetro de partícula requerida, capacidad, y tambien existen equipos que se encargan de extraer el material triturado del contenedor del triturador asi como de separar los finos del grano.

La separación de los finos es importante porque éstos pueden dificultar el procesamiento de nuestro material reciclado.

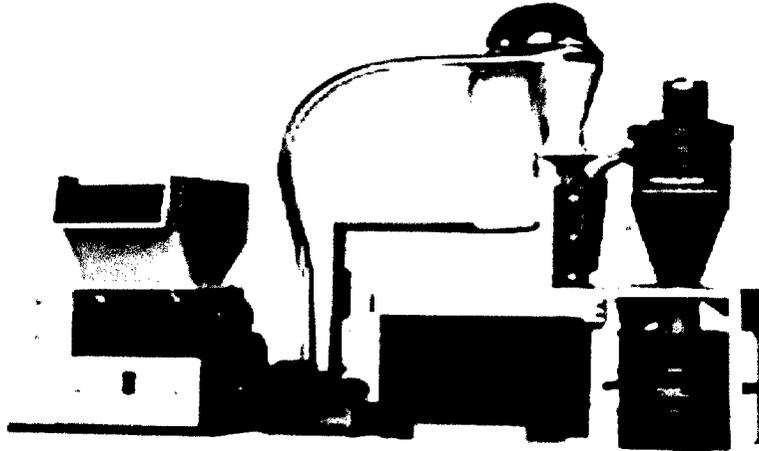


Fig 3.17.- Sistema de extracción de granos y separación de finos.

Este equipo, Fig. 3.17, es la solución para los problemas de las partículas finas generadas durante el proceso de molienda y que causan mala apariencia en el producto terminado en procesos de inyección, extrusión o soplado. El proceso se realiza por diferencia de presiones; el grano más pesado cae al contenedor y las partículas más pequeñas son llevadas hacia un ciclón depositándolo en un tambor sellado. De esta forma los granos o escamas recuperados quedan libres de polvo y partículas finas teniendo además un tamaño y peso homogéneo.

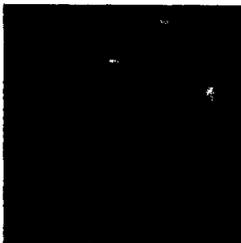


Fig.3.18.- Grano, hojuela, finos.

El material que es separado de nuestra hojuela o grano (finos) Fig. 3.18, también puede ser recuperado como ya lo comentamos, este material es difícil procesarlo por su bajo peso y consistencia, así que se somete a un proceso de peletizado Fig. 3.19.

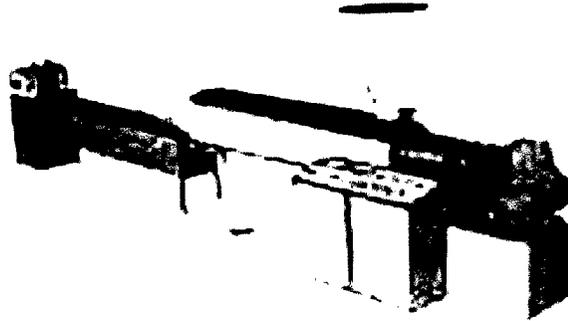


Fig.3.19.- Sistema de peletizado, (extrusor, tina de enfriamiento, molino).

El material en forma de finos se introduce por la tolva para alimentar el extrusor, en ocasiones es necesario un sistema de alimentación forzada para forzar al material a llegar al husillo del extrusor, ya que por su bajo peso se aglomera en la boca de alimentación. Pasando por el husillo el material funde y se puede pasar a través de un dado con orificios lo que genera filamentos de material el cual pasa a la tina de enfriamiento para luego ser cortado en pellets Fig. 3.20, este proceso es muy efectivo para la recuperación de estos materiales, pero tenemos que tomar en cuenta que las características de este material no serán iguales a nuestro triturado, ya que la degradación, debido a su historial térmico será mayor, y sus propiedades cambiarán.



Fig.3.20.- Material peletizado.

Ahora hay una nueva generación de estos equipos llamados desgarradores, (shredder), Fig. 3.21, los cuales son para purgas de gran tamaño para lograr reducirlos a partículas más pequeñas, éstos tienen un diseño de rotor mas complejo y la distribución de cuchillas y el mismo diseño de éstas es mas especializado que el de un triturador común, además de ser de bajas revoluciones, obteniendo un tamaño de partícula mayor, que después se procesa en un triturador convencional.



Fig.3.21.- Sistema de rotor de un triturador.

¿Y que pasa con el material que no se recupera dentro de la misma empresa?, Estos materiales que por lo general son de muy buena calidad ya que su historial térmico es corto y la calidad del material virgen de por sí es muy bueno, se aprovechan en la industria del plástico en donde sus estándares de calidad y requerimientos no son tan exigentes, como por ejemplo: la industria de las bolsas, poliductos, tinas y contenedores, tarimas plásticas, etc.

Este otro ramo de la industria del plástico, se beneficia grandemente con el deshecho de estos materiales, ya que se compran a precios relativamente bajos y pueden competir en el mercado en contra de los chinos, pero ese es otro tema.

El verdadero problema esta en los materiales que están formulados para una aplicación determinada y específica, esto es, materiales que fueron diseñados con características muy específicas y se logran mediante una combinación de dos o más materiales o cargas, las cuales

son difíciles de determinar en el momento de reciclarlos, y son materiales de ingeniería que su procesabilidad no es tan sencilla para que la industria “común” del plástico reutilice, ya sean las aleaciones de fibra de vidrio y polipropileno (GF/PP), policarbonato y acrilonitrilo butadieno estireno (PC/ABS), nylon y fibra de vidrio (PA/GF), etc, que los porcentajes de éstos son específicamente para la pieza que se fabrica, o como en el caso de las fascias, el contenido de pintura y adhesivos dificulta el reciclado de estas piezas.

Sabemos que por el historial térmico de los materiales, éstos sufren el efecto de la degradación, por el rompimiento de cadenas y/o entrecruzamientos, cambiando las propiedades originales del material, en la industria del plástico automotriz, podemos confiar que cuentan con un departamento que se encarga de monitorear los cambios que sufre el material para mantener la formulación de la mezcla, virgen/regenerado, o cambiarla.

El material que se reintegra al proceso original, en forma de partícula no uniforme, ya que se requiere un triturador para granularlo, y la granulometría de éste es variable, nos presenta nuevos problemas. Por su variedad de forma, tamaño y peso de partícula los mezcladores no logran hacer una combinación del regenerado con el virgen constante, debido a granulometría del material regenerado los espacios entre partícula varían de carga a carga, lo cual provoca diferencias en las formulaciones.

Para solucionar esto, existe la opción de pelletizar el material, que no es mas que pasar nuestro material regenerado a través de un extrusor con un dado de con orificios de un diámetro uniforme que genera filamentos, para pasarlo después a una tina de enfriamiento y finalmente por un cortador o si se cuenta con un sistema de corte a la cabeza, se elimina la tina de enfriamiento y se pasa directo al cortador, logrando así un tamaño de partícula uniforme, facilitando la formulación, pero, como ya sabemos, el hecho de someter el material a otro proceso de extrusión, aparte de aumentar el costo de reciclar este material, la degradación que sufre, es motivo de valorarlo y de acuerdo a la industria la mejor opción es reutilizarlo después de triturarlo, en cuanto a purga y piezas, pero también existen los finos, que es el material que se genera en los sistemas de colectores de polvo, que por su bajo peso es imposible su procesamiento, así que se somete a un proceso de peletizado.

Uno de los materiales que ha tomado ventaja en cuanto a su utilización en los automóviles y su reciclado es el poliuretano (PU), ya que esta desplazando a materiales convencionales. Los poliuretanos componen la única familia más versátil de polímeros que existe. Pueden ser elastómeros y pueden ser pinturas, pueden ser fibras y pueden ser adhesivos, aparecen en todas partes.

Parte del éxito del PU es su capacidad para ser producido de muchas formas diferentes, como espumas flexibles (30 kg/m³ de densidad) o plásticos duros y rígidos (1.220 kg/m³ de densidad). Otras muchas propiedades se pueden ir haciendo a la medida durante la fase de desarrollo, con el fin de reunir las condiciones particulares que cada fabricante de automóviles pueda tener para las diversas aplicaciones.

