

300617

UNIVERSIDAD LA SALLE



ESCUELA DE INGENIERIA  
INCORPORADA A LA U.N.A.M.

32

2ej

"APLICACION DE LOS ELASTOMEROS  
TERMOPLASTICOS DENTRO DE LA  
INDUSTRIA AUTOMOTRIZ"

**TESIS PROFESIONAL**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A :  
EDGAR ALBERTO GARAY ACEVEDO

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

MEXICO, D. F.

1992



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## INDICE

<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>GENERALIDADES.....</b>	<b>4</b>
<b>HISTORIA Y CRECIMIENTO.....</b>	<b>9</b>
<b>CAPITULO I: TIPOS DE ELASTOMEROS TERMOPLASTICOS.</b>	
1.- COPOLIMEROS ESTIRENICOS EN BLOQUE.....	12
1.1 INTRODUCCION.....	12
1.2 PROPIEDADES FISICAS.....	14
1.3 APLICACIONES COMERCIALES.....	15
2.- OLEFINAS TERMOPLASTICAS.....	20
2.1 INTRODUCCION.....	20
2.2 PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS.....	21
2.3 PROCESAMIENTO.....	27
2.4 PIGMENTACION.....	27
2.5 APLICACIONES.....	29
3.- ALEACIONES ELASTOMERICAS.....	33
3.1 ALEACIONES ELASTOMERICAS DE TERMOPLASTICOS VULCANIZADOS.....	33
3.1.1 VULCANIZACION DINAMICA.....	34
3.1.2 PROPIEDADES MECANICAS.....	36
3.1.3 RESISTENCIA AL MEDIO AMBIENTE.....	46
3.1.4 APLICACIONES ELECTRICAS.....	53
3.1.5 PROCESAMIENTO.....	56
3.1.6 APLICACIONES.....	60

3.2 HULES PROCESABLES EN CALIENTE.....	68
3.2.1 INTRODUCCION.....	68
3.2.2 PROPIEDADES.....	70
3.2.3 MERCADOS.....	73
3.2.4 COSTOS.....	75
3.2.5 PROCESAMIENTO .....	76
4.- ELASTOMEROS TERMOPLASTICOS DE COPOLIESTER.....	76
4.1 INTRODUCCION.....	76
4.2 PROPIEDADES MECANICAS Y ELECTRICAS.....	77
4.3 PROCESAMIENTO.....	85
4.4 APLICACIONES.....	86
5.- ELASTOMEROS TERMOPLASTICOS DE POLIURETANO.....	87
5.1 INTRODUCCION.....	87
5.2 PROPIEDADES.....	88
5.3 PROCESAMIENTO.....	92
5.4 TPU, MERCADO Y APLICACIONES.....	92
6.- ELASTOMEROS TERMOPLASTICOS DE POLIAMIDAS.....	94
6.1 INTRODUCCION.....	94
6.2 PROPIEDADES.....	95
6.3 PROCESAMIENTO.....	100
6.4 APLICACIONES.....	101

**CAPITULO II: METODOS DE PROCESAMIENTO UTILIZADOS EN LOS  
ELASTOMEROS TERMOPLASTICOS.**

1 MOLDEO POR INYECCION.....	103
2 MOLDEO POR SOPLADO.....	109
3 MOLDEO POR EXTRUSION.....	114

4 HILADO.....	118
5 LAMINADO O CALANDRADO.....	119

**CAPITULO III: APLICACIONES AUTOMOTRICES DE LOS ELASTOMEROS  
TERMOPLASTICOS.**

1 INTRODUCCION.....	121
2 APLICACIONES AUTOMOTRICES.....	122
2.1 APLICACIONES EXTERIORES.....	122
2.2 APLICACIONES INTERIORES.....	127
2.3 APLICACIONES DEBAJO DEL COFRE.....	128
2.4 APLICACIONES EN EL CHASIS.....	133
2.5 TENDENCIA DEL MERCADO DE LOS ELASTOMEROS TERMOPLASTICOS EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ.....	134
2.6 TABLA DE APLICACIONES AUTOMOTRICES.....	136

**CAPITULO IV: SELECCION ADECUADA DEL MATERIAL.**

1 INTRODUCCION.....	147
2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	147
3 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA SELECCION DE UN ELASTOMERO TERMOPLASTICO.....	149

**CAPITULO V: ANALISIS ECONOMICO.....** 151

**CONCLUSIONES.....** 155

**BIBLIOGRAFIA.....** 157

## INTRODUCCION.

El estudio de los Elastómeros Termoplásticos, es de suma importancia, ya que en la actualidad, constituyen un sustituto de un sinnúmero de artículos de diversos mercados.

Desde el principio, el uso de los Elastómeros Termoplásticos, ha demostrado un gran crecimiento, tanto, que hoy en día se tienen grandes usos específicos para el diseño de partes automotrices, arquitectura, eléctrica y electrónica, además de aplicaciones en la industria farmacéutica y de alimentos.

A lo largo de este trabajo, se pretende dar al lector, una visión general acerca de los tipos, usos y aplicaciones que tienen los Elastómeros Termoplásticos dentro de las diferentes industrias, y de una manera más específica, dentro de la industria automotriz.

En la actualidad y debido a los grandes avances que han tenido en esta industria, los Elastómeros Termoplásticos juegan un papel importante, ya que han venido a sustituir un gran número de piezas automotrices lográndose con ésto, partes más ligeras y duraderas y sobre todo más económicas.

Durante el desarrollo de este trabajo, se analizan temas de importancia dentro de la industria de los plásticos. En el

primer capítulo, se describen los tipos de Elastómeros Termoplásticos existentes en el mercado, así como sus principales propiedades, usos y aplicaciones. En el segundo capítulo, se detallan las diferentes formas que existen de procesar este tipo de materiales, así como también se analizan los diferentes equipos que existen para esta finalidad. En el tercer capítulo, se mencionan las principales aplicaciones que tienen los Elastómeros Termoplásticos dentro de la industria automotriz.

Por otra parte, en el cuarto capítulo, se resaltan las ventajas y desventajas que presentan el uso de los Elastómeros Termoplásticos. Y finalmente, en el quinto y último capítulo, se hace un análisis económico, por medio del cual se demuestra la gran superioridad que tienen los Elastómeros Termoplásticos sobre otros tipos de materiales equivalentes.

Dentro de los principales objetivos que se pretenden alcanzar con la elaboración de esta tesis, encontramos:

- 1.- El tener un conocimiento más profundo de los diferentes tipos de Elastómeros Termoplásticos que existen, así como de sus principales propiedades, usos y aplicaciones.
- 2.- El contar con los conocimientos básicos, para poder

seleccionar un Elastómero Termoplástico, según la aplicación que vaya a tener.

3.- El conocer los diferentes métodos de procesamiento que tienen este tipo de materiales, con la finalidad de poder seleccionar el más adecuado según nuestras necesidades.

4.- El demostrar por medio de un análisis económico, la factibilidad que tienen los Elastómeros Termoplásticos de sustituir a diferentes materiales equivalentes, utilizados anteriormente.

Por todo lo anterior, la importancia que representa el estudio de los Elastómeros Termoplásticos.

## **GENERALIDADES.**

Los Elastómeros Termoplásticos constituyen hoy en día el segmento de mayor crecimiento de la Industria y han sido objeto de discusiones técnicas importantes de los polímeros en todo el mundo.

Durante muchos años ha existido controversia sobre la clasificación que debiera dársele a estos productos ya que abordan tanto la Industria Hulera como a la de los Plásticos; hoy en día ésto ha dejado de ser relevante ante el hecho que representan una alternativa clara de diversificación y oportunidad de crecimiento para ambas.

Los Elastómeros Termoplásticos son una relativa nueva clase de materiales y en algunos casos existe confusión sobre sus posibles usos y aplicaciones así como el tipo de mercado al que van orientados.

Durante décadas, la Industria Hulera y la de los Plásticos, habían operado en todo el mundo en forma independiente, y no fué hasta la aparición de los Elastómeros Termoplásticos en los años cincuentas, conocidos como T.P.E. por sus siglas en inglés (Thermoplastic Elastomers), que esta situación comenzó a cambiar.

Los T.P.E. son productos que ofrecen propiedades físicas

y de comportamiento similares a las de los Elastómeros Termofijos, con la gran ventaja de que son transformables con equipo convencional para termoplásticos.

Morfológicamente hablando, un Elastómero Termoplástico consiste de dos o más sistemas de polímeros interactuando, donde cada uno de ellos posee su propia temperatura de reblandecimiento,  $T_s$ . En el rango de temperatura de servicio, la fase suave o elastomérica del material se encuentra por encima de su propia  $T_s$ , mientras que, la otra fase, la rígida se encuentra por debajo de su propia  $T_s$ . Así pues, la fase rígida actúa en forma de ancla y restringe el movimiento de la fase elastomérica.

Cuando un T.P.E. es calentado por encima de la  $T_s$  de la fase rígida, la función de restricción de esta fase desaparece dando lugar a un comportamiento viscoelástico. Bajo esta condición, el producto puede ser procesado en la misma forma que una resina termoplástica. Al enfriarse, la fase rígida reasume su función restrictora y confiere nuevamente al material sus propiedades elastoméricas. Este proceso es reversible y al efectuarse no modifica sensiblemente las propiedades del T.P.E..

Al enfriar aún más el material, por debajo de la temperatura de reblandecimiento de la fase suave, el material

cambia de un comportamiento elastomérico al de un sólido rígido y frágil.

Tanto para los hules termofijos como para los Elastómeros Termoplásticos, el movimiento de la fase suave o elastomérica está restringido. En el primer caso por un entrecruzamiento químico y la formación de enlaces con compuestos tales como el negro de humo y en el segundo, por la formación de enlaces entre la fase suave y la rígida.

Las preguntas claves a hacerse hoy en día son: ¿Cuál es la posición de los Elastómeros Termoplásticos en la Industria de los Polímeros en la actualidad? ¿Cuál será en un futuro?

Respuestas precisas a estas preguntas son difíciles de encontrar, sin embargo, existen algunos hechos y tendencias que de alguna forma, nos pueden servir como indicadores de lo que es posible esperar en un futuro de los Elastómeros Termoplásticos.

Es aparente que ni los productos existentes en el mercado hoy en día ni los que se encuentran en desarrollo en los Laboratorios de Investigación podrán reemplazar a los elastómeros termofijos durante esta década. Este hecho es especialmente significativo en lo referente al uso de materiales termofijos en llantas para automóvil, que

representan un gran porcentaje del consumo mundial de elastómeros.

El enfoque mercadológico que se les ha imprimido a las diferentes familias de Elastómeros Termoplásticos ha sido dirigido básicamente hacia el área de especialidades y aunque con oportunidades limitadas en un principio, éstas se han ido ampliando en forma significativa con la aparición frecuentemente de nuevas generaciones de productos que ofrecen propiedades mejoradas a costos competitivos.

Al efectuar una revisión de los diferentes tipos de elastómeros termofijos existentes en el mercado, es posible detectar una gran variedad de productos que cubren el amplio espectro de propiedades físicas y mecánicas requeridas asegurando con ello un comportamiento adecuado por parte.

Como una generalización, los T.P.E. no ofrecen ventajas en propiedades físicas, mecánicas o de comportamiento sobre aquellas propiedades que pueden lograrse al utilizar en la fabricación de partes, compuestos de hule termofijos convencionales. Si a lo anterior aunamos el hecho de que los T.P.E. no son menos caros como materia prima que los compuestos de hule termofijos, surge inmediatamente la pregunta ¿Cómo es posible que los Elastómeros Termoplásticos puedan reemplazar a los Hules Termofijos, si no ofrecen

propiedades únicas como materiales y como materia prima son más caros?

La respuesta a esta pregunta es directa: El proceso de transformación convencional de los hules termofijos es intensivo en capital, energía y mano de obra, mientras que con los T.P.E. es posible lograr menores costos por parte cuando éstos son comparados pieza a pieza.

Pero el crecimiento en el consumo de T.P.E. en todo el mundo no es justificable exclusivamente por el hecho de ofrecer menores costos de producción por pieza, sino que la calidad y la flexibilidad de diseño también juegan un papel fundamental.

Los productores de Elastómeros Termoplásticos poseen una ventaja enorme al poder ofrecer al mercado productos de calidad consistente, producidos con alta tecnología, con sistemas de producción automatizados.

Por todo lo anterior, la importancia que tiene el estudio de los Elastómeros Termoplásticos, así como el de sus usos y aplicaciones que tienen en nuestros días.

En la actualidad, existen seis diferentes tipos de Elastómeros Termoplásticos, los cuales son:

- 1.- Copolímeros Estirénicos en bloque.
- 2.- Mezclas físicas de Hule con Poliiolefinas.
- 3.- Aleaciones de ingeniería con base olefínica
  - a.- Termoplásticos Vulcanizados (TPVs)
  - b.- Hules procesables en caliente (MPRs).
- 4.- Copoliésteres.
- 5.- Uretanos.
- 6.- Poliamidas.

#### **HISTORIA Y CRECIMIENTO.**

A Joseph Priestley, quien hizo público el descubrimiento del oxígeno, se le atribuye la introducción de la palabra "rubber" (goma elástica o hule) en la lengua inglesa. Las primeras noticias sobre este material cabe fecharlas en el año de 1521 con los informes de los primeros exploradores de México. En 1839, el estadounidense Charles Goodyear descubrió las propiedades industriales del hule natural al mezclar azufre y caucho calentándolo a más de 100°C.

Durante el período 1826 - 1915, los estudios hechos en número considerable, se centraron en la composición del hule natural y en los medios para producir sintéticamente un producto comparable. Durante la primera guerra mundial, Alemania fabricó el hule sintético "al metilo".

Después de terminar esta guerra, las bases económicas de

la producción del hule sintético fueron decididamente desfavorables, cesando la fabricación. Las investigaciones fueron estimuladas por el Stevenson Restriction Scheme y la fabricación práctica del butadieno en Alemania en el año de 1927 dió un verdadero impulso a las investigaciones.

La primera aparición de los T.P.E. de manera comercial fue a mediados de la década de los 50's, con la introducción del elastómero termoplástico de poliuretano por B.F. Goodrich y Química Mobay. Esta aparición fue seguida con la producción del estireno-butadieno y los copolímeros del bloque estireno-isopreno por la compañía Química Shell durante la segunda mitad de la década de los años 1960's. Una importante innovación en el campo de los T.P.E., fue la introducción comercial de los copolímeros del bloque copoliéster por la compañía Du Pont a principios de la década de los 1970's, la cual fue seguida por la introducción de un grupo de mezclas de plástico-hule, primeramente polipropileno y hule EPDM, por la compañía química Uniroyal.

La década de los ochenta, fue testigo de la introducción de las aleaciones de termoplásticos vulcanizados (TPVs), por la compañía química Monsanto en el año de 1981, y las aleaciones de hule procesable en caliente (MPRs), por la compañía Du Pont, en el año de 1985. Los Elastómeros Termoplásticos de poliamida, son otra clase de T.P.E. de alto

desempeño, los cuales tienen su aparición durante la década de los 1980's.

El rápido incremento en el uso de los Elastómeros Termoplásticos en nuestros días, es debido principalmente a las características propias de estos materiales. Este hecho se puede apreciar fácilmente analizando el consumo que han tenido los T.P.E. en las últimas décadas. En el año de 1987, el consumo de T.P.E. en los Estados Unidos fue de 450 millones de libras, por lo que haciendo un análisis de este crecimiento, se puede esperar que para el año 2000, esta cifra ascienda a más de 1000 millones de libras, teniendo un crecimiento aproximado por año del 7 al 12% (Fig.1).