El crecimiento más importante se registrará en el campo de la atenuación acústica, seguido de subsistemas como paneles de puerta, volantes y salpicaderas. En la actualidad el poliuretano ya se está utilizando habitualmente en asientos, aunque también hay que señalar que los recientes avances en las propiedades de los materiales están llevando a progresos significativos en la comodidad para los pasajeros y piloto, así como duración de los asientos y mayor facilidad en su fabricación.

3.4-RECICLADO DESPUES DE ENSAMBLADO Y VIDA UTIL DEL AUTOMOVIL.

Las operaciones de desensamblado selectivo de los VFU (vehículos fuera de uso), es un reflejo de la situación actual en la que dichas operaciones sólo son viables si se aplican a piezas con cierto peso y volumen como defensas, depósitos de gasolina, paneles frontales o a partes fabricadas con un polímero de suficiente valor Fig. 3.22, El esquema de reciclado general consiste en:

- 1. Localización de la pieza,**
- 2. Identificación del material,**
- 3. Desensamblado,**
- 4. Tratamiento de limpieza,**
- 5. Reducción de tamaño.**

Aunque existen líneas comerciales que facilitan las operaciones de desensamblado, éstas todavía se realizan siempre de forma manual ya que el paso a líneas automatizadas basadas en robots exigiría inversiones muy fuertes debido a la variedad y complejidad técnica de las acciones a realizar. La identificación del material suele basarse en la experiencia de los operarios y en la lectura de la información disponible en manuales o grabada en la propia pieza. El uso de analizadores portátiles, por ejemplo de luz infrarroja, para realizar la confirmación o identificar in-situ la naturaleza de los plásticos en piezas dudosas o marcadas de manera insuficiente tampoco es frecuente.

Los procesos de reciclado propiamente dichos para cada una de las piezas que forman el automóvil son más específicos debido a la variedad y complejidad de materiales usados y a la presencia de diferentes tipos de contaminantes. No obstante, suelen ser limpiezas mediante lavado en caso de que haya habido contacto con fluidos o separación en el caso de que aparezcan materiales no deseados como insertos o enganches metálicos. Ambas operaciones pueden combinarse con triturados previos o posteriores.

El número de vehículos fuera de uso (VFUs) registrado en la Unión Europea durante el pasado año superó los ocho millones de unidades y se estima que llegue a la cifra de diez millones en 2015. Aunque todavía casi el 7% de esos VFUs se abandona de forma incontrolada la mayor parte van a parar a los deshuesaderos.

Estos negocios se han enfocado tradicionalmente hacia la recuperación y venta de piezas aprovechables como repuestos de segunda mano, complementando su actividad con la comercialización de partes como las baterías, neumáticos, catalizadores, depósitos o fascias que tienen cierto valor en el mercado. Los restos de esos VFUs se someten a una descontaminación mínima, en la que se eliminan fluidos problemáticos como aceites y combustibles, y se envían hacia las fragmentadoras para ser triturados y proceder a la separación de los materiales que contienen.

Como resultado de este esquema de reciclado, cuyo objetivo principal es recuperar los metales féreos y no féreos, sólo se aprovecha un 75% del total de la corriente total de VFUs. El resto, un conjunto heterogéneo de materiales como espumas, plásticos rígidos (termoplásticos y termoestables), elastómeros, restos metálicos y otros (madera, vidrio, textiles...), generalmente acompañados con tierra, constituye lo que globalmente se conoce como residuo de fragmentadora de automóviles o ASR (Automotive Shredder Residue). Según datos de APME (Association of Plastics Manufacturers in Europe), excluyendo los metales, los plásticos con 9,3% y las gomas con 5,6% eran los materiales más abundantes en los automóviles fabricados en 1998 en Europa Occidental.

Por otra parte, las autoridades europeas iniciaron ya hace unos años una actuación que finalmente se tradujo en la Directiva 2000/53/CE relativa a los vehículos fuera de uso publicado el 21/10/2000 en el Diario Oficial de las Comunidades Europeas. El texto se desarrolla en artículos de prevención, recogida, tratamiento, reutilización y valorización, normas de codificación e información de desmontaje y de generación de informes y recogida de datos. La Directiva que se debe transponer a las legislaciones nacionales (en España, la aprobación del Real Decreto es inminente), establece que los Estados Miembros de la Unión Europea adoptarán las medidas necesarias para garantizar que los operadores económicos

prevengan la generación de residuos, junto a la reutilización, reciclado y otras formas de valorización de los VFU y sus componentes con el siguiente calendario: Para enero de 2006, la reutilización y reciclado debe alcanzar un mínimo del 80% y la valorización del 85% del peso medio por vehículo, (70% y 75% respectivamente para vehículos producidos antes de enero de 1980).

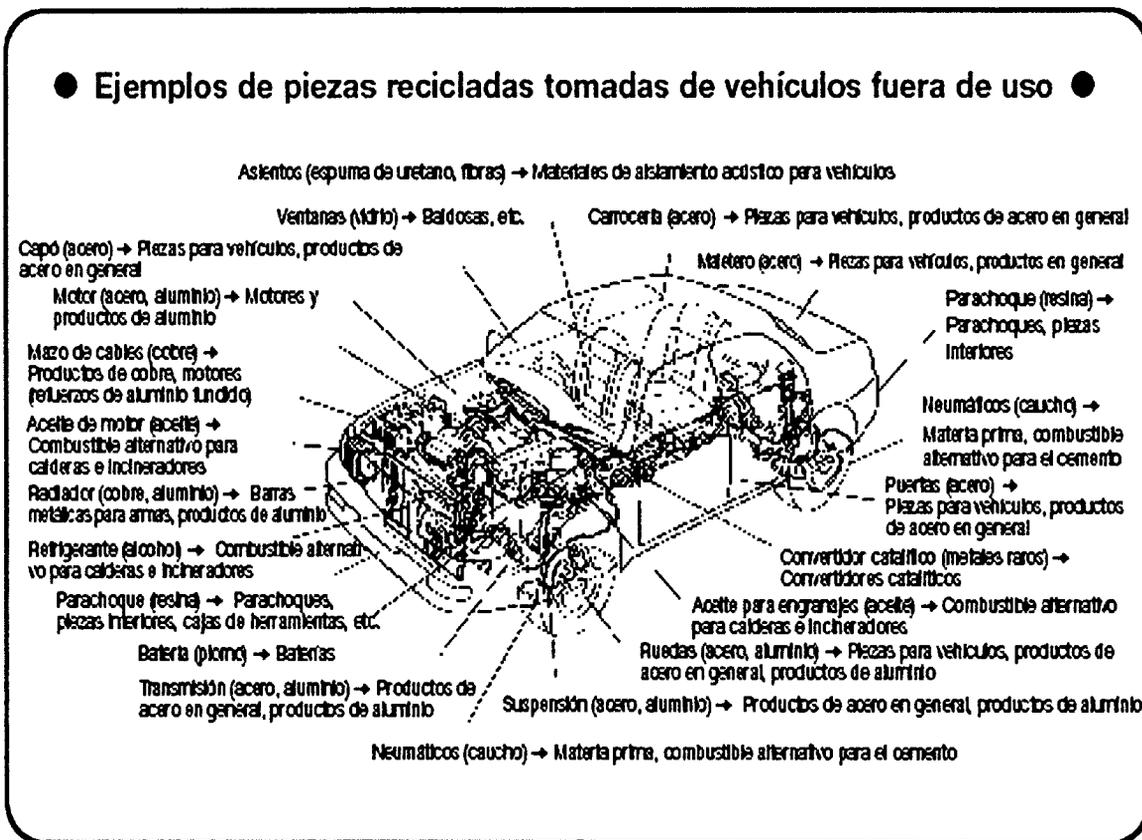


Fig.3.22.- Piezas recicladas del VFU

Para enero de 2015, la valorización deberá aumentar hasta un mínimo del 95% y la reutilización y reciclado hasta un mínimo del 85% del peso medio por vehículo y año.

Esa necesidad, casi inmediata, de disminuir la cantidad de residuos generados ha provocado el interés de la industria relacionada con el sector de buscar alternativas de

separación y recuperación de los distintos materiales. La consecuente necesidad tanto de captación como de transferencia de tecnología es la que ha llevado al Centro Tecnológico Gaiker a involucrarse en proyectos relacionados con el sector automoción como diseño de alternativas, aplicaciones y desarrollo de materiales orgánicos asociados a la problemática del reciclado para su reutilización en componentes del sector de automoción, tecnologías para el reciclado integral de vehículos al final de su vida útil, y desarrollo de una tecnología de separación para la recuperación de las fracciones plásticas contenidas en el ASR de cara a su reutilización en productos de alto valor añadido, en cuya preparación se está trabajando en la actualidad, que siempre han apostado por un esquema global de reciclado, considerando los materiales separados como un intermedio para la obtención de una pieza o producto final, que cierre el ciclo de vida de los materiales recuperados.

Como ya se comentó, inicialmente el esquema existente de reciclado de VFU genera una mezcla muy heterogénea de materiales conocida como ASR. Cualquier esfuerzo por aumentar la tasa de reciclado aprovechando dicho esquema pasa por lograr separar y/o compatibilizar parte de los materiales presentes en esa corriente Fig. 3.23.

En este aspecto, se ha enfocado el esfuerzo de separación en conseguir la agrupación de plásticos en familias o grupos más o menos homogéneos que posteriormente permitan ser tratados y procesados con el objetivo de reutilizarlos en nuevas aplicaciones. De una manera amplia, las operaciones de separación de mezclas de materiales sólidos se basan en diferencias de tamaño de partícula, de peso específico, de afinidad físico-química superficial, de propiedades magnéticas, de comportamiento eléctrico, de propiedades ópticas o de respuesta al calentamiento. Estas operaciones dan lugar respectivamente a gran variedad de configuraciones y equipos como cribas y tambores, balsas de flotado-hundido, hidrociclones y mesas de concentración, balsas de flotación, separadores magnéticos o de inducción, separadores electrostáticos, clasificadores por colores y sistemas de fraccionamiento por temperatura.

A grandes rasgos pueden diferenciarse en tecnologías húmedas y secas. Las húmedas agrupan la separación por densidades con un medio líquido en balsas de flotado-hundido o en

hidrociclones y la separación por propiedades físico-químicas con agua a la que se añaden tensoactivos en balsas de flotación. Las secas son aquellas basadas en propiedades magnéticas, eléctricas, ópticas y térmicas. Aunque los equipos basados en el magnetismo propio o inducido son muy adecuados para la recuperación de metales son los métodos de separación electrostática los que han dado un nuevo giro a la situación porque son capaces de separar materiales no metálicos según su naturaleza más o menos aislante. Asimismo, la separación electrostática puede trabajar no sólo con la magnitud de la carga sino también con su signo y con su variación en el tiempo, generalmente durante la descarga. Por otra parte, la tecnología de separación basada en la respuesta de los materiales al calentamiento, se aplica principalmente a la separación de plásticos según su naturaleza, teniendo en cuenta su temperatura de reblandecimiento.

Existen referencias muy específicas a la separación de plásticos de ASR en sistemas de flotado selectivo con tensoactivos como el aplicado a termoplásticos, o el de recuperación de espumas de PU de Argonne National Laboratories (EUA). Empresas muy activas en el desarrollo de métodos de separación electrostática son Hamos (Alemania), Steiner (Alemania) o Carpco (EUA). También se debe citar la separación de termoplásticos por radiación infrarroja de Salyp (Bélgica), en colaboración con Oekutec (Alemania) y Soenen (Bélgica), a través de un clasificador infrarrojo de termoplásticos para ASR que permite calentar y reblandecer termoplásticos selectivamente y superar el handicap de las técnicas gravimétricas para termoplásticos de densidades similares. Para cerrar el ciclo las fracciones plásticas recuperadas de los ASR requieren un esfuerzo de reformulación con cargas y aditivos (estabilizantes térmicos, antioxidantes, modificadores de impacto) y compatibilización antes de procesarse para obtener materiales que cumplan los requerimientos definidos por el sector automoción o el sector que acepte las nuevas piezas. Evidentemente, el precio tras el tratamiento debe ser inferior y la calidad equiparable a la de los materiales vírgenes utilizados comercialmente.

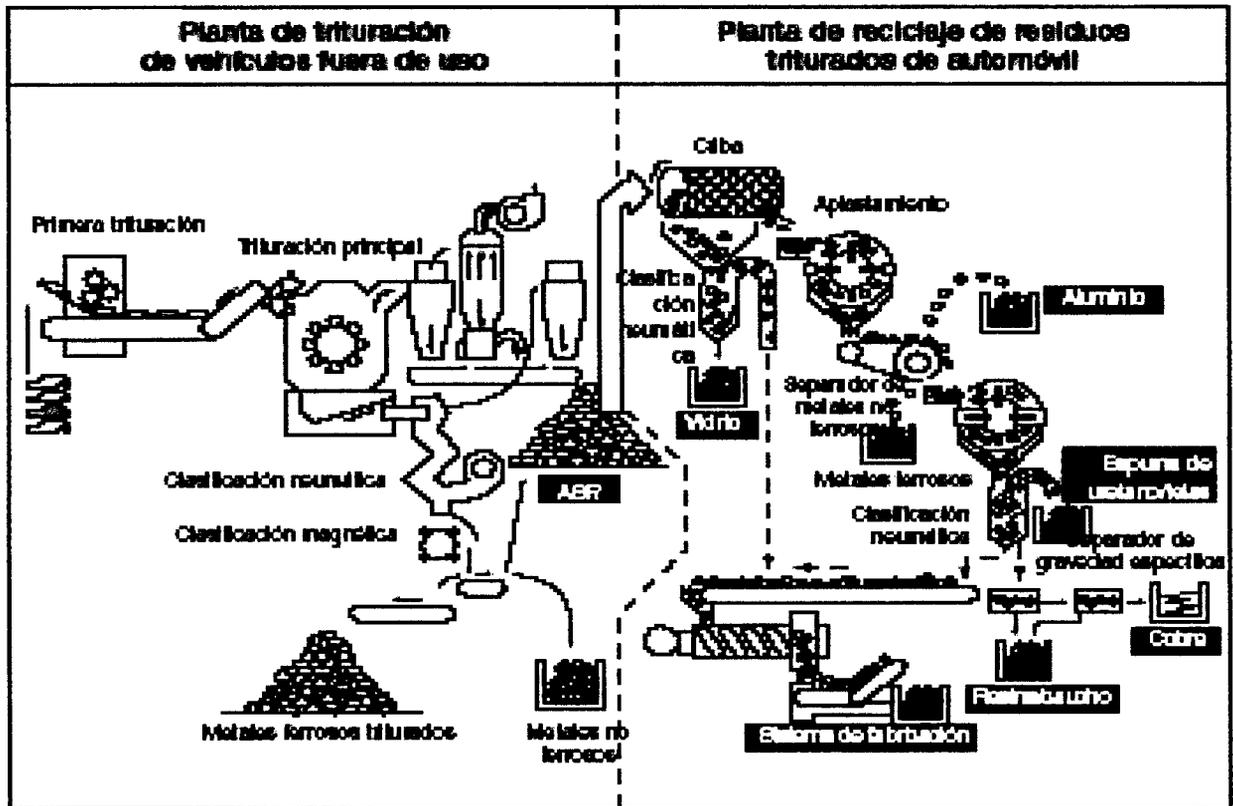


Fig.3.23.- Esquema del reciclado de VFU

3.4.1-Objetivos de reciclabilidad de VFU.

A partir del 1 de enero del 2006

- Reutilización o valorización mínima del 85% del peso del vehículo
- Reutilización o reciclado mínimo del 80% del peso

A partir del 1 de enero de 2015

- Reutilización o valoración mínima del 95% del peso
- Reutilización o reciclado mínimo del 85% del peso.

4.- ESTADO ACTUAL DE CONOCIMIENTO.