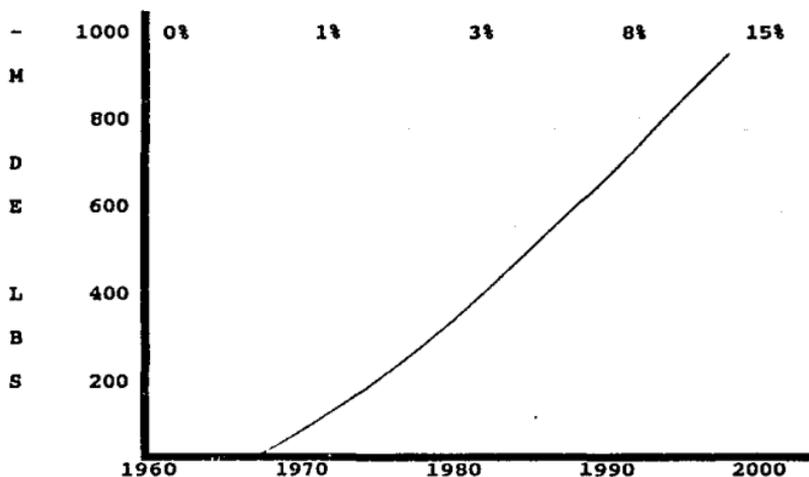


FIG. 1 Consumo de TPE's desde el año 1960.

## **CAPITULO I: TIPOS DE ELASTOMEROS TERMOPLASTICOS.**

### **1.- COPOLIMEROS ESTIRENICOS EN BLOQUE.**

#### **1.1 INTRODUCCION.**

Los copolímeros estirénicos en bloque, representan uno de los tipos de T.P.E. más importantes. Dicho tipo de material, surge a mediados de la década de los años 1960's, presentando éstos algunas de las propiedades físicas de los hules vulcanizados como son: suavidad, resistencia, flexibilidad, elasticidad, etc., pero con la enorme ventaja de que pueden ser procesados como termoplásticos.

Hablando en términos de la Industria del Plástico, el vulcanizado es un proceso térmico, que como cualquier otro proceso de este tipo, es lento e irreversible. En contraste, los copolímeros estirénicos en bloque, la transición del proceso de ablandamiento al de hule sólido es rápido y reversible.

Por otra parte, los copolímeros estirénicos en bloque, pueden ser procesados con equipos convencionales utilizados para la mayoría de los plásticos y usualmente pueden ser reciclados.

Las ventajas que representan este tipo de materiales en cuanto a costos por producción se refiere, son obvios, por lo que los copolímeros estirénicos en bloque constituyen una

parte importante dentro del mercado de los plásticos. Sin embargo, debido a la transición a su forma final la cual es reversible, algunas de sus propiedades como son la resistencia a la compresión, a los solventes y a las altas temperaturas, usualmente no son muy buenas en comparación con los hules vulcanizados equivalentes.

Por todo lo anterior, las principales aplicaciones de estos materiales se encuentran en áreas donde estas propiedades no son de mucha importancia (Por ejemplo, adhesivos, productos médicos desechables, calzado, etc.).

Una de las principales ventajas que presentan estos productos, son sus diversas durezas, las cuales pueden variar desde la 28 A a la 96 A. Además, pueden ser fácilmente pigmentables y presentan resistencia a los ácidos y bases débiles, alcoholes y algunas soluciones acuosas, compiten directamente con compuestos de hule como son el SBR y el EPDM en rango bajo de propiedades. Algunos grados son utilizados en productos regulados por la FDA (Food and Drug Administration) y algunos otros tienen el reconocimiento de U.L.(Underwriters Laboratories).

Es importante hacer notar, que los copolímeros estirénicos en bloque, y en general todos los elastómeros termoplásticos no han incursionado en el mercado de las

llantas debido a su baja resistencia a las temperaturas.

## **1.2 PROPIEDADES FISICAS.**

### **1.2.1 PROPIEDADES TENSILES.**

La propiedad más importante que presentan estos polímeros para fines comerciales, es su semejanza a temperatura ambiente con los hules vulcanizados. Esta semejanza se puede observar en la figura 2, donde el comportamiento de un SBS es comparado con un hule de origen natural vulcanizado y un SBR vulcanizado.

Los copolímeros estirénicos en bloque, presentan una resistencia a la tensión de cerca de 30 Mpa (aprox. 4000 psi) y elongaciones de hasta el 800%. Estos valores (particularmente la resistencia a la tensión), son mucho más altos que los de hules vulcanizados de SBR o poliuretano.

### **1.2.2 PROPIEDADES VISCOSAS Y VISCOELASTICAS.**

Otra característica importante de los copolímeros estirénicos en bloque es su viscosidad. A altas temperaturas, y bajo ciertas condiciones, estos valores de viscosidad son mucho más altos que los de los homopolímeros o copolímeros casuales de peso molecular semejante. Estos valores los podemos observar en la fig. 3, en la cual se muestra comparativamente las viscosidades de un SBS, un polibutadieno y un poliestireno de peso molecular equivalente.

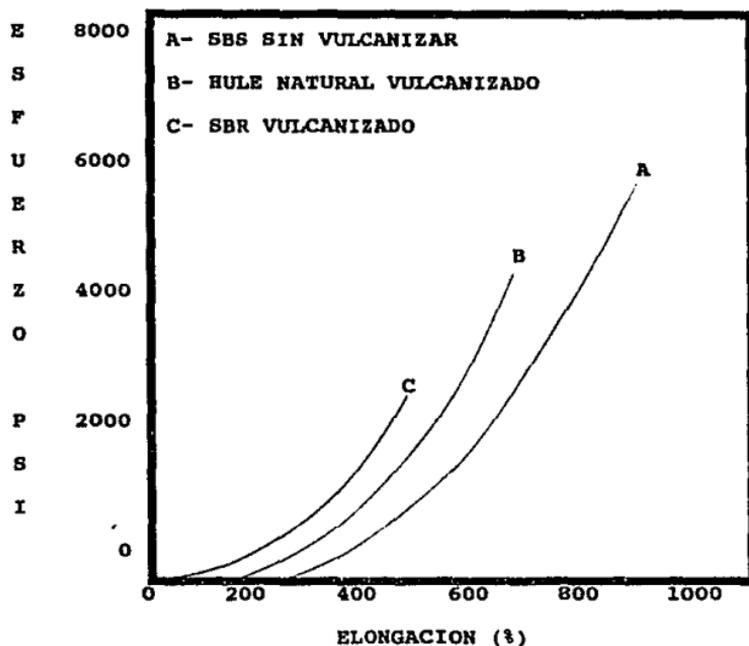


FIG. 2 Comparación de las propiedades tensiles de algunos elastómeros.

Por otra parte, este tipo de materiales presentan comportamiento no newtoniano; es decir, sus viscosidades se incrementan al disminuir su dureza (Fig. 4).

### 1.3 APLICACIONES COMERCIALES.

#### 1.3.1 FORMULACION.

Como la mayoría de los hules vulcanizados convencionales y a diferencia de la mayor parte de los termoplásticos, los

copolímeros estirénicos en bloque no presentan usos comerciales donde los productos finales son materiales puros.

Dependiendo de los requerimientos particulares para cada uso final, los copolímeros estirénicos en bloque son utilizados como compuestos de polímeros, aceites, resinas, y cargas de relleno. En casi todos los casos, el producto final contiene menos del 50% de copolímeros estirénicos en bloque.

### 1.3.2 APLICACIONES.

Dentro de las aplicaciones que tienen estos materiales, tenemos que éstas pueden ser divididas de la siguiente forma:

- a) Sustitutos de hule vulcanizado
- b) Adhesivos
- c) Sellantes
- d) Revestimientos
- e) Mezclas de polímeros
- f) Aditivos de aceites lubricantes
- g) Compuesto para fabricación de partes automotrices

En la mayoría de los casos, los productos finales son manufacturados por máquinas convencionales como las utilizadas en polietilenos o poliestirenos. Como ejemplo de este tipo de maquinaria tenemos a las inyectoras, sopladoras y extrusoras.

Una lista de los posibles compuestos en los que pueden formar parte los copolímeros estirénicos en bloque, así como

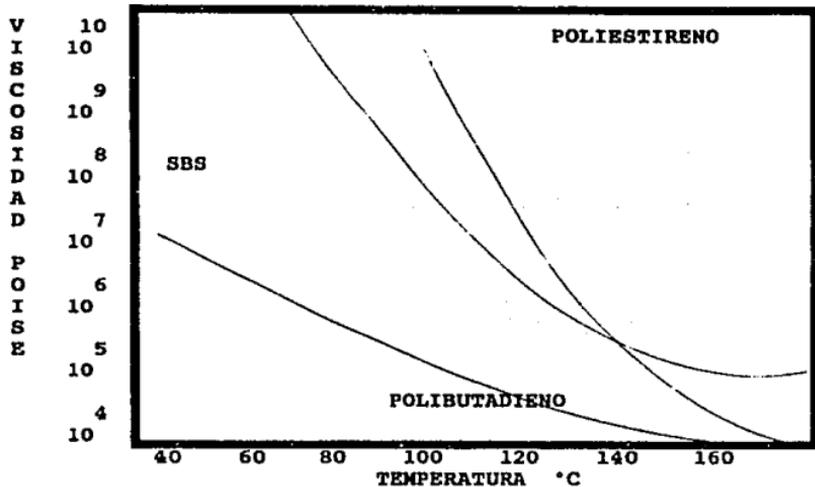


FIG. 3. Viscosidad de los polímeros.

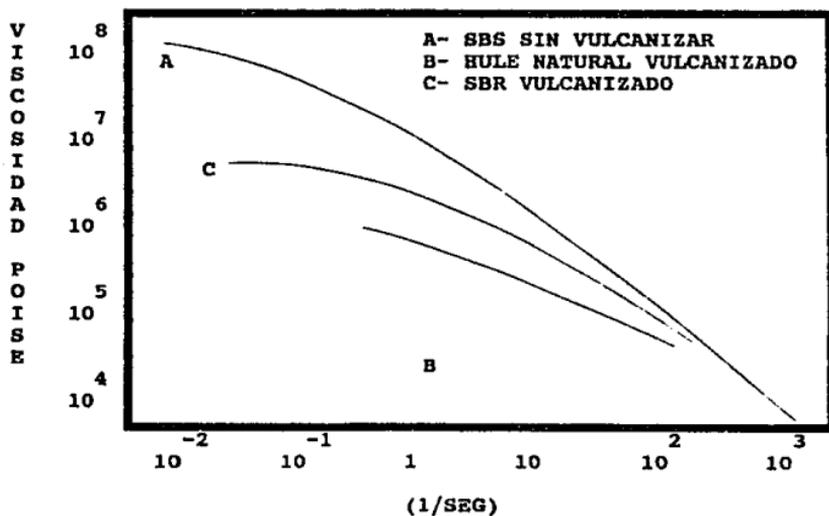


FIG. 4. Viscosidades del SBS a 175°C:

sus efectos en las propiedades del compuesto final se puede apreciar en la Tabla 1.

Por otra parte, una aplicación poco conocida de los

	ACEITES	POLIETILE- NO	POLIPROPI- LENO	MEZC. DE RELLENO
DUREZA	DISMINUYE	AUMENTA	AUMENTA	AUMENTA
PROCESABI LIDAD	AUMENTA	AUMENTA	VARIABLE	VARIABLE
EFFECTO RESIST.AL OZONO	NINGUNO	ALGUNOS AUMENTA	DISMINUYE	DISMINUYE
COSTO	DISMINUYE	DISMINUYE	DISMINUYE	DISMINUYE

**TABLA 1** Compuestos de copolímeros estirénicos en bloque.

copolímeros estirénicos en bloque, es como material de relleno en cables, estos sellantes llenan los vacíos existentes en los cables, protegiéndolos contra la filtración de humedad.

Otra aplicación que tienen este tipo de materiales es como recubrimiento, siendo utilizados principalmente en impermeabilización de la madera, mampostería concreto, etc.

PRODUCTO	KRATON D3202	KRATON G7720	KRATON G7890	ELEXAR 8313	ELEXAR 8451
APLICACION	USO GEN.	AUTOMOTRIZ USO GEN.	AUTOMOTRIZ DEFENSAS	AUTOMOTRIZ CABLE PRIM	ALAMBRE Y CABLE
DUREZA, SHORE A O D.	65A	60A	45D	54D	80A
RESIST. A LA TENSION,					
PSI	850	900	2600	3500	2000
MPa	5.9	6.2	18	24	14
MODULO AL 100%,					
PSI	480	300	1300	1900	600
MPa	3.3	2.1	9.5	13	4.1
ELONGACION, %	500	600	450	550	500
GRAVEDAD ESPECIFICA	1.0	1.2	0.92	1.28	1.0

TABLA 2 Propiedades de los compuestos de los copolímeros estirénicos en bloque.

## 2.- OLEFINAS TERMOPLASTICAS.

### 2.1 INTRODUCCION.

Las olefinas termoplásticas, comúnmente denominadas T.P.O., fueron comercializadas a partir de los años setentas, y consisten en simples mezclas de polipropileno y hule EPDM generalmente. Así, el compuesto queda definido como una dispersión de hule crudo en una fase continua de poliolefina.

Los T.P.O.'s, como todos los elastómeros termoplásticos presentan las propiedades de un elastómero termofijo, pero son procesados en equipos convencionales utilizados para los termoplásticos. Este tipo de materiales cubren un amplio rango de propiedades tanto de los elastómeros como de los plásticos. El procesamiento de estos productos en equipos convencionales permite lograr grandes producciones económicas.

Los materiales T.P.O. son definidos como compuestos de mezclas de varias poliolefinas plásticas semicristalinas y elastómeros amorfos. Los tipos más comunes de T.P.O. son compuestos de polipropileno (PP) y hule etileno-propileno (EPR). El EPR puede ser un copolímero de solo monómeros etileno y propileno o puede contener un tercer monómero, el cual es llamado hule EPDM por sus siglas en inglés etileno-propileno-diene-monómero). Otras poliolefinas usadas comúnmente en los compuestos de T.P.O. incluye, al polietileno de baja densidad (LDPE), polietileno de alta densidad (HDPE),

copolímeros de etileno con vinil acetato (EVA), principalmente.

Desde la aparición de los T.P.O., el mercado de éstos ha venido creciendo substancialmente. En el año de 1976, el consumo de T.P.O. y T.P.V. (ver Térmoplásticos Vulcanizados) fue de cerca de 15 a 20 millones de libras por año. Diez años después, en el año de 1986, el consumo de los T.P.O.'s se incrementó aproximadamente de 80 a 100 millones de libras, teniéndose con ésto, un crecimiento promedio de casi 20% por año. Gran parte de este crecimiento se refleja en la Industria Automotriz, donde los T.P.O.'s juegan un papel importante. Además, los T.P.O.'s presentan grandes aplicaciones en la Industria del alambre y cable, y en la Industria de Electrodomésticos.

## 2.2 PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS.

Los productos de T.P.O. al igual que los demás Elastómeros Termoplásticos, cubren un amplio rango de flexibilidades lo que une la brecha entre el hule suave y los plásticos de ingeniería. Dependiendo de la aplicación, un T.P.O. puede ser diseñado para ser muy flexible, con la suavidad y apariencia de un hule tradicional, o ser diseñado para ser rígido pero con excelentes propiedades de amortiguación a los impactos.

Los T.P.O. se pueden fabrican en durezas que van desde la 70 shore A, a la 70 shore D.

### 2.2.1 TEMPERATURAS DE USO.

Varios son los factores que determinan la limitación de utilizar productos de T.P.O. a altas temperaturas. Una pieza de T.P.O. puede ser expuesta a temperaturas elevadas por períodos de tiempo cortos.

Para la mayoría de los T.P.O., el punto de fusión del polipropileno es un factor limitante. Los homopolímeros de polipropileno se funden a una temperatura de alrededor de 160°C; por otra parte, la mayoría de los compuestos de T.P.O.'s, conservarán sus propiedades a temperaturas de poco más de 140°C.

La resistencia a la oxidación está en función de los antioxidantes y aditivos estabilizadores utilizados en la formulación del compuesto.

Los compuestos de T.P.O. más estables, son formulados con estabilizadores y antioxidantes diseñados para soportar continuamente el uso de temperaturas de 125°C o más. El objetivo general de los compuestos de este tipo será el conservar sus propiedades físicas cuando sean expuestos a temperaturas de 105°C durante períodos largos de exposición.