Existen muchos ejemplos de cómo las nuevas tecnologías se están desarrollando para crear oportunidades a los plásticos en el mercado del automóvil. Algunas de las más significativas son:

- **Las mezclas basadas en óxido de polifenileno** de GE Plastics tienen la ventaja de una elevada resistencia al calor combinada con su conductividad, lo cual puede significar que empiecen a sustituir a otros plásticos en fascias o en otras aplicaciones como los salpicaderas.
- **La tecnología híbrida** de Bayer, que une **plásticos y acero**, reduce el peso y los costos de los módulos. Además absorbe mucho la energía en impactos, por lo cual tiene un gran futuro en puertas, asientos, frontales y componentes de las fascias.
- **Los sistemas de acristalamiento para automóviles** de Exatec, basados en policarbonato, están pensados para reducir el peso en un 40% en comparación con el vidrio. El desarrollo de productos y sistemas está dirigido a las ventanas traseras y laterales, ya en fase de pruebas.

En el año 2000, la cantidad total de plásticos de ingeniería utilizada por automóviles de pasajeros fue de 1,4 millones de toneladas y el estudio citado anteriormente prevé que en 2007 habrá llegado hasta las 1,7 millones de toneladas, lo cual representa un incremento del 2,6% anual. Es un crecimiento notablemente más bajo que el de los 4 años anteriores, que registraron subidas del 6% anual.

El uso de los plásticos en los sistemas eléctricos y en los faros de los coches, así como las aplicaciones en el área del motor será el que registre un crecimiento más rápido, mientras que la presencia de los plásticos en el interior y en el exterior de los coches descenderá.

El plástico que, se utiliza con más frecuencia es el polipropileno, sobre todo dentro del vehículo, en salpicaderos y paneles de puertas. Sin embargo, podría perder su cuota de participación en este sector durante el periodo hasta el año 2007, sustituido por otros plásticos como las mezclas de PC/ABS.

4.1 RECICLADO DE PLASTICOS DE INGENIERIA.

El ciclo de vida del producto a partir de los plásticos de ingeniería en la industria automotriz es aproximadamente 2 o 3 veces los productos utilizados en la industria de las computadoras. Las mejoras de diseño al considerar dichos materiales han mejorado en los últimos años las etapas de desensamblado y reciclado de los mismos. Uno de las piezas automotrices mas reciclados es la mezcla PC-PBT (Xenoy), obtenida de parachoques recuperados. Una estrategia prometedora en el reciclado de plásticos de ingeniería es para utilizar los polímeros que son químicamente compatibles (policarbonato y ABS). Esto permite la obtención de módulos que faciliten el reciclado por una granulación simple para producir una aleación que tiene propiedades ingenieriles dominantes.

No es posible exponer en su totalidad las compatibilidades de las resinas, sus mezclas y compuestos, Cuadro 4.1.

Cuadro 4.1.- Compatibilidad de mezclas de plásticos de ingeniería

Lexan PC (I)	-												
Cycolac ABS (II)	2	-											
Noryl PPO/PS (III)	1	0	-										
Noryl GTX PPO/PS/Nylon (IV)	0	0	2	-									
Valox PBT (V)	2	2	0	0	-								
Heavy Valox (VI) PBT/Ceramic	3	2	0	0	2	-							
Xenoy (VII) PBT/PO	2	2	0	0	2	2	-						
Lomod PBT/ (VIII) Poly THF	2	2	1	1	2	2	1	-					
Geloy ASA (IX)	2	0	0	0	1	1	1	1	-				
Ultem PEI (X)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-			
Cycoloy (XI) ABS/PS	2	2	0	0	2	2	2	2	1	0	-		
Poliestireno (XII)	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	-	
Ny Cristalino (XIII)	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII

2= Compatible
1= Compatible parcial
0= No compatible

La determinación de sus compatibilidades es complicado y debe estudiarse e investigarse para las distintas formulaciones y relaciones de componentes. El mezclado se realizará mediante procesos y fórmulas especiales para conseguir la compatibilización de los componentes, o al menos, una perfecta distribución y homogeneización de las fases no compatibles.

Por ello en la fase de recuperación hay que tener gran cuidado en evitar la contaminación de unos materiales por otros y, si esto no es posible, aplicar sistemas compatibilizadores y usar equipos adecuados de mezclado.

El reciclado de los plásticos requiere los conocimientos adecuados para saber en qué grado pueden utilizarse los materiales reciclados, a fin de conseguir las propiedades requeridas en los materiales fabricados con ellos.

Una vez seleccionado el material, limpio, molido, aditivado y clasificado es esencial que no sea dañado durante el procesado, para lo cual se deben seguir rigurosamente las indicaciones del fabricante, secando el producto si fuera necesario y no sobrepasando las temperaturas aconsejadas. La falta de secado, sobre- calentamiento o cizalla excesiva, pueden disminuir la resistencia a tracción y las propiedades de impacto, en materiales como los policarbonatos o la polieterimida.

Siguiendo estas instrucciones, el material puede reciclarse 3 o 4 veces sin que las pérdidas de sus propiedades iniciales sean mayores de 10 %. Otros factores que pueden alterar las características de las resinas es el ataque por luz ultravioleta o por humedad, fundamentalmente a altas temperaturas, durante el uso de la pieza fabricada. El material reciclado vendría con modificaciones en su estructura molecular, y por consiguiente, con peores propiedades. Efectos parecidos podrían observarse cuando, en su uso, han estado en contacto con adhesivos, pinturas, espumas de poliuretano, etc. En todos los casos que existe duda debe analizarse y ensayar el material reciclado para definir su posible utilización.

Los plásticos son el componente más valiosos de ASR representando un 30% del peso total. La flotación es una técnica de separación prometedora, capaz de recuperar los plásticos de esta corriente residual.

Los plásticos mayoritarios encontrados en la corriente de ASR son acrílicos, polímeros estirénicos, poliolefinas y poliamidas (Nylon). El interés particular en la separación selectiva del nylon es debido a su alto valor ingenieril que hace el reciclado muy atractivo.

Numerosas técnicas han sido investigadas para permitir el reciclado de plásticos de las corrientes ASR. Sin embargo la mayoría de estas técnicas no son factibles debido los problemas económicos y ambientales que representan. Sin embargo la técnica de separación por gravedad ha ido útil en la separación de plásticos ligeros como las poliolefinas (polipropileno) de los plásticos pesados en las corrientes de ASR (24,25) desafortunadamente, esta es una técnica costosa y nada simple para separar entre plásticos pesados, por lo que el proceso de flotación ofrece una posibilidad interesante (26-28). Por supuesto la flotación requiere modificación de la hidrofobicidad de las superficies de los plásticos mediante el ajuste de las condiciones de la solución química para lograr la selectividad. Los plásticos en mezclas de ASR son relativamente hidrofóbico y por lo tanto para lograr una separación selectiva de un plástico específico, es necesario para lograr tanto su hidrofobicidad o hidrofiliidad con respecto a los otros plásticos en la mezcla del ASR.

E. Mutkowaska y colaboradores demostró para un sistema sintético Ny66/ABS/PC donde el nylon puede ser separado selectivamente por un tratamiento cáustico y con la adición de promotores tipo sulfonamidas o alcohol. Bajo tales condiciones la eficiencia de la separación para el Ny 66 hasta un 100%. La alta pureza del producto deberá ser disponible para ser reutilizado en diferentes industrias.

Se demostró en el presente estudio que el Ny66 puede ser selectivamente separado de residuos plásticos de partes automotrices mediante la modificación del las propiedades superficiales del ABS y PC, principalmente por flotación.

Se utilizó hidróxido de sodio para minimizar el carácter hidrofóbico del ABS y del Ny 66, mientras que el PC permaneció sin verse afectado. En el tratamiento cáustico con la adición de los promotores como alcohol y sulfamidas, permitió remover completamente el ABS y PC del sistema alimentado de Ny66/ABS/PC, con una separación eficiente al 100 % del Ny 66

4.2. RECICLADO DE MATERIALES COMPUESTOS.

SMC (sheet moulding compound) tiene una historia probada como un compuesto de ingeniería con muchas cualidades extraordinarias. Esto es verdad, para el sector automotor y para las muchas otras industrias donde la materia se utiliza extensamente; tal como la construcción, eléctrico y la electrónica, podemos decir que, aunque la materia se haya establecido durante muchos años, los desarrollos recientes en propiedades de producto y procesabilidad abren nuevas aplicaciones. Es decir, es tiempo de mirar otra vez en SMC (8).