Una de las propiedades más importantes de los T.P.O.'s, es su comportamiento a bajas temperaturas. Estos compuestos conservan su flexibilidad a temperaturas muy bajas, por lo que su punto quebradizo oscila alrededor de  $-80^{\circ}\text{C}$ .

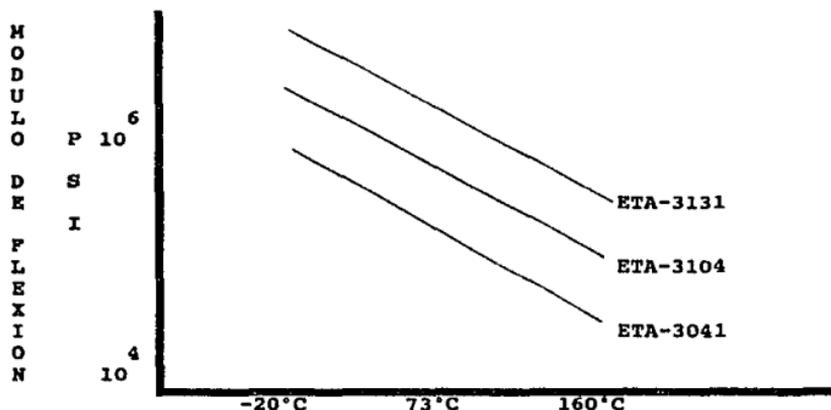


FIG. 5 Efecto de la temperatura sobre el módulo de flexión.

### 2.2.2 APLICACIONES A LA INTEMPERIE.

Casi todos los compuestos de T.P.O., conservan sus propiedades físicas cuando son expuestos a los rayos del sol y al agua. Además de presentar resistencia al ozono, los productos de T.P.O. no son susceptibles a la formación de hongos.

En general, este tipo de materiales no se ven afectados por los rayos solares, sin embargo, dependiendo de el rango de ingredientes que pueden estar presentes en el compuesto,

algunos T.P.O.'s pueden tender a presentar cierto cambio de coloración al ser expuestos por periodos largos de tiempo a los rayos del sol.

Por otra parte, existen ciertos grados, los cuales presentan sobresaliente firmeza al color. Estos grados especialmente estabilizados, y diseñados para aplicaciones automotrices principalmente, tuvieron que ser sometidos a un sinnúmero de pruebas. La principal consistió en la exposición continua a los rayos del sol en el Estado norteamericano de Florida durante dos años consecutivos, sin presentar la pieza cambio de color alguno apreciable a simple vista.

#### **2.2.3 RESISTENCIA A LOS SOLVENTES.**

La resistencia que presentan los compuestos de T.P.O. a los solventes y fluidos, tiene poca variación entre los productos comercialmente disponibles. Todos los compuestos de T.P.O. no son afectados por agua o reactivos acuosos; ácidos y bases también tienen poco efecto sobre ellos. En cuanto a hidrocarburos se refiere, éstos tienden a reblandecer el material sobre todo cuando se encuentran calientes. Este reblandecimiento es pequeño para las formulaciones duras, pero severo para los productos suaves.

#### **2.2.4 ADHESION.**

La superficie químicamente inactiva de una pieza de

T.P.O. hace que la adhesión con otros materiales sea una

Acetona	Buena
Aceite	Regular
Agua	Buena
Alcohol	Buena
Detergentes	Buena
Formaldehido	Buena
Acido Fórmico	Buena
Isooctano	Mala
Carbonato de sodio	Buena
Hidróxido de sodio	Buena
Acido sulfúrico diluido	Buena
Gas avión	Mala

TABLA 3 Resistencia química de los T.P.O. a fluidos.

operación difícil. Los sistemas de adhesión adecuados para lograr una buena unión entre materiales, deberán ser evaluados cuidadosamente para la aplicación destinada.

El ensamble mecánico o la interferencia adecuada son los métodos más eficientes. Algunos adhesivos tipo "holt melt" dan buenos resultados.

#### 2.2.5 PROPIEDADES ELECTRICAS.

La mayoría de los compuestos de T.P.O. son buenos

aislantes eléctricos, ya que tienen buena resistencia dieléctrica y no absorben humedad.

RESIST. QUIMICA	VARIACION EN EL PESO (%)	VARIACION EN LA RESIST. AL RASGADO (%)
AGUA	0	0
ANTICONGELANTE	0	0
DIESEL	3.9	-10.0
LIQUIDO DE FRENOS	0	0
F. LAVAPARABRISAS	0	0
LIQ. TRANS. AUT.	0.5	0

TABLA 4 Resistencia química de un T.P.O. a fluidos automotrices.

#### 2.2.6 RESISTENCIA A LA FLAMA.

Aunque los compuestos de T.P.O. no son inherentemente resistentes al fuego, pueden ser formulados de tal manera para que sean resistentes a la ignición y a la propagación de la flama. La selección de materiales para las aplicaciones donde se requiere resistencia al fuego, deberán ser seleccionadas cuidadosamente. Para tal selección, existe una gran variedad de pruebas de laboratorio que de algún modo nos proporcionan

una idea del comportamiento del material en una situación real de fuego.

### **2.3 PROCESAMIENTO.**

Los T.P.O.'s, pueden ser procesados con los equipos convencionales más comunes utilizados en los plásticos. Dichos productos pueden ser procesados por los métodos de inyección, extrusión, soplado, etc. La versatilidad de los compuestos de T.P.O. permite el diseño de compuestos con el proceso adecuado y el equipo disponible.

Históricamente, los productos de T.P.O., han tenido un alto punto de fusión comparado con otros polímeros termoplásticos. En años recientes, en los T.P.O.'s ha sido reducido el punto de fusión para poder ser utilizados en moldeo por inyección sobre todo en partes largas.

### **2.4 PIGMENTACION.**

Algunas piezas de T.P.O. utilizadas en aplicaciones automotrices, deberán ser pintadas con un acabado el cual tendrá que armonizar con los otros acabados de las piezas adjuntas.

Los T.P.O.'s existentes, con base de poliolefina, no cuentan con una superficie que reaccione fácilmente con los primers. Para lograr una adecuada adhesión de el primer, el

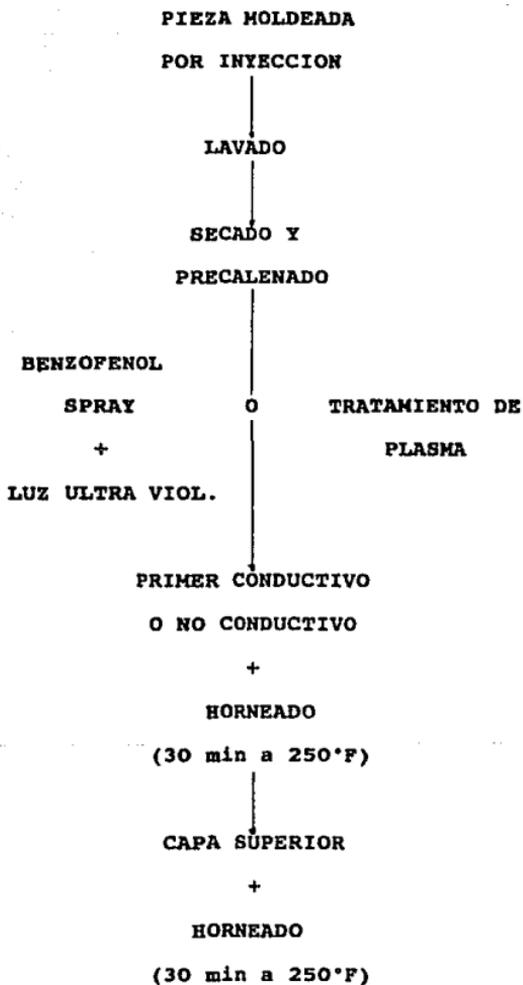


FIG. 6 Preparación de una pieza de T.P.O para ser pintada.

T.P.O. deberá ser modificado de alguna manera para obtener una superficie reactiva.

Las modificaciones químicas de la superficie de las piezas de T.P.O., han sido usadas por varios años para obtener una buena adhesión de la pintura. Además, el tratamiento por flama de la superficie de los T.P.O. provee de una buena adhesión a la pieza, siempre y cuando, dicho procedimiento sea tolerable en el lugar de trabajo (Fig. 6).

## 2.5 APLICACIONES.

Los productos fabricados con T.P.O. son utilizados en una gran variedad de aplicaciones en tres mercados principalmente: automotriz, alambre y cable, y piezas mecánicas. En cada uno de estos mercados, los T.P.O. son utilizados por contar con los requerimientos de ingeniería necesarios para cumplir con las necesidades de estos mercados, además de poder ser producidos a un costo competitivo en comparación con los materiales tradicionales.

### 2.5.1 APLICACIONES AUTOMOTRICES.

Los productos fabricados con compuestos de T.P.O. son utilizados extensamente en la industria automotriz en un gran número de partes. Dichos productos tienen demanda debido a la variedad de grados de dureza disponibles y a su durabilidad principalmente, por lo que vienen a reemplazar piezas de metal

en donde en donde las partes no pueden ser dañadas por colisiones. Este tipo de piezas incluye: conductos de aire, cubiertas de defensa, defensas, topes, guardafangos, extensiones de salpicaderas, etc.

#### **2.5.1.1 APLICACIONES AUTOMOTRICES EXTERIORES.**

La demanda que tienen los productos fabricados con compuestos de T.P.O. en aplicaciones automotrices exteriores, es debido principalmente a su única combinación de propiedades y valores. Su excelente flexibilidad a bajas temperaturas, su amplio rango de durezas, su facilidad para ser pintado, su excelente resistencia a la intemperie, permiten el diseño de un gran número de piezas automotrices de uso externo.

Un ejemplo de este tipo de aplicaciones son las molduras laterales, ya que por un lado, esta pieza presenta la resistencia necesaria para la absorción de los pequeños impactos a los que pueda ser sometida, y por otro, resulta agradable a la vista del consumidor.

Otra aplicación importante, son las cubiertas para las defensas, ya que cumple con las necesidades de la pieza, como es su resistencia a los rayos solares conservando su coloración por períodos largos de tiempo.

### 2.5.1.2 APLICACIONES AUTOMOTRICES DEBAJO DEL COFRE.

En esta área, los productos de T.P.O. también juegan un papel importante. En el motor, la temperatura puede elevarse hasta alcanzar los 175°C (350°F) o más. Muchos compuestos de T.P.O. tienden a reblandecerse a estas temperaturas, sin embargo, pueden formularse compuestos especiales, los cuales pueden soportar temperaturas de esta magnitud sin verse afectados severamente en sus propiedades.

Un ejemplo de este tipo de aplicaciones es una cubierta protectora para el cable que va de la batería a la marcha. Otra aplicación común de los T.P.O a altas temperaturas, son los ductos de aire, fabricados ya sea por moldeo o soplado, el cual tiene como función el llevar aire limpio del exterior al carburador. Dicho ducto de aire, puede ser expuesto a un rango alto de temperaturas (150°C aprox.).

Una aplicación interesante es la pared de fuego. Esta cubierta hecha por moldeo, fue empleada primeramente en motores a diesel donde los compuestos de T.P.C. fueron formulados para contar con una alta absorción de ruido, con la finalidad de aislar el compartimiento de pasajeros. Sin embargo, posteriormente, esta aplicación paso a los motores a gasolina con tracción delantera.

Por otra parte, a últimas fechas, los compuestos de

T.P.O. han sido utilizados en los sistemas de aire acondicionado también para absorber el ruido; y más recientemente, este tipo de materiales han sido diseñados para ser utilizados en los sistemas de sonido, sobre todo en gabinetes para las bocinas.

Dentro de los compuestos de T.P.O. disponibles en el mercado para aplicaciones automotrices, encontramos que éstos pueden ser surtidos en durezas que varían desde una 67 A a una 57 D, teniendo un modulo de flexión que varía desde 3000 psi hasta 170000 psi. Por otra parte, estos compuestos presentan elongaciones de hasta un 650 % y un punto de fusión de 230°C.

#### **2.5.2 ALAMBRE Y CABLE.**

En aplicaciones eléctricas donde los voltajes manejados son bajos, los T.P.O.'s han encontrado otro mercado de aplicaciones. En estas aplicaciones se tiene la única combinación de propiedades a altas y bajas temperaturas, así como excelentes características de aislamiento eléctrico y resistencia a la absorción de humedad que sólo los T.P.O. pueden proporcionar.

#### **2.5.3 PIEZAS MECANICAS.**

El mercado de las piezas mecánicas, es extremadamente diverso. Muchas de las aplicaciones son piezas pequeñas moldeadas, donde los T.P.O. vienen a sustituir a las piezas de

hule termofijo moldeadas por compresión. por otra parte, el reciclaje de los sobrantes, viene a hacer a los T.P.O.'s más atractivos ya que los costos de producción se ven disminuídos.

También los compuestos de T.P.O. han sido utilizados para reemplazar al hule butilo en aplicaciones de tipo eléctrico, y al hule policloropreno en defensas, sellos y tapones.

En cuanto a piezas obtenidas por extrusión, los T.P.O. han sido utilizados ampliamente en este mercado.

### 3.- ALEACIONES ELASTOMERICAS.

#### 3.1 ALEACIONES ELASTOMERICAS DE TERMOPLASTICOS VULCANIZADOS.

Las aleaciones elastoméricas (EAs), son elastómeros termoplásticos (TPE's) compuestos de mezclas de dos o más polímeros los cuales han recibido un tratamiento para cambiar sus propiedades (mejorándolas) en comparación con las mezclas simples de TPE con los mejores ingredientes. Los dos tipos de aleaciones elastoméricas son los hules procesables en caliente (MPRs) y los termoplásticos vulcanizados (TPVs).

Los EA-TPVs son una clase de TPE's, los cuales se caracterizan por ser una mezcla de hule/polímero plástico, en la cual la fase de hule es altamente vulcanizada. Este tipo de materiales son demostrablemente diferentes a las mezclas de polímeros de TPE's, los cuales tienen una fase de hule, la

cual es invulcanizada o parcialmente vulcanizada. Los EA-TPVs (frecuentemente nombrados como TPVs), son comunmente descritos como termoplásticos "fully vulcanized", completamente curados, "crosslinked", etc.

La fase plástica de un TPV es comúnmente una poliefina (especialmente polipropileno), y la fase elástica es a menudo un elastómero de etileno-propileno.

### **3.1.1 VULCANIZACION DINAMICA.**

El proceso preferido para la generación u obtención de termoplásticos vulcanizados, es la vulcanización dinámica, el cual es un proceso no muy conocido a pesar de existir desde hace 30 años.

La vulcanización estática comercialmente usada desde los días de Charles Goodyear, incluye el calentamiento de un trozo de hule (compuesto completamente y mezclado con un sistema de curado, usualmente con sulfuro) a una temperatura de 130 a 180°C durante un tiempo específico en el cual se realiza una transformación química (crosslink). Este proceso transforma al hule en un duro, elástico y durable material termofijo.

La otra etapa de la vulcanización dinámica comprende el curado de una composición de hule durante el mezclado o masticación, en donde uno de los ingredientes de esta

composición de hule deberá ser una resina termoplástica. El resultado de este proceso, es una mejor aleación elastomérica (un TPV) con las propiedades de un hule termofijo convencional, pero el cual puede ser procesado como un termoplástico convencional.

Las poliefinas (especialmente polipropileno y polietileno) son por mucho las resinas más comúnmente usadas en las formulaciones de los TPVs. Sin embargo, es posible obtener TPV's de una gran variedad de otro tipo de termoplásticos como son: el nylon, SAN(estireno-acrilonitrilo), ABS(acrilonitrilo-butadieno-estireno), acrílicos, poliésteres, policarbonatos y poliestireno. El elastómero puede ser un hule (Ej. hule natural, SBR, polibutadieno), hule butil, hule EPDM, hule nitrilo, etc.

Es importante, que el mezclado sea continuo durante el proceso de masticación, ya que de lo contrario, el producto resultante será un hule termofijo. Por otro lado, la temperatura a alcanzarse durante el mezclado, deberá ser lo suficientemente alta para poder fundir la resina termoplástica y efectuar la vulcanización. La buena dispersión es generalmente favorecida si las viscosidades de las fases elásticas y plásticas son semejantes.