Los compuestos de polímero se definen como materias que contiene un reforzante (tal como fibras de vidrio), Los compuestos se basan generalmente en una matriz poliéster tal como insaturados, los epoxi o fenolicos, aunque matrices termoplásticos se utilicen también. El uso de compos-ites ha estado creciendo constantemente desde su introducción en la década de los 60.

Aplicaciones de compuestos incluye una gran variedad de piezas. Los compuestos de polímero-base hacen que se utilice cada vez más en aplicaciones de cuerpo de auto, ya que ellos no se oxidan, son ligeros, la exhibición la fatiga insignificante y tiene mayor resistencia a los impactos, comparado a entrepaños de metal tradicional.

***Beneficios de aplicación de los materiales compuestos.**

Reducción de peso = aumenta eficiencia del combustible. SMC pueden ser típicamente unos 20-30% más ligeros que los equivalentes de acero, que tienen como resultado los ahorros substanciales del combustible. Las oportunidades para aún más ahorros de peso se investigan.

La reducción de costos por la consolidación de partes fabricadas con materiales compuestos, gracias a que ayudan a reducir el número de sub-ensambles. La producción y el equipo necesario para la fabricación de piezas compuestas es más baja que para el metal. Esto facilita los cambios de modelo y diseño.

***La estabilidad térmica.**

Una ventaja mayor de SMC, ya que un material termoplástico compuesto un a estabilidad dimensional de -50°C hasta 200°C. Esto significa que las partes se pueden pintar en línea sin afectar la temperatura del horno, y es por eso que el material se ha utilizado exitosamente para marcos de techo solar.

***La compatibilidad del metal.**

El coeficiente de la expansión lineal para SMC es muy semejante al acero y el aluminio, que significa una buena interface entre ellos, asegurando no tener ranuras entre los paneles.

***Alta calidad y durabilidad.**

SMC en paneles, son más elásticos que los metales, los impactos se disipan fácilmente, además de su resistencia a la corrosión lo cual garantiza una larga vida útil.

***Reciclabilidad.**

El reciclaje es un asunto mayor que afecta la industria automovilística y la cadena de suministro enteras. Hay cuatro principios claves en la estrategia común de Europa para el tratamiento de desechos como explicado por Han Kelderman de DSM Resinas Compuestas. Estos directores son: la cantidad del desecho se debe limitar en la fuente; las "pagas de

contaminador" y principios de "responsabilidad de productor" - que indica que el costo de tratar con el desecho debe ser encontrado por el productor; el principio preventivo - la anticipación de problemas potenciales; y el principio de proximidad - desechos se deben tratar con cierra como posible a la fuente. El trabajo ha empezado en una red de directivas basadas alrededor de estos principios.

4.3. RECICLADO DE POLIURETANO (PU).

Uno de los materiales en los cuales la investigación de su reciclado ha dado buenos resultados es el poliuretano utilizado en la industria del automóvil.

Aunque hablaríamos de éste como un reciclado secundario, ya que el poliuretano no se reutilizaría en el proceso original, por ejemplo, la espuma de poliuretano usada en los asientos de los coches que puede ser reciclada en cojines para muebles y camas, pero no de nuevo en asientos para coches. De forma similar los poliuretanos usados en los fascias pueden transformarse en material de relleno para la construcción. De todas maneras, esta degradación del material causa problemas y hasta el momento a nivel industrial surgía el planteamiento sobre si el reciclado era una técnica sostenible, razón por la cual el poliuretano es un material que históricamente ha ido a parar a los rellenos.

Muchos procesos experimentales y comerciales han cambiado recientemente la vieja concepción de que los materiales termoestables como los poliuretanos no son reciclables. Aún hoy la única operación de recuperación de poliuretanos que se efectúa a una escala comercial extendida está relacionada con el reciclado de trozos de espuma flexible de poliuretano en respaldos, siendo hoy en día una de los productos más reciclados. Pero el reciclado de otros productos de poliuretano es simplemente no efectivo por costo. Una de las razones para que esto sea así es la infraestructura existente para la recogida y procesamiento de poliuretanos recuperados que hasta el momento no ha alcanzado un tamaño crítico. Otro factor que ha detenido el avance del reciclado es que cada sistema debe ser adaptado al material en particular que está siendo procesado. No existe un único método de reciclado que sea adecuado para todas las químicas del poliuretano.

La industria ha experimentado recientemente un considerable avance en la tecnología del reciclado. Cada día surgen métodos innovadores para reducir la cantidad de residuos sólidos generados por la industria del poliuretano y los objetos desechados fabricados con este material. Existe un número diferente de enfoques que están siendo usados y desarrollados para el reciclado del poliuretano.

4.3.1. Reciclado mecánico.

Consiste en separar, limpiar y triturar los objetos de poliuretano desechados para elaborar granza que servirá para fabricar nuevos objetos.

- La mayoría de los desechos de espuma flexible de poliuretano procedentes de desechos de producción y objetos post-consumo se trituran en pequeños trozos y pueden ser usados en la producción de nuevas espumas. La unión de trozos de espuma flexible da lugar a gran variedad de productos como espumas de baja densidad destinados a la industria del automóvil (reposacabezas, reposabrazos y paneles para puertas) y cojines para muebles y camas. En la actualidad este proceso es tan rentable que la demanda de granza excede a la oferta.
- Otra línea de investigación es un proceso que consiste simplemente en pulverizar las espumas, rígidas o flexibles, dispersar los gránulos en una mezcla de polioliol y moldearlo en piezas como las originales. Este enfoque resulta a menudo en pequeñas pérdidas en densidad o propiedades físicas.
- La adhesión con presión es una técnica donde los granulados de poliuretano son superficialmente recubiertos con un agente ligante y posteriormente curados bajo calor y presión. Se obtiene piezas de contorno como las esterillas para el suelo de los coches o cubiertas de neumáticos.
- Las piezas rígidas de poliuretano pueden ser granuladas, combinadas con poliuretanos termoplásticos y moldeados o extruidas en nuevas piezas o perfiles. Se pueden producir piezas tridimensionales como parachoques o partes estructurales del coche. También el RIM, o poliuretano rígido, puede ser granulado y pegado por prensado para

constituir nuevas piezas compuestas o procesado con material virgen en nuevas piezas de RIM.

4.3.2. Reciclado químico avanzado.

El reciclado químico consiste en desglosar los deshechos de poliuretano en sus componentes químicos originales. Se ha llegado a la actual tecnología de reciclado a través de 2100 patentes que han desarrollado y mejorado los siguientes métodos:

- **Glicólisis:** es un proceso donde los residuos de poliuretano resultantes de los procesos de fabricación y productos post-consumo reaccionan con dioles a elevadas temperaturas (200°C) para producir polioles, uno de las materias primas empleadas para la producción de poliuretano.
- **Hidrólisis:** puede producir polioles y aminas intermedios a partir de residuos del proceso de producción de poliuretano y post-consumo. Cuando es recuperado los polioles pueden ser usados como combustible efectivo y los intermedios pueden ser reutilizados para producir otros componentes de poliuretano.
- **Pirólisis:** el proceso de descomposición térmica en ausencia de oxígeno rompe los poliuretanos en gas y aceite.
- **Hidrogenación:** el tratamiento con hidrógeno a altas temperaturas y con presión produce gases y aceites que son más puros que los procedentes de la pirólisis.

La pureza de los gases y el aceite derivados de la pirólisis y la hidrogenación, y el coste asociado para producir productos acabados son factores importantes que aún deben de ser resueltos.

La tecnología de reciclado desarrollada por BASF basada en el proceso de reciclado químico, conocido como glicólisis, ya está siendo utilizada en Europa de forma comercial.

Este proceso rompe las piezas de poliuretano en sus bloques químicos constituyentes básicos, polioles, para ser consecuentemente reutilizados en nuevas piezas de poliuretano.

BASF ha llevado a cabo un procedimiento de glicólisis que incluye la simultánea desaminación para hacer posible una producción de poliuretano esencialmente libre de desperdicios. En el caso ideal, el proceso devuelve el glicolizado al sistema original en un ciclo cerrado. El glicolizado son mezclas de los bloques constituyentes originales y químicamente modificados: polioles modificados, productos de cadena corta, productos de la desaminación y otras moléculas. Muchas de las especies tienen terminación hidroxílica y contienen grupos uretano. Fig. 4.1.

El glicolizado puede ser utilizado para muchas aplicaciones como elementos sandwich, parabrisas, extendedores de RIM para piezas de automóvil, para espumas refrigerantes, etc. De todas maneras, el glicolizado no puede ser utilizado en sistemas de espumas flexibles porque su alto contenido en hidroxilos y productos de cadena corta dificultan la formación de polímeros lo suficientemente elásticos. Los polioles reciclados son comercializados, principalmente, a la industria fabricante de piezas de automóvil a un precio competitivo respecto a polioles vírgenes. Hasta un 20% de los polioles puede ser reemplazado por reciclado para obtener espumas de excelentes estabilidad dimensional y conductividad térmica. La economía del proceso depende de la cantidad y calidad de la espuma recuperada óptima para convertirse en alimentación.

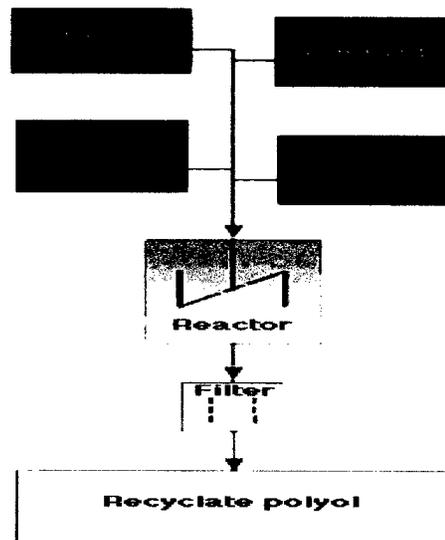


Fig.4.1.- diagrama de reciclado de Poliuretano (PU).

4.3.3.-Recuperación de energía

Cuando las formas de reciclado físicas y químicas no son adecuadas, la considerable cantidad de energía contenida en los poliuretanos post-consumo o en los residuos de fabricación puede siempre ser recuperada por incineración de alta eficacia. De esta manera se reduce el volumen de residuos sólidos y se realiza una valorización energética. Los plásticos en general no son válidos para permanecer en vertederos porque contienen una gran cantidad de energía potencial.

Existe tecnología para quemar los polímeros de poliuretano de una manera limpia, con un mínimo o inexistente contenido en cenizas, se trata de un proceso de pirólisis en dos pasos. La incineración de poliuretano para recuperar su valor energético inherente resulta en una reducción de consumo de petróleo ya que la energía recuperada puede ser usada para producir electricidad y ayudar a las compañías a controlar el consumo de combustible.

El uso de incineraciones cuidadosamente controladas para convertir los desechos post-consumo en energía aprovechable se practica en diversos países europeos como Alemania, Suecia, Suiza y Dinamarca donde estas técnicas son practicadas para suministrar a las comunidades locales electricidad y calefacción. Hasta un 10% de los requisitos de electricidad doméstica pueden ser generados por estas unidades y cada vez está siendo más considerada como una opción de recuperación aceptable.

En definitiva, es necesario promover comercialmente la viabilidad de las tecnologías de reciclado y/o recuperado de poliuretano y piezas post-consumo puesto que su generación va a ir en aumento. Sólo en el sector de la automoción se prevé que el mercado de poliuretano aumente aproximadamente un 20% en cinco años, según predicciones de ICI Polyurethanes. Los fabricantes de automóviles recurren cada vez más a este material con el fin de aumentar la flexibilidad del diseño y simplificar el proceso de fabricación. El crecimiento más rápido se dará en los interiores de los vehículos. De hecho, en la actualidad el principal mercado de este material en el sector de la automoción son los asientos, pero se espera que el grueso de este crecimiento que se avecina recaiga sobre nuevas aplicaciones tales como salpicaderos, paneles para puertas y sistemas de enmoquetado con funcionalidades acústicas. También cabe esperar que parte del crecimiento proceda de los programas de reducción de peso (regulaciones

CAFE) y para cumplir los nuevos requisitos tales como las normativas FMVSS201 relativas a las barras absorbentes de impactos. Con todo ello, y la tendencia actual del sector de automóvil a fabricar coches 100% reciclables, tanto en la industria como en el ámbito académico han centrado su atención en el reciclado de este material, en el cual la geometría del producto y su valor asociado es destruida y sólo los materiales constituyentes son conducidos a un nuevo ciclo de utilización.

Hasta ahora la industria automotriz, tanto proveedores como armadores, se han preocupado por reutilizar sus propios deshechos o vender el material que ya no utilizan, generando un beneficio económico considerable para sí mismos, y ecológicamente el impacto ambiental que logran al reducir el material de confinamiento es realmente bueno, lo que ha logrado que la misma industria se ocupe en investigar la forma de incorporar mayor cantidad de material regenerado y reducir lo porcentajes de material virgen en la pieza final

4.4. RECICLADO DE POLIOLEFINAS TERMOPLASTICAS.

El uso de las poliolefinas termoplásticas en las aplicaciones del sector automotriz han crecido muy rápidamente, tanto en componentes interiores y exteriores. Estos compuestos plásticos capturaron la atención de los diseñadores automotrices debido a la ventaja de costos y la disponibilidad de compuestos con un rango relativamente amplio de características de desempeño (dependiente de la formulación). Esto permite el uso de TPOs para remplazar otros materiales plásticos en muchos componentes automotrices, consolidando la utilización del material. Otra aplicación de los TPOs donde son preferentemente utilizados son parachoques y fascias de automóviles, donde a remplazado en muchos automóviles a las aleaciones de PC/PBT (Xenoy de GE Plastics).

Desde el punto de vista del reciclado de partes plásticas automotrices, las fascias y los parachoques son probablemente los más fáciles para reciclar. Esto ha sido demostrado técnica y económicamente con los parachoques de Xenoy: la empresa Ford ha reciclado parachoques de post consumo por algunos años en diversas partes automotrices. Las poliolefinas termoplásticas tienen excelente estabilidad y características de procesado, al igual que las fascias de TPO son técnica y más fácilmente reciclables que los parachoques de Xenoy.(29)

Las fascias y parachoques generalmente son pintadas. En las fascias de TPO la pintura constituye un 3% en peso. Trabajos previos en el reciclado de parachoques de PC/PBT y un estudio preliminar en fascias de TPO, han mostrado que el reciclado sin la remoción de la pintura conduce a una resistencia al impacto más baja, especialmente a bajas temperaturas. (34, 35). Esto indicó que al reprocesar los parachoques de Xenoy pintadas, la pintura de poliuretano tiende a degradar a la temperatura de Xenoy, generando vapores. Por lo anterior, deberá ser conveniente para remover la pintura para obtener resinas de TPO reciclada con calidad de resina virgen.

La literatura presenta dos alternativas de solución para el reciclado de fascias de TPO con pintura:

La remoción de la capa del recubrimiento con solventes (29,32) o por medios mecánicos o una combinación de ambos (33). La segunda aproximación es el des-

entrecruzamiento de la pintura, mediante la exposición de las fascias pintadas a alta temperatura bajo presión (34). El tratamiento rompe la estructura entrecruzada del recubrimiento para producir material de bajo peso molecular, que ayuda a su compatibilidad con el TPO reciclado, ya que la pintura se vuelve parte de la formulación en el material reciclado de TPO.

Considerando que las operaciones a escala comercial no logra la remoción del 100% de la pintura debido a las posibles dificultades técnicas además del incremento en el costo. Por lo que partiendo de estas consideraciones, se desprende el interés práctico por conocer los efectos de la pintura residual en el desempeño de TPO reciclado. Así en e presente estudio se mostró que el reciclado de TPO de parachoque y facias tienen mas baja resistencia la impacto y elongación a la ruptura que la resina virgen. Sin embargo el TPO reciclado retiene buenas propiedades mecánicas, permitiendo ser utilizado en diversas aplicaciones en el sector automotriz con menores demandas de desempeño que las fascias y los parachoques, incluyendo aplicaciones de interiores y aquellas bajo cubiertas, donde valores altos de la resistencia al impacto no son requeridos.