Un aspecto importante para el mejoramiento de las

propiedades de un TPV es el tamaño de las partículas de hule EPDM vulcanizado. Mientras que el tamaño de las partículas decrece, las propiedades del material progresivamente mejoran (Ver Fig. 7).

El secreto para la obtención de buenas propiedades en los TPV's, es un alto grado de vulcanización y partículas de tamaño pequeño.

En relación a su temperatura, la mayoría de los TPV's, tienen una resistencia a la temperatura de hasta 135°C sin verse afectadas sus propiedades, y conservan éstas hasta una temperatura de -60°C.

Para realizar una correcta selección de este tipo de materiales es necesario hacer un estudio minucioso tomando en consideración su desempeño y su costo en comparación con otros materiales disponibles en el mercado (Ver Fig. 8).

### **3.1.2 PROPIEDADES MECANICAS.**

#### **3.1.2.1 DUREZA Y GRAVEDAD ESPECIFICA.**

Frecuentemente, la propiedad más importante a considerar en un hule o plástico, es su dureza. La escala shore A, es comúnmente la utilizada para la designación de la dureza de los hules, mientras que la escala shore D, es la utilizada para la designación de la dureza de los plásticos.

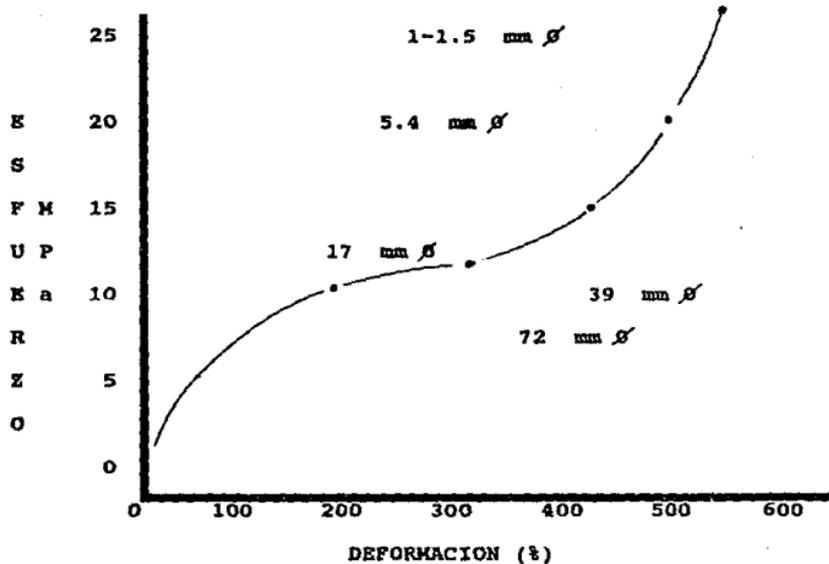
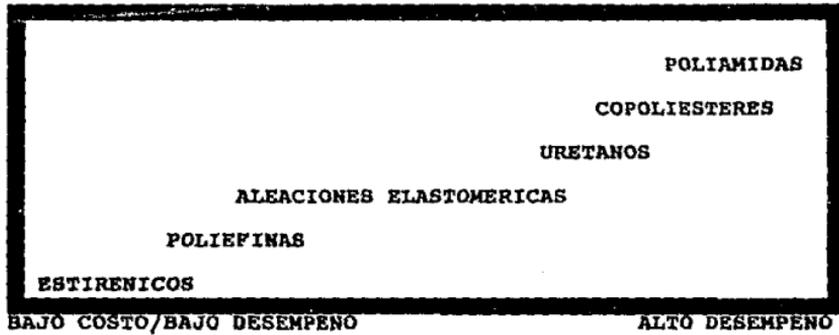


FIG. 7 Efecto del tamaño de partícula sobre el esfuerzo de tensión y la última elongación.

ALTO COSTO



BAJO COSTO/BAJO DESEMPEÑO

ALTO DESEMPEÑO

FIG. 8 Relación COSTO/DESEMPEÑO de los T.P.E.'s.

PROPIEDADES FÍSICAS	T.P.O.	T E R M O F I J O S		TERMOPLASTICO
		HULE CLOROPRENO	PVC NITRILO	PVC
MODULO DE TENSION A 100%, PSI	320	320	700	860
ELONGACION ROMPIMIENTO (%)	800	400	180	360
RESISTENCIA A LA TENSION, ROMPIMIENTO (PSI)	1300	700	1000	1930
DUREZA (SHORE A)	66	80	66	71
RESISTENCIA AL ACEITE (7 DIAS A 23°C) AUMENTO DE VOLUMEN (%)	18	7	5	27
RESISTENCIA AL OZONO 100 pphm A 38°C HORAS P/RUPTURA	512 *	2	4	512 *
GRAVEDAD ESPECIFICA	0.89	1.65	1.40	1.23
MODULO TORSIONAL DE GEEMAN				
A -51°C	17000	160000	65000	82000
A -43°C	8000	51000	48000	41000
A -34°C	3500	10000	33000	22000

\* NO hubo rompimiento.

TABLA 5. Comparación de un aislante de cable de material de TPO y uno con aislante convencional semejante.

Es bien sabido, que la dureza de un hule o un plástico, se ve afectada por la temperatura. Para la dureza de los TPV's, la pérdida promedio de dureza por grado centígrado es de 0.14 unidades (un incremento en la temperatura de 7°C produce una pérdida de dureza de una unidad en escala shore A). Para los grados de dureza dentro de la escala shore D, la pérdida promedio de dureza por grado centígrado es de 0.16 unidades (un incremento en la temperatura de 6°C produce la pérdida de dureza en una unidad en la escala shore D).

#### **3.1.2.2 PROPIEDADES TENSILES.**

Las propiedades tensiles por definición, son aquellas que se refieren a la resistencia del material a la elongación. En el caso de los TPV'S, sus propiedades tensiles se obtienen por medio de mediciones a través de un tensómetro, en el cual se colocan las probetas las cuales se obtienen generalmente por inyección y deben de tener ciertas dimensiones (4.5" X 3.2" X 0.117"), determinando de esta forma los valores máximos de elongación.

Un buen entendimiento de las propiedades tensiles de los TPV's se obtiene del análisis de las curvas de esfuerzo-deformación de diferentes grados de dureza de TPV's (Fig.9). Las curvas para los grados suaves, son muy parecidas a las de los hules, con un punto de inflexión, descendiendo progresivamente conforme la temperatura decrece. Este punto

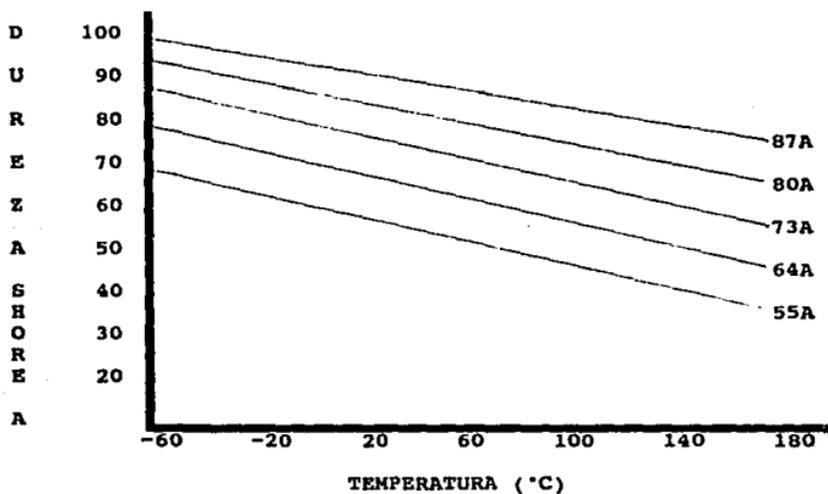
de inflexión es mucho más marcado para los grados duros de TPV.

### 3.1.2.3 PROPIEDADES DE COMPRESION.

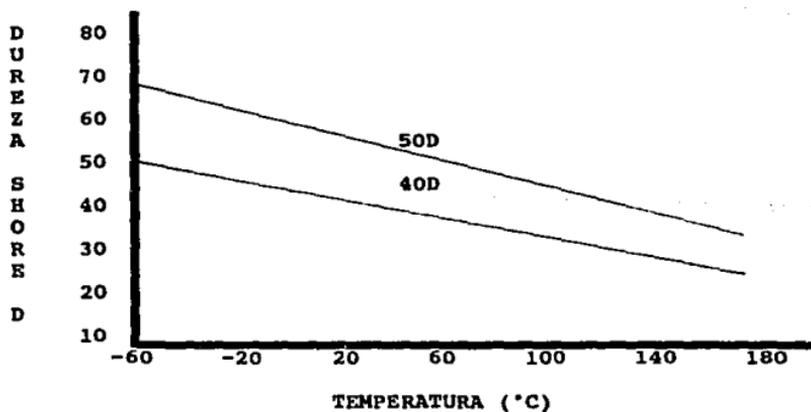
Las propiedades de compresión de un elastómero termoplástico son de suma importancia, ya que de estos valores depende el uso de este tipo de materiales en aplicaciones tales como sellos y juntas.

En la Fig. 10, se pueden apreciar las curvas de esfuerzo-deformación para algunos grados de dureza de TPV. Como se puede observar en la figura, estas curvas son aproximadamente lineales a porcentajes bajos de deflexión los cuales son los comúnmente usados en la práctica.

Las pruebas de compresión que se realizan a los hules termoplásticos son de suma importancia en aplicaciones de sellado. La buena retención de un sello entre el hule y una superficie sólida, requiere de una baja compresión por debajo de las condiciones de servicio (temperatura, fluídos del medio, grados de compresión, tiempo, etc.). El rango de compresión de los TPV's suaves (80 shore A y por debajo), es excelente y competitivo con los hules termofijos especialmente compuestos (peróxido, vulcanización eficiente o semieiciente) para bajos valores de compresión.



(a)



(b)

FIG. 9 Variación de la dureza (a) escala Shore A; (b) escala Shore D por efecto de la temperatura.

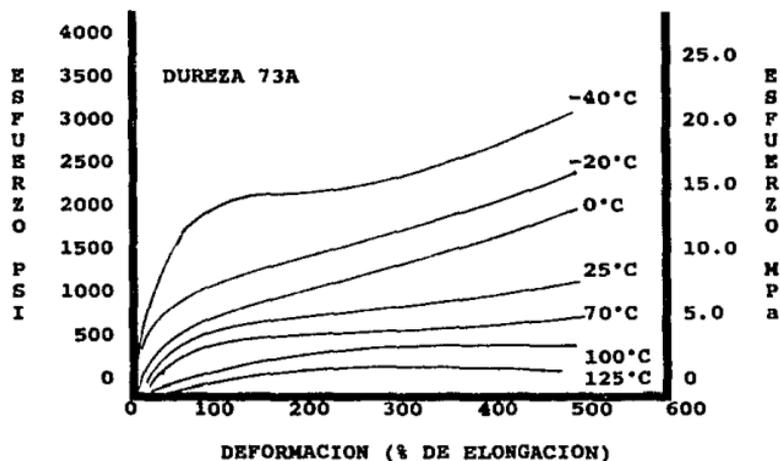
Una propiedad sobresaliente de las aleaciones de TPV's es su capacidad para dar valores de baja compresión a elevadas temperaturas y por períodos largos de tiempo. En la Fig 11, se puede apreciar los valores de compresión para diferentes grados de dureza de TPV's, por períodos de tiempo de 22 a 1000 horas y a una temperatura de 100°C.

Los valores de compresión de un TPV's dado, deberán ser equivalentes o exceder a las especificaciones para aplicaciones de tipo arquitectónico, plomería, O-rings, sellos, etc.

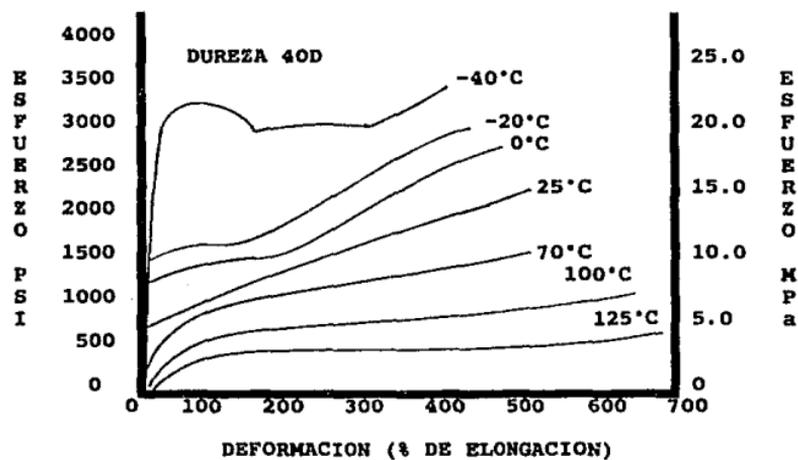
#### 3.1.2.4 PROPIEDADES FLEXIBLES.

Las propiedades flexibles o de flexibilidad, son aquellas que se refieren al doblamiento de un material y su capacidad para soportar una carga con un mínimo resultado de deformación. Esta capacidad, es normalmente medida por medio de un módulo de flexión (ASTM D790).

Para los termoplásticos rígidos y hules termofijos, el módulo de flexión es de importancia básica; sin embargo, la flexión decrece con la disminución de la dureza. De esta manera, para los TPV's, el módulo de flexión es de importancia limitada para los grados suaves (menores a 80 shore A). Para grados de dureza mayores, la importancia del módulo de flexión se incrementa en el orden 87A, 40D, 50D.



(a)



(b)

FIG. 10 Curvas de esfuerzo deformación para los TPV's.

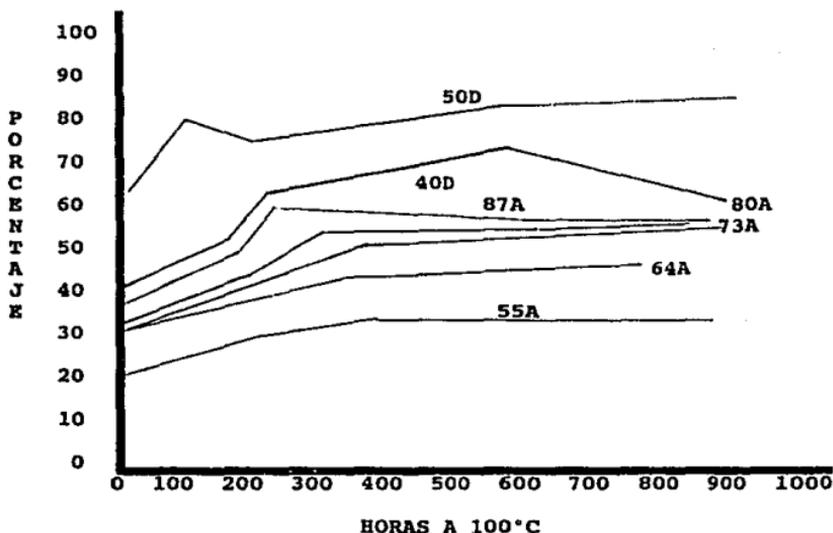


FIG. 11 Prueba de compresión como una función del tiempo para diferentes grados de dureza de TPV.

### 3.1.2.5 DESGARRE Y ABRASION.

La resistencia al desgarre de las aleaciones de TPV's es considerada como buena, pero no sobresaliente, ya que existe una competencia con el hule EPDM y el neopreno de durezas similares.

La resistencia a la abrasión al igual que la resistencia al desgarre, aumenta con el grado de dureza del material termoplástico. A excepción del elastómero de poliuretano, la resistencia a la abrasión de los TPV's ha sido encontrada

generalmente como competitiva en comparación con la de los mejores hules termofijos.

### 3.1.2.6 PROPIEDADES DINAMICAS.

Las propiedades dinámicas de los TPV's juegan un papel muy importante. Su elasticidad es comparable con la de los hules termofijos, con la excepción del hule natural. La obtención de alta o baja elasticidad dependerá de la aplicación específica de la pieza.

Una propiedad dinámica sobresaliente de los TPV's, es su resistencia a la fatiga. Haciendo una comparación entre los TPV's y los hules termofijos, los primeros presentan una resistencia a la fatiga superior a la del hule natural, EPDM y neopreno.

### 3.1.2.7 PROPIEDADES A BAJA TEMPERATURA.

Como se muestra en la Fig. 10, los termoplásticos vulcanizados conservan sus propiedades aún a temperaturas muy bajas del orden de  $-60^{\circ}\text{C}$ . El límite de funcionalidad a baja temperatura es comunmente considerado en el punto donde el material se vuelve quebradizo (ASTM D746). Para el EA-TPV's suave, el punto donde se vuelve quebradizo se encuentra por debajo de los  $-60^{\circ}\text{C}$ ; únicamente para el TPV con dureza 50D, el punto donde se hace quebradizo sube significativamente arriba de este nivel ( $-34^{\circ}\text{C}$ ).

### 3.1.3 RESISTENCIA AL MEDIO AMBIENTE.

#### 3.1.3.1 RESISTENCIA AL AIRE Y AL DESGASTE ATMOSFERICO.

Los hules termoplásticos vulcanizados, tienen una resistencia a la temperatura de hasta 135°C durante periodos largos de tiempo. Este dato fue obtenido a través de una prueba realizada a este tipo de materiales, durante 1000 horas , después de las cuales, el material a prueba no mostró cambios significativos en sus propiedades (Fig. 13).

En la Fig. 14 se aprecia una gráfica, en la cual, se

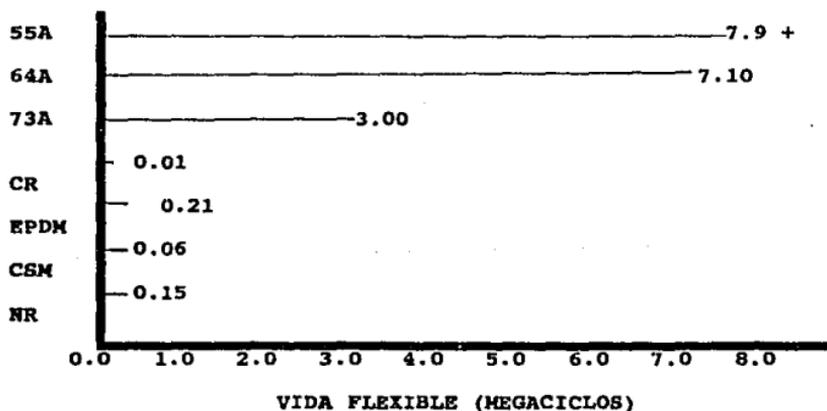


FIG. 12 Prueba comparativa de flexión de varios TPV's con hules termofijos.

predice el comportamiento durante el tiempo de vida de un hule termoplástico vulcanizado de grado 50 Shore D expuesto durante

un año a 117°C y 11.4 años (100,000 horas) a 90°C. La resistencia a altas temperaturas del rango de 135°C en aleaciones elastoméricas de TPV's es superior que la del estireno, mezclas olefínicas y MPR (TPE).

En pruebas climatológicas aceleradas (simuladas), se ha demostrado que los TPV's de color negro conservan sus propiedades de funcionamiento por períodos en exceso de 12 meses. Por otra parte, los EPDM-TPV's colorables son mucho menos resistentes a los efectos combinados de radiación solar, oxígeno atmosférico, ozono y otros contaminantes atmosféricos.

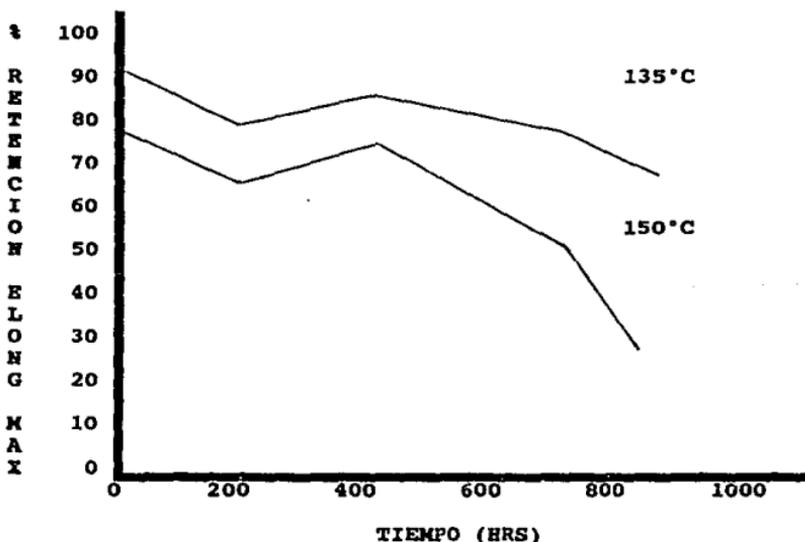


FIG. 13 Retención de la máxima elongación como función del tiempo.

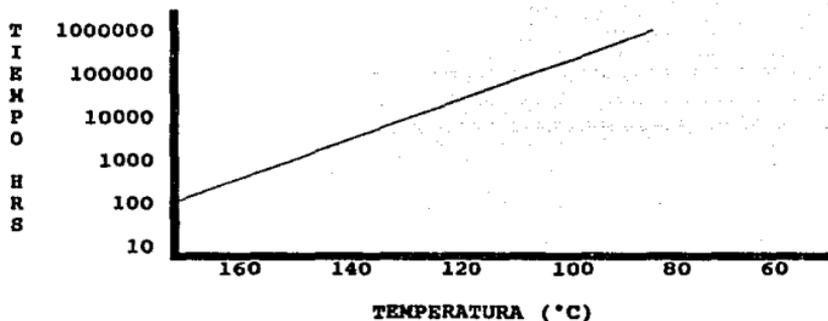


FIG. 14 Comportamiento predecible de un TPV durante su vida de servicio.

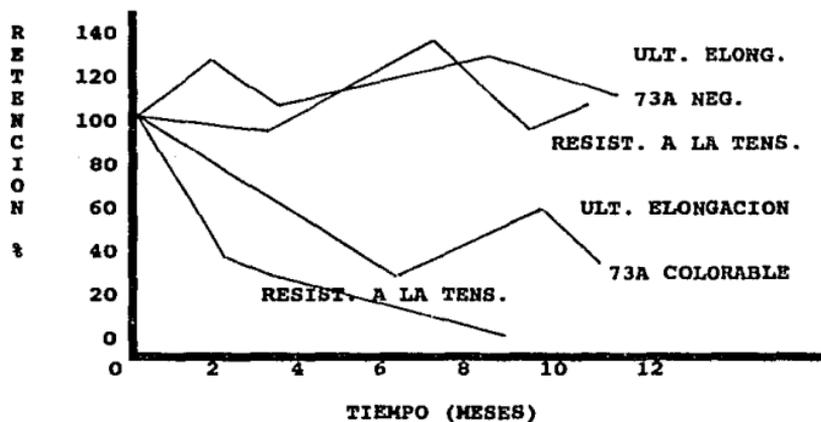


FIG. 15 Retención de la última elongación y de la resistencia a la tensión.

La Fig. 15 da las curvas de retención de resistencia a la tensión y máxima elongación de un hule termoplástico (73 Shore A) durante una prueba acelerada. Esta exposición al sol y asociada con el medio ambiente fue aumentada aproximadamente 10 veces de su valor de exposición natural. Al final de dicha prueba, a los 12 meses, los especímenes negros mostraron solo una pequeña superficie quebrada (visible a 20X), mientras que los especímenes colorables (color natural), mostraron grandes grietas apreciables a simple vista. Es claro que el hule termoplástico vulcanizado de color negro es mucho más resistente a la exposición al medio ambiente que el hule termoplástico vulcanizado de color natural.

### 3.1.3.2 RESISTENCIA A LOS FLUIDOS.

La resistencia que presentan los hules termoplásticos vulcanizados a los efectos de diferentes fluidos en general, se puede decir que es buena (TABLA 6). Esta afirmación se basa en :

- 1.- Incremento de volúmen.
- 2.- Retención de la dureza.
- 3.- Retención de la resistencia a la tensión.
- 4.- Retención del valor de máxima elongación
- 5.- Retención de módulos

Por otro lado, la resistencia media de los EPDM-TPV's a

los fluidos polares es excelente. Además, la resistencia que presentan este tipo de materiales, a los hidrocarburos, es mejor comparada con las mezclas de hule/termoplástico.

El hule nitrilo TPV (NBR-TPV) muestra excelente resistencia al agua, soluciones acuosas (ácidos y álcalis), y aceites calientes. A temperatura ambiente, la resistencia a los hidrocarburos de bajo peso molecular (abajo de 20), como son la gasolina y el diesel es excelente. Esta resistencia decrece progresivamente conforme la temperatura es incrementada, pero estos materiales no pueden ser recomendados para servicio en contacto con combustible diesel por encima de los 70°C. Este tipo de materiales TPV's, presentan una buena resistencia a los fluidos industriales y automotrices a elevadas temperaturas.

### 3.1.3.3 RESISTENCIA A LA RADIACION.

Las aleaciones elastoméricas de TPV's, presentan una buena resistencia a la luz de electrones y a la radiación de rayos gamma.

En la Fig. 16, se muestra la curva que representa la retención del valor máximo de elongación de un EPDM-TPV's de grado 80 shore A y grado 40 shore D incrementando la radiación por luz de electrones. Después de la absorción de 25 megarads, ambos hules retuvieron la mitad de el valor original

de máxima tensión. Este tipo de propiedades son de suma

FLUIDO	TEMPERATURA (°C)	RESISTENCIA
AGUA	100	EXCELENTE
ACIDO SULFURICO	23	EXCELENTE
AGUA DE MAR	23	EXCELENTE
ETANOL 95%	23	EXCELENTE
GLICEROL	23	EXCELENTE
ACEITE	125	REGULAR
ISOOCTANO	23	REGULAR
DIESEL	100	REGULAR
LIQ. TRANS. AUT.	125	REGULAR
LIQUIDO DE FRENOS	100	EXCELENTE
ANTICONGELANTE	125	EXCELENTE
GRASA	100	EXCELENTE
ACEITE DE TRANS.	125	REGULAR
FREON	5	REGULAR

TABLA 6 Resistencia de un termoplástico vulcanizado de EPDM a varios fluidos.

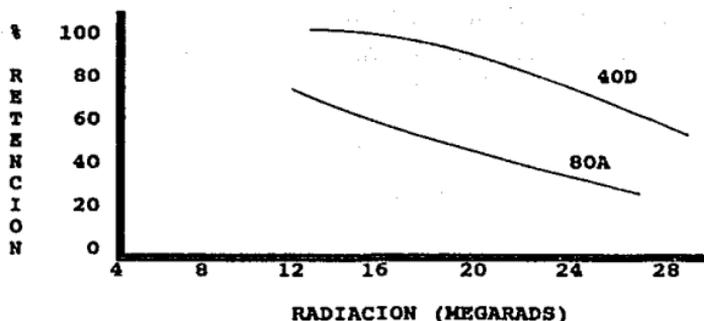


FIG. 16 Retención del valor de máxima tensión de un TPV incrementando la luz de electrones.

importancia sobre todo en aplicaciones de tipo médico.

#### 3.1.3.4 RESISTENCIA A LOS MICROORGANISMOS.

La resistencia que presentan los EPDM-TPVs a la aparición de hongos, es muy superior a la que presentan los hules EPDM y otro tipo de hules termofijos.

En la tabla 7 se muestra los resultados obtenidos en una prueba realizada a este tipo de materiales en la cual se observa que la resistencia de estos materiales a la formación de microorganismos es excelente. Este tipo de propiedad es importante sobre todo en aplicaciones de tipo marino, y fúnebres.

GRADO	PORCENTAJE DE CRECIMIENTO
201-73	BAJO CRECIMIENTO (10-30%)
201-80	CRECIMIENTO MEDIO (30-60%)
201-87	BAJO CRECIMIENTO (10-30%)
203-40	BAJO CRECIMIENTO (10-30%)
203-50	POCO CRECIMIENTO (0-10%)

**TABLA 7.** Formación de hongos en TPV's (ASTM G 21).

### 3.1.3.5 RESISTENCIA A LA FLAMA Y A LA PROPAGACION DE FUEGO.

La mayoría de los TPV's disponibles en el mercado, podrán soportar la combustión de la misma manera que un hule termofijo convencional como puede ser el SBR y el EPDM. Su índice de oxígeno es por lo tanto menor de 19.

Existen retardadores de flama especiales para los diferentes grados de TPV. Este tipo de retardadores son utilizados en formulaciones de TPV, para ser aplicados en productos donde la resistencia a la flama es un factor imperativo.

### 3.1.4 APLICACIONES ELECTRICAS.

#### 3.1.4.1 POTENCIA DIELECTRICA.

Los termoplásticos vulcanizados (TPVs), tienen excelentes propiedades eléctricas aislantes , comparables con la de los

hules termofijos y termoplásticos utilizados para este propósito desde hace varias décadas. Esta propiedad no es de sorprender, dada su "no polaridad" del hidrocarburo natural.

La potencia dieléctrica, es la capacidad de un aislante a no permitir el paso de corriente bajo un voltaje aplicado; a menudo, es el primer parámetro estudiado en evaluar un material para aplicaciones de aislante eléctrico. En la figura 17 se puede apreciar la curva de variación de la potencia dieléctrica con la densidad de TPV's basado en hule EPDM.

#### **3.1.4.2 RESISTIVIDAD.**

El volumen y la superficie resistiva del EDPM-TPV es lo suficientemente alta para justificar su uso como aislador eléctrico, así como para aplicaciones como material de cubierta. El volumen de resistividad ( $P_v$ ) es 10 a la 6 ohm-cm a temperatura ambiente y 10 a la 14 ohm-cm a 100°C. La superficie resistiva ( $P_s$ ) es de 10 a la 16 ohm a ambas temperaturas.

Estos niveles de resistividad son los adecuados para un material candidato a ser utilizado como aislador primario.

#### **3.1.4.3 CONSTANTE DIELECTRICA Y FACTOR DE POTENCIA.**

Ambas, la constante dieléctrica (especificada como

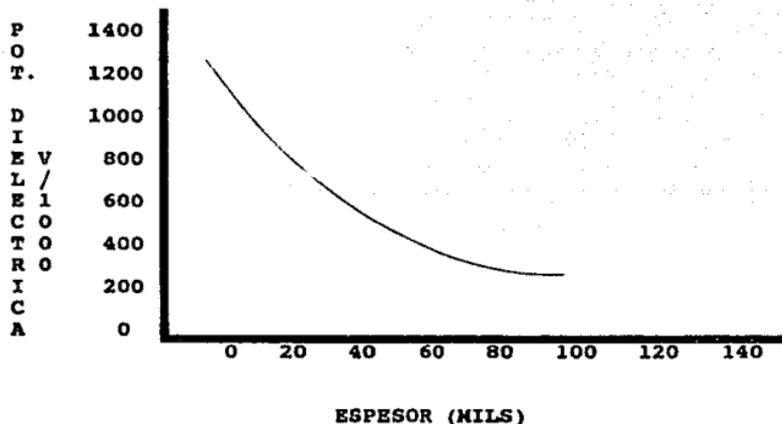


FIG.17 Potencia dieléctrica del TPV como una función del espesor.

capacitancia inductiva ) y el factor de potencia son factores básicos en la selección de un material aislante.

El valor de la constante dieléctrica en los TPV's varía desde 2.69 hasta 3.08 dependiendo del grado de dureza del material, esto a temperatura ambiente (23°C); y a una temperatura de 100°C, estos valores oscilan entre 2.74 y 3.02, mientras que el factor de potencia oscila entre 0.21 y 0.88 a una temperatura de 23°C y entre 0.21 y 0.44 a una temperatura de 100°C.