En aplicaciones que requieren propiedades de alto impacto deberá ser necesario remover la pintura, así mismo se demostró que bajos niveles de contaminación por pintura, menores a un 0.3% tiene poco efecto adverso en el desempeño mecánico y en la resistencia al impacto del TPO reciclado. De aquí se desprende que si una estrategia de remoción de la pintura es adaptada, no toda la pintura deberá necesariamente ser removida, siendo suficiente un 80% de pintura removida del material reciclado.

4.5.- RECICLADO DE NEUMATICOS.

Uno de los más grandes problemas de contaminación en el mundo lo ocasionan los neumáticos de desecho. Tan sólo en México se generan 25 millones de llantas anualmente, de los cuales se calcula que cuatro millones se concentran en el Distrito Federal. Otro tanto, clandestinamente, va a parar a cañadas, ríos y laderas de carreteras, tornándose un factor generador de incendios y, al acumularse el agua de lluvia en ellos, de mosquitos y otras plagas. De esto se deriva un serio problema de salud pública, cuando podría ser la causa de fructíferas oportunidades de negocios.

En cuanto a reciclaje, hasta el momento, el único fin de las llantas de desecho habían sido los hornos de las cementeras. No obstante, ya se les han encontrado aplicaciones alternas; el sector que más beneficio obtendría del reciclado de las llantas sería el de la construcción, por ejemplo, pues ya se usan para construir casas, así como carpetas asfálticas en la construcción de carreteras; en este último caso las llantas se usan como aditivo.

4.5.1-Aplicaciones para llantas recicladas.

1. Industria del caucho: como aditivo para mezclas, estampados, alfombras
2. Industria de la construcción: aislamiento acústico antivibratorio y antisísmico
3. Asfaltos para drenaje de agua e impermeabilizantes
4. Como superficie en zonas deportivas y de atletismo, así como escurridores de agua
5. En la fabricación de azulejos para pisos realizados con grano de goma
6. En criaderos, para cubrir los pisos sustituyendo la paja tradicional
7. Para la fabricación de suelas y tapas de zapatos
8. Combustible alterno
9. Plantas de luz
10. Rellenos sanitarios

***Las llantas enteras también tienen diversos usos:**

1. Elaboración de productos artesanales, como macetas y otros recipientes
2. Fabricación de zapatos
3. Bolsas
4. En las granjas se utilizan para anclar lonas que sirven para proteger el alimento de los animales y para formar bordes en las carreteras

4.5.2.- Procesos de reciclado

El proceso de reciclado se consigue por medio de la trituración del neumático o por un método criogénico (frío) Fig. 4.2, mediante el cual se reducen las llantas a partículas muy pequeñas que se usan como combustible alterno, en rellenos sanitarios y fosas sépticas,. Asimismo, partículas un poco más grandes se usan en la construcción de pisos para áreas de juegos, establos, ruedos, canchas deportivas y carpetas asfálticas.



Fig.4.2.- Proceso criogénico de reciclado de neumáticos.

4.5.3.- Etapas de obtención de Polvo y grano

Los neumáticos se trasladan a la trozadora donde, por medio de un sistema de bandas, se logran trozos de 300 milímetros. Posteriormente, pasan a otra cortadora en la que se reducen los trozos a 50 milímetros. Se troza de nuevo para conseguir caucho de 16 milímetros y se separa el acero por medio de un sistema de imanes, además de almacenar el caucho en silos. Se puede vender así o refinarlo más, Fig. 4.3.

Los productos más utilizados, según Suárez, son el polvo de 0.7 mm y grano de 2 mm, 3.5 mm, 10 mm y 16 mm. Los polvos se empacan en bolsas de papel de 25 kilos y los granos en bolsas de plástico de 800 kilos.

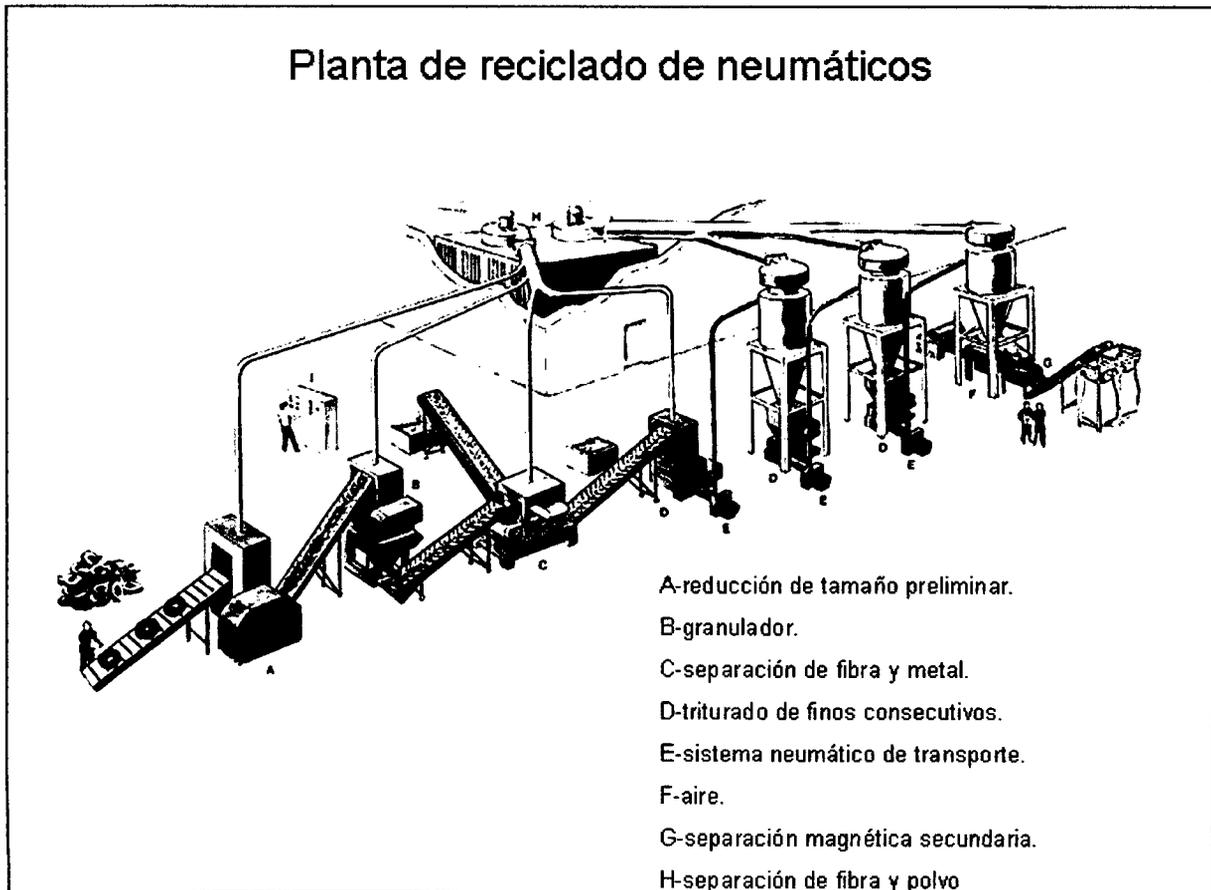


Fig.4.3.- Planta de reciclado de neumáticos (reducción de tamaño de partícula).

Se estima que de las llantas de desecho...

5% es renovado.

2% se utiliza en generación de energía.

2% se deposita en centros de acopio autorizados.

91% se abandona o se utiliza sin control.

5.-CONCLUSIONES

En este trabajo hemos definido las dos principales formas de reciclado de plástico dentro de la industria automotriz, y la importancia que tienen, tanto en la reducción de costos con respecto al producto final dentro de la planta, así como el impacto ecológico que tiene.

Aunque solo hemos citado algunos ejemplos de termoplásticos de ingeniería, puede esperarse en los próximos años un aumento tanto de nuevos tipos de material, adaptados para aplicaciones específicas, como un incremento de estas. Los problemas se sitúan ahora en cómo conciliar esta variedad de materiales, en muchos casos en piezas pequeñas, con los requisitos de las Directivas de reciclado al final de la vida útil del vehículo. Deberán establecerse compromisos para reducir el uso de estos materiales en conjuntos que no necesariamente deben ser integrales de estos materiales, lo que se opone a la reducción de los costos de fabricación.