La constante dieléctrica de estos materiales se encuentra en el rango de 2.7 a 3.1 tanto a temperatura ambiente como a 100°C, la cual se encuentra en el rango normal para buenos

aisladores de materiales termoplásticos y termofijos, con la diferencia de que estos valores son insignificativamente más pequeños a 100°C que a temperatura ambiente.

El factor de potencia es una medida de la energía de corriente eléctrica alterna convertida en calor (histéresis) en un aislador durante la transmisión de potencia. Esta temperatura rebasa la temperatura del aislador y acelera su deterioro. Por ésto es importante que el factor de potencia sea minimizado. Los valores del factor de potencia de los TPV's se encuentran por debajo del 3% del nivel frecuentemente deseado para evitar problemas que conduzcan al máximo fracaso del aislante.

### **3.1.5 PROCESAMIENTO.**

#### **3.1.5.1 ECONOMIA Y EFICIENCIA DEL PROCESAMIENTO DE LOS TPV.**

Las aleaciones de los elastómeros termoplásticos vulcanizados tienen las mismas ventajas y desventajas de la mayoría de los elastómeros termoplásticos. Las ventajas de proceso usualmente pesarán más que las desventajas, debido ésto principalmente a que en promedio, se obtiene un ahorro de 0.3 a 1.0 dólares por libra de pieza de hule fabricada. Este ahorro es inherente en la eficiencia de la fabricación de piezas de hules termoplásticos en comparación con la de piezas de hules termofijos.

En la Fig. 18 se puede apreciar claramente la diferencia que existe entre el proceso que se tiene que seguir tanto para hules termofijos como para los termoplásticos. El procesamiento de los hules termoplásticos es simple, con pocos pasos y menos consumo de "energía". El ciclo de tiempo de procesamiento de un hule termoplástico generalmente en orden de magnitud es más bajo que el de los hules termofijos. Por lo tanto, dicho ciclo es usualmente medido en segundos para los termoplásticos y en minutos para los termofijos.

Por otra parte, los fragmentos de hule termoplástico pueden ser reciclados, en donde los fragmentos de hule termofijo únicamente pueden ser desechados o simplemente utilizados como combustible. En las operaciones de moldeo, el porcentaje de desperdicio de material es prácticamente insignificante.

Una desventaja que presentan los hules termoplásticos vulcanizados es la necesidad de secado antes de ser procesados. Este paso y el equipo para ello son familiares a los utilizados en los termoplásticos, pero no para los utilizados en los hules termofijos. Otra desventaja que se podría mencionar, respecto de los hules termofijos, es que generalmente los TPV's no pueden ser procesados en equipos convencionales utilizados para los hules termofijos. Su procesamiento requiere del equipo usado en termoplásticos.

### **3.1.5.2 SEGURIDAD.**

Los hules termoplásticos vulcanizados, son materiales que se pueden considerar como relativamente no tóxicos, además de que su manejo no requiere de ningún cuidado en especial ya que no representan riesgo alguno para el operador. Las prácticas comunes de higiene después de el manejo de este tipo de materiales es el lavado común y corriente de manos y partes con las que se haya tenido contacto con el material.

Es recomendable el uso de mascarillas por parte de el operador, así como también el tener una buena ventilación en el lugar de trabajo.

### **3.1.5.3 COLORACION.**

El hule EPDM-TPVs de 55 shore A a 50 shore D de dureza, está comercialmente disponible en grados que pueden ser dados en cualquier color con excepción de la aplicación del blanco. Estos materiales en color neutro, pueden ser mezclados con pequeñas cantidades de colorantes para obtener la coloración deseada.

El colorante más utilizado es el pellet sólido concentrado, el cual lleva una resina compatible con los TPVs. Dentro del proceso de coloración de los hules termoplásticos vulcanizados, deberá de asegurarse una adecuada uniformidad de la mezcla así como el evitar la contaminación de la mezcla por

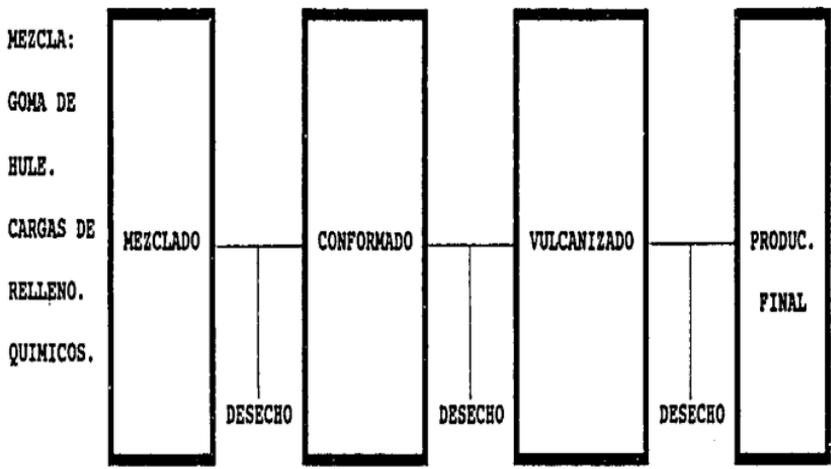


FIG. 18 PROCESAMIENTO DE PRODUCTOS DE HULE CONVENCIONAL

52

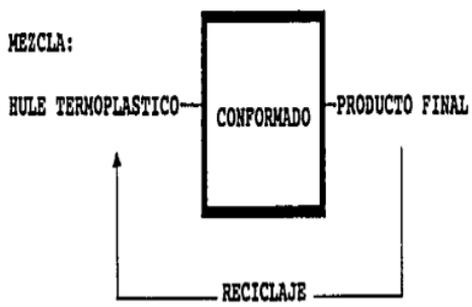


FIG. 18 PROCESAMIENTO DE HULES TERMOPLASTICOS

materiales ajenos a ésta.

#### **3.1.5.4 ADITIVOS.**

A excepción de los colorantes, el uso de aditivos en las mezclas de TPV's es generalmente no recomendado. Los hules termoplásticos vulcanizados son compuestos conocidos como completos, es decir que no necesitan de algún tipo de aditivo, además de estar en la mayoría de los casos listos para su procesamiento.

#### **3.1.5.5 METODOS DE PROCESAMIENTO.**

Como los demás elastómeros termoplásticos, los hules termoplásticos vulcanizados son procesables en equipos convencionales utilizados para los termoplásticos como son las extrusoras, inyectoras, sopladoras, etc.

#### **3.1.6 APLICACIONES.**

Introducidos comercialmente en el año de 1981, los hules termoplásticos vulcanizados tuvieron una aplicación anual de 20 millones de libras (9 millones de Ton. métricas), a mediados de la década de los 80's. Las aplicaciones que han presentado este tipo de materiales en los últimos años es tal, que se espera que para los primeros años de esta década, el consumo anual ascienda a 100 millones de libras (45 millones de Ton. métricas).

### **3.1.6.1 APLICACIONES AUTOMOTRICES.**

La Industria Automotriz fue una de las primeras industrias en conocer la relación costo/beneficio que presentan los TPV's, ya que dichos materiales cumplen con las necesidades y requerimientos de esta Industria.

Desde las pasadas dos décadas, se hizo mucho énfasis en los conceptos de seguridad, calidad, producción, seguridad de operación, bajo mantenimiento, bajo costo por fabricación, y velocidad de ensamble, por lo que los TPV's por sus propias características han venido ha satisfacer enormemente dichos conceptos.

En respuesta a estas necesidades, los TPV's han encontrado usos tales como mangueras, ductos de aire, juntas, sellos, cubre polvos, componentes de ignición, sellos de ventanas, por nombrar algunos ejemplos.

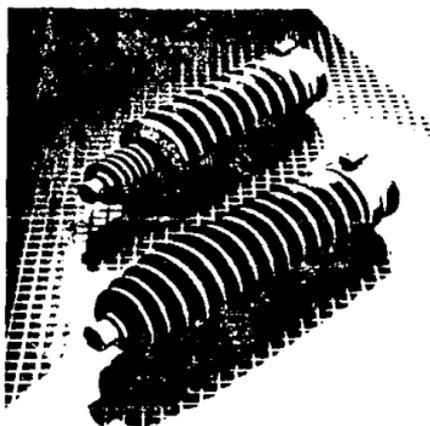
En la Fig. 19 se pueden apreciar las botas o cubre polvos utilizados como protección del ensamble cremallera-piñón de la dirección. Estas botas fabricadas anteriormente por inyección de hule neopreno, actualmente son fabricadas por medio de sopladoras y hule termoplástico TPV.

### **3.1.6.2 ARQUITECTURA Y CONSTRUCCION.**

Los artículos fabricados de hule, tienen gran número de

aplicaciones en lo que respecta a arquitectura, en muchas de las cuales, los TPV's juegan un papel muy importante. Su mejor aplicación en este campo ha sido en la construcción de grandes edificios, centros comerciales, edificios de oficinas, en apartartamentos lujosos y hoteles principalmente.

Los principales usos que presentan los TPV's se pueden apreciar en juntas expansivas, material para techos, pisos, y sellos para puertas y ventanas.



**FIG. 19** Cubre polvos utilizados en el ensamble cremallera-piñón, el TPV utilizado es de dureza 40 shore D.

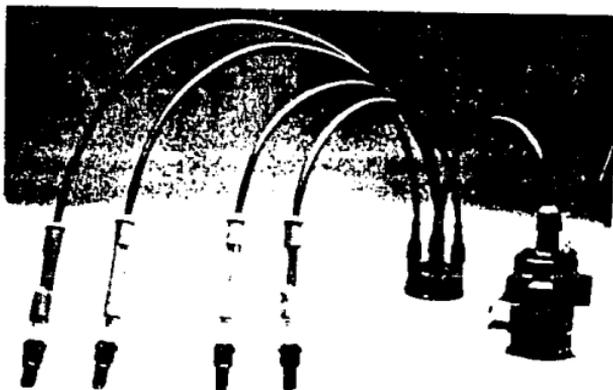


FIG. 20 Sistema de ignición, cables y capuchones de bujías fabricados de EPDM-TPV.



FIG. 21 Tornillos ajustadores para evitar vibraciones.

La Fig. 22 ilustra el uso de un perfil suave extruido de TPV en una ventana de vidrio. En la Fig. 23, se puede apreciar un burlete hecho de TPV; en ambas aplicaciones, el uso del TPV provee ya sea a una puerta o una ventana de un sello seguro aún con frío, calor, viento o lluvia.

### 3.1.6.3 ELECTRICOS Y ELECTRONICOS.

Las propiedades eléctricas de los termoplásticos vulcanizados sugiere su uso como aislante primario, material para cubierta de cable y alambre.

Los conductores eléctricos, tapones, y aisladores, para ensambles de tipo eléctrico y electrónico, han hecho extenso

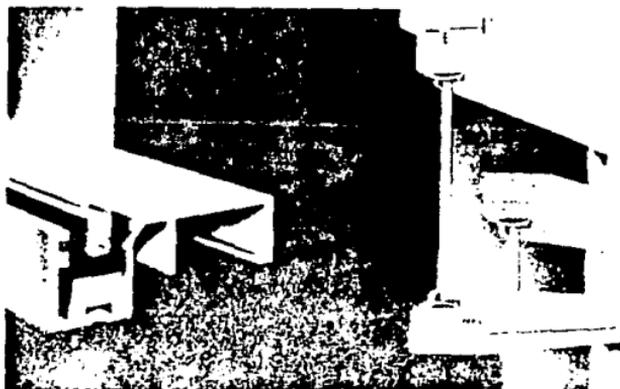
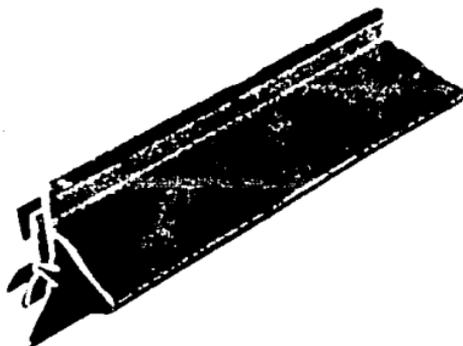


FIG. 22 Perfil suave elaborado por extrusión y fabricado de aleaciones elastoméricas de TPV.



**FIG. 23** Burlete fabricado de hule EPDM-TPV.

el uso de los TPV en este campo. Este tipo de piezas son generalmente obtenidas por inyección y a menudo con inswots metálicos. En la Fig. 24 se pueden observar la variedad de productos que pueden ser fabricados con este tipo de materiales.

En este tipo de aplicaciones, son muy importantes los grados especiales para retardar la flama, sobre todo en aplicaciones donde el riesgo de propagación de fuego deberá ser mínimo.



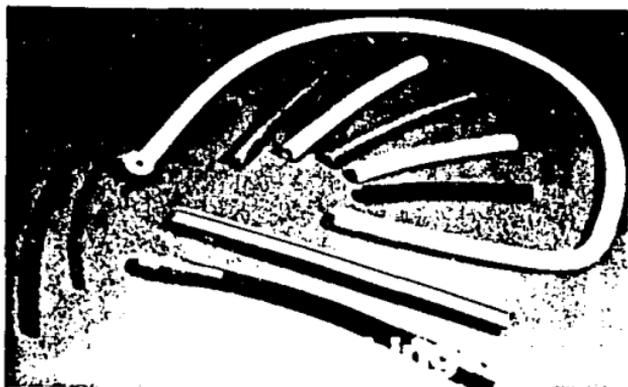
**FIG. 24** Conectores, tapones, etc., fabricados de EPDM-TPV.

La durabilidad y características propias de los EPDM-TPV, los ha colocado en aplicaciones como son hardware, software, teléfonos, calculadoras, y equipos de oficina.

#### **3.1.6.4 TUBOS, MANGUERAS Y HOJAS.**

Estos productos normalmente preparados por simple extrusión, son a menudo componentes de una gran variedad de productos ensamblados o fabricados. Su producción ofrece la ventaja que la vulcanización no es requerida después de la extrusión, por consiguiente, el laminado de los TPV's puede ser utilizado en la fabricación de membranas para el techo o en la fabricación de sellos y juntas.

La Fig. 25 muestra algunos tipos de mangueras y tubos que pueden ser fabricados con TPV.



**FIG. 25** Tipos de mangueras y tubos fabricados por extrusión a partir de hule EPDM-TPV.

#### **3.1.6.5 APLICACIONES MEDICAS Y EN CONTACTO CON ALIMENTOS.**

Numerosw aplicaciones han sido encontradas para los EPDM-TPV's en contacto directo con bebidas, alimentos, productos farmacéuticos y tejidos vivientes. Estas aplicaciones emplean grados especiales que cumplen con los reglamentos americanos de "Food and Drug Administration" y son producidos bajo un

"Standard of Good Manufacturing Practice".

Los diferentes empleos en el área médica que tienen los EPDM-TPV's, incluye émbolos para jeringas, taponos para medicamentos, sellos para válvulas en aerosol, tubos médicos, difragmas, etc. Todas estas aplicaciones son derivadas de la biocompatibilidad y baja toxicidad de las aleaciones elastoméricas de TPV's, antes y después de la esterilización.

#### **3.1.6.6 APLICACIONES MECANICAS.**

En esta categoría de aplicaciones se incluyen piezas utilizadas en equipos domésticos, equipo industrial, divisiones recreativas, etc. El enlistar las aplicaciones en esta categoría resultaría extremadamente largo.

Las aplicaciones típicas mecánicas de los EPDM-TPV's se pueden apreciar en sellos, juntas, asientos de válvulas, ruedas, juguetes, equipos para hacer deporte principalmente.

### **3.2 HULES PROCESABLES EN CALIENTE.**

#### **3.2.1 INTRODUCCION.**

La década de los 80's puede decirse que es el período más significativo en el mercado del hule desde el descubrimiento de la vulcanización en 1838 por Charles Goodyear.

En el año de 1985 una nueva familia de TPE fue



**FIG. 26** Rueda fabricada de TPV con núcleo de polipropileno.

introducida al mercado, con la finalidad de liberar a la industria del hule de las prácticas ineficientes utilizadas en la fabricación de este material. Con la introducción al mercado del "Alcryn", hule procesable en caliente (MPR), el cual elimina la vulcanización, incrementando de esta manera la productividad y haciendo posible el reciclaje de los desechos, se obtiene un producto capaz de sustituir al hule termofijo convencional.

Teniendo muchas de las propiedades de los hules, el MPR es el único material que puede ser procesable ya sea como plástico o bien en equipo modificado para hule.

### **3.2.2 PROPIEDADES.**

#### **3.2.2.1 PROPIEDADES ELASTICAS.**

La naturaleza elástica del MPR está indicada por su respuesta a la tensión, compresión y flexión. Las propiedades elásticas típicas de un MPR se pueden apreciar en la Tabla 8.

El MPR tiene un excelente valor de tensión, es decir, que su módulo de flexión es considerablemente bajo. A temperatura ambiente, la respuesta a la compresión de un MPR es muy buena, sin embargo, este tipo de materiales tiende a suavizarse a altas temperaturas.

#### **3.2.2.2 EFECTOS DE LA TEMPERATURA SOBRE EL MODULO DE FLEXION.**

Comparado con otro tipo de TPE's, el módulo de flexión de los MPR's es relativamente insensible a temperaturas por debajo de  $-20^{\circ}\text{C}$ . A temperaturas por debajo de  $-20^{\circ}\text{C}$ , el módulo de flexión del MPR se incrementa rápidamente, y a temperaturas de alrededor de  $50^{\circ}\text{C}$ , dicho módulo es extremadamente bajo, y el material se vuelve muy suave y flexible.

### 3.2.2.3 PROPIEDADES GENERALES.

Las propiedades básicas de el MPR, son mostradas en las tablas 8. La fuerza y abuso de la resistencia de el MPR, de acuerdo a estos datos, son comparables con las propiedades de los hules termofijos.

PROPIEDADES	MPR 60A	MPR 70A	MPR 80A
RESIST. A LA TENSION, PSI	1750	1900	1950
ELONGACION ROMP., %	325	295	210
DUREZA, DUROMETRO A	62	69	78
RESIST. AL OZONO, 3ppm, 20%	SIN	SIN	SIN
DE ELONG., 168hrs/40°C.	EFFECTOS	EFFECTOS	EFFECTOS
EXP. AL MEDIO AMB., 2 AÑOS,	SIN	SIN	SIN
APARIENCIA.	EFFECTOS	EFFECTOS	EFFECTOS

TABLA 8 Propiedades características del MPR.

### 3.2.2.4 RESISTENCIA AL MEDIO AMBIENTE.

Pruebas realizadas, han confirmado la excelente resistencia de estos materiales a las inclemencias del medio ambiente. Muestras de MPR exhibidas, no presentan efectos visibles a simple vista en su dureza o cambio de apariencia después de dos años de exposición en Florida a 3 ppm de ozono por 168 horas y a una temperatura de 40 °C (Ver tabla 9).

PROPIEDADES MECANICAS	°C	60A	70A	80A
DUREZA, DUROMETRO A	25	62	69	78
	100	37	43	54
100% DE MODULO, PSI	25	530	650	1050
	100	200	230	330
TENSION, PSI	25	1750	1900	1950
	100	530	560	590
ELONGACION, %	25	325	295	210
	100	295	275	200

TABLA 9 Propiedades mecánicas del MPR.

### 3.2.2.5 EFECTOS DE LA TEMPERATURA.

Las propiedades termomecánicas de los MPR's, soportan una operación continua a temperaturas de alrededor de 100 °C. Exposiciones a temperaturas de 121°C, encuentran en el MPR un material apropiado para ser utilizado en aplicaciones a estas temperaturas.

El MPR retiene un alto porcentaje de sus propiedades originales cuando es expuesto a temperaturas de 121°C durante una semana. A temperaturas de por debajo de -40°C, el MPR conserva sus propiedades, sin verse éstas afectadas.

### **3.2.2.6 RESISTENCIA A LOS FLUIDOS Y AL ACEITE.**

La resistencia del MPR a aceites parafínicos (ASTM aceite N°1) y a los aromáticos (ASTM aceite N°3), es comparable con la que presenta el hule nitrilo. Los cambios de volumen son normalmente del rango de más menos 10%. Un alto porcentaje de las propiedades originales son retenidas después de una inmersión a 100°C durante 7 días.

El MPR es inerte a solventes como son alcoholes y éteres; a hidrocarburos como son el hexano y a los fluorocarbonos. Su resistencia disminuye en presencia de solventes polares y químicos.

### **3.2.2.7 PROPIEDADES ELECTRICAS.**

En un principio, los grados de MPR fueron diseñados para uso general en la industria, y no fueron objeto de aplicaciones como aislante eléctrico. Las propiedades de resistencia a la corriente eléctrica, hace a los MPR's candidatos para aplicaciones a bajo voltaje y en todas aquellas aplicaciones donde las propiedades eléctricas no son críticas. Las propiedades eléctricas de los grados existentes de MPR son resumidas en la tabla 10.

### **3.2.3 MERCADOS.**

#### **3.2.3.1 MANGUERA INDUSTRIAL.**

El MPR requiere ser al menos, tan resistente al agua como

PROP. ELECTRICAS	60 A	70 A	80 A
CONST. DIELEC., 1Khz	8.0	8.6	11.1
FACTOR DE DISIPACION, 1Khz	0.17	0.25	0.40
RESIST. DIELECTRICA, Volts/1000	450	310	140

**TABLA 10** Propiedades eléctricas de los MPR's.

el neopreno, y funcionalmente equivalente al hule estireno-butadieno (SBR) en un rango de servicio de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $93^{\circ}\text{C}$ , para poder desplazar a los hules termofijos utilizados en este tipo de aplicaciones. Los incentivos para el uso de MPR en la industria de las mangueras hidráulicas, incluye la eliminación del curado a presión, eliminando la necesidad de mandriles y mezcladoras, consiguiendo extrusiones altas, y reduciendo los costos por energía, además de obtener un producto final de mejor construcción.

### 3.2.3.2 MANGUERA AUTOMOTRIZ.

En el mercado automotriz, los elastómeros termoplásticos, tienen gran uso en mangueras para aire acondicionado y en líneas de combustible.

El problema de los elastómeros termoplásticos para entrar

en el mercado de las mangueras para fluidos ya sea calientes o fríos, radica en la relación costo/beneficio del hule EPDM.

### **3.2.3.3 ALAMBRE Y CABLE.**

El MPR, como se mencionó anteriormente, es utilizado en aplicaciones de tipo eléctrico, en donde la aplicación no es de tipo crítico. Esto incluye cordones para tostadoras y cafeteras, cubiertas de botones, etc.

### **3.2.3.4 PARTES AUTOMOTRICES.**

Dentro de la industria automotriz, el MPR, presenta grandea aplicaciones, sobre todo debido a su amplio rango de temperaturas de servicio. Dentro de este tipo de aplicaciones, encontramos tapones, tubos, diafragmas, cables, sellos, juntas, cubrepolvos, etc.

### **3.2.4 COSTOS.**

La justificación económica para el uso de MPR en lugar de hules termofijos, depende de la función y aplicación a ser considerada, el costo/desempeño es el parámetro para determinar que material deberá ser seleccionado.

Las ventajas económicas que trae el uso del MPR, incluye la alta productividad, la eliminación de varios pasos asociados con la tecnología del hule y la virtual ausencia de desperdicio de material debido al reciclaje del mismo.

### **3.2.5 PROCESAMIENTO.**

Como hemos venido mencionando a lo largo de este trabajo, los TPE, son procesados por los métodos tradicionales utilizados en los plásticos. Estos métodos incluyen en el caso de los MPR's, el soplado, la extrusión, la inyección y el laminado.

## **4.- ELASTOMEROS TERMOPLASTICOS DE COPOLIESTER.**

### **4.1. INTRODUCCION.**

Aunque históricamente los elastómeros de copoliéster han sido reemplazados por hule, una gran parte de ellos tienen características importantes dentro de los plásticos de ingeniería. Este tipo de materiales son apropiados para uso bajo cargas, además presentan buena resistencia al desgarre y un amplio rango de temperaturas de servicio sin cambios significativos en sus propiedades.

Los elastómeros termoplásticos de copoliéster, difieren de los plásticos en que éstos no poseen una gran flexibilidad, esta característica, hace a los elastómeros termoplásticos de copoliéster apropiados en aplicaciones donde los plásticos de ingeniería no pueden competir debido a esta limitante.

## 4.2 PROPIEDADES MECANICAS Y ELECTRICAS.

### 4.2.1 RELACION TENSION-DEFORMACION.

La relación esfuerzo-deformación para diferentes grados de elastómeros termoplásticos de copoliéster se pueden apreciar en la Fig. 27. En la figura se puede apreciar, que apesar de que estos materiales son elásticos, su recuperación es limitada bajo ciertos esfuerzos. La región donde estas resinas se comportan como amortiguadores, es a tensión a bajos esfuerzos (Ver Fig. 28).

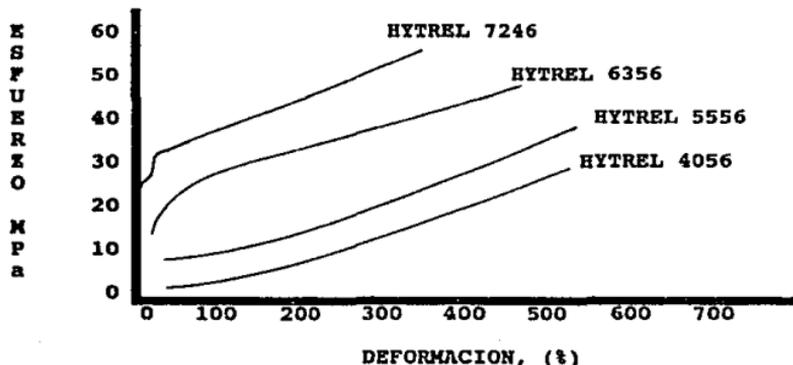


FIG. 27 Curvas esfuerzo-deformación para algunos grados de Hytrel a 23°C.

### 4.2.2 DESEMPEÑO DINAMICO.

Una característica sobresaliente de las resinas de copoliéster en comparación con otro material flexible, es su excelente desempeño dinámico, lo cual hace a estas resinas

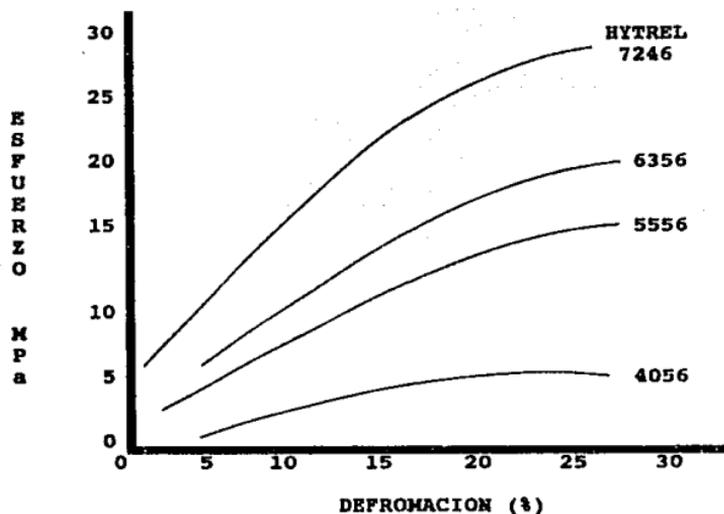


FIG. 28 Módulo a baja deformación y a temperatura ambiente.

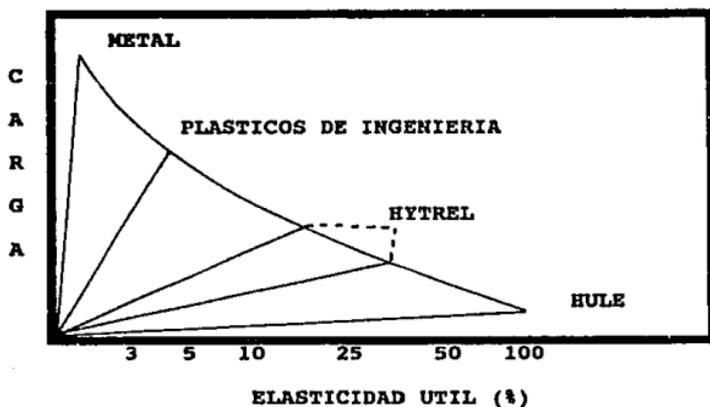


FIG. 29 Capacidad elástica de algunos materiales.

adecuadas para aplicaciones donde se requieren propiedades elásticas duraderas. En adición, su respuesta dinámica es excelente, este tipo de materiales pueden ser sujetos a ciclos repetitivos de tensión y compresión sin presentar disminución de sus propiedades mecánicas.

#### 4.2.3 RESISTENCIA AL DESGARRE.

Este tipo de resinas, presentan una resistencia al desgarre, de arriba de 5.5 MPa (800 psi) para los grados de mayor suavidad, y de 18.9 MPa (2700 psi) para grados de módulo alto.

#### 4.2.4 RESISTENCIA A LA FATIGA.

Los elastómeros termoplásticos de copoliéster, presentan excelente resistencia a la fatiga. En la tabla 11 se pueden apreciar los límites de fatiga de 3 tipos de Hytrel.

HYTREL	MPa	PSI
4056	5.2	750
5556	6.9	1000
7246	11.0	1600

TABLA 11 Límites de fatiga para algunos grados de Hytrel.

#### 4.2.5 RESISTENCIA AL IMPACTO.

Los grados más flexibles, es decir, aquellos que poseen un módulo de flexión de 300 MPa ó menos (43000 psi), no se rompen en pruebas tradicionales de impacto (Método Izod). Algunos grados flexibles, son sin embargo usados como modificadores de impacto en la formulación de plásticos rígidos. Grados con módulo de flexión de 300 MPa ó más, presentan ciertas mellas al realizárseles pruebas de impacto a bajas temperaturas.

#### **4.2.6 RESPUESTA A LA TEMPERATURA.**

El módulo de flexión, y en general las propiedades de los elastómeros termoplásticos (TPE's), siguen un patrón de incremento con disminución de la temperatura; pero, el conservar su flexibilidad a baja temperatura, es importante en muchas de las aplicaciones mecánicas que tienen estos materiales, en donde son sujetos a temperaturas extremas. Los elastómeros de copoliéster son generalmente superiores a los uretanos,; los elastómeros termoplásticos de copoliésteres retienen su flexibilidad mejor a bajas temperaturas, y en general; presentan menores cambios de sus propiedades con incremento de la temperatura que los uretanos.

Debido a lo anterior, los elastómeros termoplásticos de copoliéster, son muy utilizados en aplicaciones de tipo criogénico, ya que conservan sus propiedades a temperaturas extremadamente bajas. Este tipo de materiales se empiezan a

volver quebradizos a temperaturas por debajo de los  $-70^{\circ}\text{C}$  ( $-94^{\circ}\text{F}$ ).

A temperaturas elevadas, las resinas de copoliéster tienden a suavizarse perdiendo algunas de sus propiedades. Las resinas con un módulo medio-alto, ofrecen un mejor desempeño a altas temperaturas, reteniendo sus propiedades mecánicas a temperaturas de alrededor de  $180^{\circ}\text{C}$  ( $356^{\circ}\text{F}$ ).

#### **4.2.7 RESISTENCIA A LA ABRASION.**

La resistencia a la abrasión es una función compleja que se refiere a la resistencia al desgarre del material, la cual depende de factores como son el coeficiente de fricción, resiliencia, disipación de calor, etc. Comparando valores, éstos variarán dependiendo del tipo de prueba a que se someta el material. Generalmente, los elastómeros termoplásticos de copoliéster son superiores a materiales flexibles como son el vinil y algunos plásticos rígidos. Su desempeño en comparación con los uretanos y los hules, depende de la prueba.