Las técnicas y procesos que actualmente se utilizan para el reciclado de estos plásticos están en pleno desarrollo en cuanto a reciclado mecánico por medio de trituradores, desgarradores principalmente para los materiales llamados commodities libres de aleaciones o cargas, aunque ya existen algunos equipos para materiales de ingeniería, pero los materiales que presentan cargas especiales o aleaciones que dificultan su reciclado por lo general se envían a confinar.

La investigación y desarrollo de nuevas técnicas de reciclado de plásticos que así lo requieren no ha sido explotada adecuadamente, y existe un área de oportunidad que esta a la espera de ser aprovechada.

Creo que es necesario invertir en la investigación de cada uno de los materiales que se pueden reciclar en esta industria, lamentablemente la investigación en este y en otros temas no es prioridad para la industria ya que aparentemente no es rentable a corto plazo.

La mayor parte de los esfuerzos son dirigidos a las etapas de recolección y separación de los componentes plásticos, siendo de gran interés las aplicaciones para los materiales recuperados, donde la principal salida comercial de los materiales plásticos recuperados que se encontró como alternativa de solución, es la propia industria automotriz. Del presente estudio se logran dilucidar las siguientes tendencias principales en el desarrollo de los procesos de recuperación de partes automotrices:

- Reducir el impacto ambiental total de las etapas de eliminación.
- Incrementar la eficiencia en el desensamblado de los componentes y materiales para mejorar la reciclabilidad de los automóviles.
- Nuevos desarrollos en lo que respecta a la selección de materiales y guías de diseño.

FUTURAS AREAS DE OPORTUNIDAD

Se detecta en el presente estudio como áreas de oportunidad importantes para las líneas de investigación futuras en la recuperación y reciclado de partes automotrices las siguientes consideraciones:

El desarrollo de tecnologías de mezclado que permitan la compatibilidad química entre los diversos componentes de las partes de los automóviles o al menos una distribución y homogenización de las fases no compatibles, principalmente considerando plásticos de ingeniería que proporcionan un mayor valor agregado. La industria automotriz, que produce una gran cantidad de materiales compuestos residuales representa un área de aplicación significativa para los materiales compuestos reciclados. De donde se contemplan las siguientes rutas de reciclado de los compuestos termofijos:

- *Degradación química selectiva.
- * Pirolisis y reutilización.
- * Incineración con recuperación energética.

6.-REFERENCIA BIBLIOGRAFICA.

- 1.-Plásticos universales – 109 - Febrero 2006 – Gracias plásticos.
- 2.-Plásticos universales – 100 - Enero-Febrero 2005 – Gracias plásticos.
- 3.-Plásticos universales – 104 - Junio-Julio 2005 – Tecnigrama.
- 4.-Plásticos universales – 106 - Septiembre 2005 – Gracias plásticos.
- 5.-Plásticos universales -101- Marzo 2005 –Tecnigrama.
- 6.-Plásticos universales – 99 - Noviembre-Diciembre 2004 – Gracias plásticos.
- 7.-Plásticos universales -92- Marzo 2004 – Gracias plásticos.
- 8.-Plásticos universales, - 79- Abril 2002 - Tecnigrama.
- 9.-Plásticos universales – 82 - Enero-Febrero 2003 – Tecnigrama.
10. Klimisch, R. L., “Designing the Modern Automobile for Recycling” in The Greening of Industrial Ecosystems, B. R. Allenby and D. J. Richards Ed., National Academy of Engineering, Washington, D.C. (1994), pp. 165-170.
11. Coulter, S. L., Bras, B. A., Winslow, G. and Yester, S., “Designing for Material Separation:Lessons from the Automotive Recycling”, 1996 ASME Design for ManufacturingSymposium, ASME Design Technical Conferences, Advances in Design AutomationConference, Irvine, California, August 22-24, ASME, (1996).
12. Beitz, W., “Designing for Ease of Recycling - General Approach and Industrial Applications”, 9th International Conference on Engineering Design, The Hague, August 17-19, Heurista, Zurich, Switzerland, (1993), pp. 731-738.
13. Hock, H. and Maten, M. A., “A Preliminary Study of the Recycling and Recovery of Automotive Plastics”, Automobile Life Cycle Tools and Recycling Technologies SP-966,

Society of Automotive Engineers, March (1993), pp. 59-71.

14. Spath, D., Hartel, M. and Tritsch, C., "Tools to Support Environmental Product Design and Economical Disassembly of Technical Consumer Products", 10th International Conference on Engineering Design (ICED 95), Praha, Czech Republic, August 22-24, Heurista, Zurich, Switzerland, (1995), pp. 1066-1072.

15. Wood, R., *Automotive Engineering Plastics*, Pentech Press, London (1991).

16. Jost, K., "American Plastics Council Technology Update", *Automotive Engineering*, August (1995), pp. 49.

17. APC, "Sorting and Processing Automotive Plastics – Emerging Technologies", *Automotive Report Series*, American Plastics Council (1994).

18. Weber, A., "Plastics in Automotive Engineering: Use and Re-use", *Materials and Design*, Vol. 12, 4 (1991), pp. 199-208.

19. Jost, K., "Recycling Polyurethanes", *Automotive Engineering*, August (1995), pp. 36.

20. Matthews, V., "Overview of Plastics Recycling in Europe", *Plastics, Rubber, and Composites Processing and Applications*, Vol. 19, (1993), pp. 197-204.

21. Jolly, R. and Rhin, C., "The Recycling of Lead-Acid Batteries: Production of Lead and Polypropylene Resources", *Resources, Conservation, and Recycling*, Vol. 10, September (1994), pp. 137-143.

22. Jansen, J. and Hastenberg, C. V., "Identification of Plastic Parts", *Kunststoffe Plast Europe*, (1994), pp. 22-23.

23. Florestan, J., Lachambre, A., Mermilliod, N., Boulou, J. C. and Marfisi, C., "Recycling of Plastics: Automatic Identification of Polymers by Spectroscopic Methods", *Resources*,

Conservation, and Recycling, Vol. 10, April (1994), pp. 67-74.

24. Valdez, E.G., Separation of Plastics from Automobile Scrap, *International Journal of Environmental Studies: Section A Proceedings of the Mineral Waste Utilization Symposium*, Chicago, IL, USA, 1976, p. 386-392.

25. Buchan R., Yarar B., Application of mineral-processing technology to plastics recycling, *Mining Engineering*, Nov. 1996, p. 69-72.

26. Miller J.D., Drelich J., Payne T., Kim J.H., Kobler R.W., Christiansen S., Selective Froth Flotation of PVC from PVC/PET Mixtures for the Plastics Recycling Industry, *Polymer Science Engineering*, vol. 38, no. 9, Sep. 1998, p. 1378-1386.

27. Drelich J., Kim J.H., Payne T., Miller J.D., Kobler R.W., Purification of Polyethylene Terephthalate from Polyvinyl Chloride by Froth Flotation for the Plastics (soft-drink bottle) Recycling Industry, *Separation and Purification Technology*, vol. 15, no. 1, 1999, p. 9-17.

28. Shibata J., Matsumoto S., Yamamoto H., Kusaka E., Flotation Separation of Plastics Using Selective Depressants, *Int. J. Miner. Process.*, vol. 48, 1996, p. 127-134.

29 "Post-Consumer Bumper Recycling,' T. Brooks, SAE Technical Paper 950554 (1995).

30"The Recyclability of PCTPBT Blends from Post-Consumer Automotive Bumpers,' W.H. Tao, A. Golovoy, M. Zinbo, and D.R. Bauer, Ford Research Technical Report, SR-92-145 (1992).

31 Private Communication, D.C. Himebaugh, Ford Milan Plant.

32"Use of Solvents for Paint Removal From thermoplastic Olefins," W.P. Horton and D.R. Bauer, Ford Research Technical Report SR-93-158 (1993.)

33 A New Technology For Paint Removal From TPO Parts,' M.C. Bond, 3rd International Conference 'TPOs In Automotive '96' October 28-30, 1996, Novi, W (Organizer: ECM, Inc.)

34 Painted TSOP Bumper Recycling Technology,' N. Sato, H. Takahashi, and T. Kurauchi, 2nd International Conference 'TPOs In Automotive'95' October 30-31, 1995, Novi, NU (Organizer: ECM, Inc.)