#### **4.2.8 PROPIEDADES ELECTRICAS.**

Los elastómeros de copoliéster son comúnmente utilizados en aplicaciones eléctricas en donde se manejan voltajes menores de 600 volts. Las características que hacen atractivos a estos materiales en aplicaciones dentro de la

industria eléctrica y electrónica, son sus excelentes propiedades dieléctricas, alta resistencia mecánica, su resistencia al desgarre, sus propiedades de muelleo, su resistencia a la fatiga por flexión, su resistencia al impacto y a sustancias químicas así como a los aceites y solventes.

Las principales aplicaciones eléctricas que tienen estos materiales son como recubrimientos de cables y alambres, en switches, conectores y enchufes, etc. En la Tabla 12 se enlistan las principales propiedades eléctricas de estos materiales.

POLIMERO	ESPESOR (in)	RESISTENCIA IELECTRICA (volt/mil)	CONSTANTE DIELECTRICA (100Hz)
HYTREL 4056	0.075	390	4.8
HYTREL 5526	0.075	390	4.2
HYTREL 6356	0.075	440	4.1
HYTREL 7246	0.075	430	3.6

TABLA 12 Propiedades eléctricas a temperatura ambiente.

#### 4.2.9 PROPIEDADES QUIMICAS Y RESISTENCIA AL MEDIO AMBIENTE.

##### 4.2.9.1 RESISTENCIA QUIMICA Y A LA TEMPERATURA.

La combinación de resistencia tanto a la temperatura

como a las sustancias químicas es una propiedad muy importante sobre todo en aplicaciones de tipo automotriz.

La resistencia de los elastómeros termoplásticos de copoliéster a fluidos no polares incluyendo agua, ácidos, bases y glicoles, es una función de la composición del polímero, del PH y de la temperatura de uso. Los elastómeros termoplásticos de copoliéster son atacados por fluidos polares y a temperaturas de alrededor de los 70°C (158°F). En la Tabla 13 se puede apreciar la resistencia química de algunos elastómeros termoplásticos de copoliéster.

#### 4.2.9.2 RESISTENCIA A LA PERMEABILIDAD.

Muchas aplicaciones como son sellos, juntas, envases, requieren de una baja permeabilidad a los combustibles. Los elastómeros termoplásticos de copoliéster, son más o menos permeables a las moléculas polares como son el agua, pero muy resistentes a la penetración de hidrocarburos no polares y gases refrigerantes; esta características los hace perfectos en aplicaciones como mangueras para el manejo de gas propano y para el manejo de refrigerantes.

#### 4.2.9.3 RESISTENCIA A LA RADIACION.

La resistencia a la radiación, es una característica importante en procedimientos de esterilización en medicina y en plantas de energía nuclear. La mayoría de los elastómeros

son afectados por la radiación, provocando en ellos el rompimiento entre las moléculas del polímero. En comparación con otros materiales equivalentes, los elastómeros

FLUIDO	ECDEL	GAPLEX	HYTREL
ACEITES	BUENA	BUENA	EXCELENTE
GASOLINA	POBRE	EXCELENTE	EXCELENTE
ALCOHOL	BUENA	BUENA	BUENA
GLICOLES	-	BUENA	EXCELENTE
ACIDOS DEBILES	BUENA	BUENA	EXCELENTE
ACIDOS FUERTES	EXCELENTE	POBRE	BUENA
BASES	EXCELENTE	BUENA	EXCELENTE
FENOLES	-	POBRE	POBRE
SOLUCIONES SALINAS	-	EXCELENTE	EXCELENTE
ACIDOS ORGANICOS	POBRE	-	BUENA

TABLA 13 Resistencia a algunos fluidos.

termoplásticos de copoliéster resultan altamente resistentes a la radiación.

#### 4.2.9.4 PUREZA QUIMICA.

A diferencia de la mayoría de los plásticos flexibles, los elastómeros termoplásticos de copoliéster, no contienen plasticidas. La pureza química de los copoliésteres, los hace

adecuados para aplicaciones en contacto con alimentos y en aplicaciones de tipo médico. Varios grados de este tipo de materiales cuentan con aprobación de la FDA (Food and Drug Administration) y de otras agencias reguladoras como son la National Sanitation Foundation y el Departamento de Agricultura Americano entre otros.

#### **4.2.9.5 RESISTENCIA A LA FLAMA.**

Los aditivos retardadores de flama tienden a reducir la dureza de los plásticos al ser añadidos a éstos. Debido a que los copoliésteres son inherentemente muy duros, esta cualidad los hace apropiados para ser utilizados en compuestos retardadores de flama, por lo que son muy cotizados en aplicaciones de tipo eléctrico, electrónico, productos para la construcción y en la Industria Automotriz y Militar.

#### **4.2.9.6 RESISTENCIA AL MEDIO AMBIENTE.**

Los elastómeros termoplásticos de copoliéster, requieren de ciertos aditivos como protección para la radiación ultravioleta; aditivos concentrados, se encuentran disponibles en el mercado para esta finalidad. Propiamente estabilizadas, las resinas proveen de servicio satisfactorio bajo todo tipo de condiciones climatológicas.

#### **4.3 PROCESAMIENTO.**

Al igual que los demás elastómeros termoplásticos, los

copoliésteres no son la excepción en cuanto al hecho de que pueden ser procesados por los métodos tradicionales utilizados en los termoplásticos. Estos métodos incluyen principalmente la inyección, la extrusión y el soplado.

#### **4.4 APLICACIONES.**

Los elastómeros termoplásticos de copoliéster, son utilizados en aplicaciones en donde se deben conjugar la dureza, flexión y el desempeño dinámico. Este tipo de materiales ha venido a reemplazar a los plásticos rígidos en donde es necesaria la absorción y resistencia a los impactos, la flexibilidad, el sellado y donde las operaciones mecánicas requieren ser silenciosas.

Dentro de su rango de diseño elástico, los elastómeros termoplásticos de copoliéster, ofrecen de 2 a 15 veces la resistencia del hule. En adición, estos elastómeros son procesados simplemente; éstos pueden ser coprocesados con otros materiales y fácilmente modificar su geometría después de haber sido procesados.

##### **4.4.1 MATERIALES REEMPLAZADOS.**

Básicamente existen cuatro clases de materiales que han venido a ser reemplazados por los elastómeros termoplásticos de copoliéster:

a.- Metales: sobre todo en la fabricación de engranes, ruedas, levas, etc.

b.- Uretanos: en la industria automotriz, en la fabricación de spoilers, parrillas, topes, etc.

c.- Piel: en la Industria del calzado, como portapistolas militares, balones de futbol, correas, cascos y artículos deportivos.

d.- Hule: en la fabricación de todo tipo de mangueras principalmente.

## **5.- ELASTOMEROS TERMOPLASTICOS DE POLIURETANO.**

### **5.1 INTRODUCCION.**

Los elastómeros termoplásticos de poliuretano, como su nombre lo indica, pertenecen a la familia de los poliuretanos, los cuales fueron descubiertos por Otto Bayer en el año de 1937. Originalmente, los elastómeros de poliuretano, fueron considerados como materiales termofijos. Fue hasta finales de los años cincuentas, cuando se encontró que los poliuretanos podían ser procesados como termoplásticos.

Los termoplásticos de poliuretanos (TPU's), pueden ser

clasificados dentro del grupo de los poliésteres y de los poliéteres. Los poliésteres basados en TPU's generalmente tienen mejores propiedades físicas, estabilidad termooxidativa, y mejor resistencia a los aceites. Por otra parte, los poliéteres basados en TPU's presentan mejores propiedades a bajas tmperaturas, estabilidad hidrolítica, y resistencia al ataque de los microorganismos.

Una gran variedad de TPU's con rango de dureza que puede variar desde 70 shore A a 80 shore D, se pueden encontrar disponibles en el mercado en forma de pellets, o en forma granular. Los TPU's pueden ser procesados por los metodos tradicionales utilizados para los termoplásticos, como son extrusión, inyección, soplado, etc.. Este tipo de materiales, ha tenido grandes aplicaciones sobre todo en la Industria Automowiz, en la fabricación de piezas tales como mangueras, conductos de aire, ruedas, taponés, toberas, etc.

## **5.2 PROPIEDADES.**

### **5.2.1 DUREZA.**

La dureza es un buen parámetro para determinar la resistencia de un material a la deformación o desgarre. Las pruebas realizadas con durómetro A o tipo D, (ASTM D 2240) son las más comunmente utilizadas con los TPU's. Los TPU's suaves son medidos en la escala shore A, y los más duros con la escala shore D.

### 5.2.2 RIGIDEZ.

Aunque la dureza de un TPU está en relación a su flexibilidad, ésto no es un indicativo de su rigidez. La rigidez de un TPU es generalmente dada por el módulo de flexión, el cual es una medida de la rigidez durante el doblado inicial de un espécimen a prueba. El módulo de flexión de los TPU's es obtenido según el método ASTM D 790.

### 5.2.3 RELACION ESFUERZO-DEFORMACION.

Se ha demostrado que el segmento correspondiente a la parte dura de los TPU's afecta a la tensión y a la elongación hasta el rompimiento como en el módulo de Young (módulo de tensión).

La curva esfuerzo-deformación de un TPU, es generalmente obtenida por medio del método ASTM D 412. La temperatura, es un factor que afecta a la curva esfuerzo-deformación de los TPU's (ver FIG. 30).

### 5.2.4 VALOR DE COMPRESION.

El valor de compresión propio de un polímero, es aquel valor que se refiere a la capacidad que tiene éste para recobrar su forma original después de haberle aplicado una carga varias veces y a diferentes temperaturas. Las propiedades de compresión de un TPU son normalmente determinadas bajo la norma ASTM D 395B, la cual describe la

prueba del espécimen bajo una deflexión constante (normalmente del 25%).

M  
O  
D  
E  
E  
L  
A  
S  
T  
I  
C  
I  
D  
A  
D  
P  
S  
I

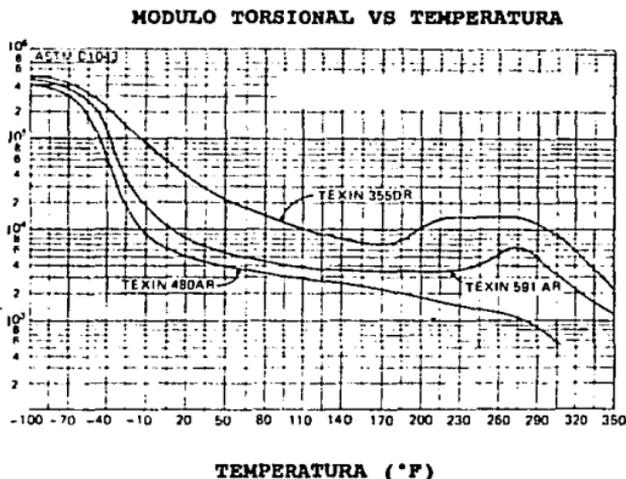


FIG. 30 Módulo torsional de un TPU contra la temperatura.

#### 5.2.5 RESISTENCIA AL DESGARRE.

La resistencia al desgarre de un TPU's está determinado por su segmento duro. Un TPU con un segmento duro alto, tendrá normalmente una resistencia al desgarre alta. La norma bajo la cual se determina la resistencia al desgarre es la ASTM D 1938.

#### 5.2.6 RESISTENCIA A LA ABRASION.

Es sabido que los TPU's presentan buena resistencia a la

abrasión; El desgaste abrasivo de un TPU lubricado, es generalmente más bajo que el de un TPU no lubricado, pero en general, se puede afirmar que la resistencia a la abrasión de los TPU's en comparación con materiales termofijos, es excelente.

#### **5.2.7 RESISTENCIA QUIMICA.**

La prueba de inmersión (ASTM D 543) es el método estándar comúnmente utilizado para la evaluación de la resistencia química de los TPU's. Los resultados obtenidos en esta prueba dependen de la temperatura, medio, duración de la exposición, aditivos usados en el medio, etc..

Los TPU's son generalmente resistentes a los aceites de origen mineral, grasas y gasolinas. La mayoría de los solventes, no pueden disolver a los TPU's, pero pueden llegar a causar hinchazón y degradación.

Los TPU's no son recomendados para su uso en contacto con ácidos concentrados o soluciones caústicas. Sin embargo, los efectos de soluciones ácidas y bases débiles (PH de 5.5 a 8.0) sobre los TPU's pueden ser considerados similares a los del agua.

#### **5.2.8 ESTABILIDAD ULTRAVIOLETA.**

La mayoría de los TPU's, muestran una pérdida de sus

propiedades mecánicas y decoloración al ser expuestos a los rayos solares.

La estabilidad ultravioleta de los TPU's puede ser mejorada por la adición de estabilizadores de luz ultravioleta. Los TPU's pigmentados con carbón presentan una mejor estabilidad ultravioleta.

#### 5.2.9 PROPIEDADES ELECTRICAS.

Aunque las características hidrofílicas de los TPU's impiden su uso en áreas donde es requerida un valor alto de aislamiento, el uso de los TPU's como cubierta protectora para varios tipos de cables, ha ido incrementándose debido a su flexibilidad y a su resistencia a la abrasión.

#### 5.3 PROCESAMIENTO.

Al igual que los demás elastómeros termoplásticos, una de las principales características de los TPU's, es su capacidad para ser procesados con los métodos tradicionales utilizados en el procesamiento de los termoplásticos. Estos métodos incluyen principalmente el moldeo por inyección, extrusión y laminado.

#### 5.4 TPU MERCADO Y APLICACIONES.

Los TPU's están considerados como uno de los elastómeros termoplásticos más sobresalientes. El gran número de

A R E A	A P L I C A C I O N
AUTOMOTRIZ	SELLOS Y JUNTAS, COMPONENTES DEL SISTEMA DE TRANSMISION, ABSORBEDORES DE IMPACTO, EXTENSION DE DEFENSAS, TABLEROS, HULES PARA PTAS., ETC.
TUBERIA Y MANGUERA	MANGUERA HIDRAULICA, MANGUERAS CONTRA INCENDIO, CONDUCTOS PARA COMBUSTIBLE, TUBERIA MEDICA, MANGUERAS PARA EL MANEJO DE GASES.
ALAMBRE Y CABLE	CABLE SISMOGRAFO, CABLE DE PISTOLAS DE AIRE, CABLE DE AUDIO, CABLES PARA CAMARAS, CABLE P/EQ. DE COMPUTO, ETC
RUEDAS	RUEDAS PARA CARRITOS DE SUPERMERCADO, RUEDAS PARA CAMILLAS, ETC.
LAMINAS	CUBIERTAS PROTECTORAS PARA USO INDUSTRIAL, SELLOS DIAFRAGMAS Y JUNTAS, ETC.
APLIC. GENERALES	SELLOS Y JUNTAS PARA EMPAQUES, COMPONENTES DE EQUIPOS ACUATICOS, COMPONENTES DE CALZADO, ETC.

**TABLA 14** Principales aplicaciones de los TPU.

aplicaciones que presentan es debido principalmente a su resistencia a la tensión, a la abrasión, ozono, oxígeno, combustibles, aceites, y solventes. Además, su comportamiento a bajas temperaturas y resistencia al ataque de microorganismos, los hace apropiados en aplicaciones donde estas características son importantes (ver tabla 14).

## **6 ELASTOMEROS TERMOPLASTICOS DE POLIAMIDAS.**

### **6.1 INTRODUCCION.**

Los elastómeros termoplásticos de poliamidas, que existen comercialmente están formados de segmentos duros y suaves, los cuales se encuentran unidos por eslabones de amida.

Los TPE de naturaleza poliamídica, se ofrecen en el mercado desde el año de 1982, en durezas que oscilan entre 60A y 75D. Estos materiales, además tienen una baja densidad, alta elongación y una buena resistencia tanto a los solventes como a la abrasión. También poseen una alta resistencia al ataque por hidrólisis, así como de aceites y grasas. Estos productos han sido enfocados primordialmente hacia el mercado automotriz, de artículos deportivos, de uso médico, así como equipo eléctrico y electrónico.

Existen tres tipos de estructuras básicamente dentro de los elastómeros termoplásticos de poliamidas: PEEA, PETA, y la

PESA, las cuales estan formadas por polieterestamida, polieteramida y poliesteramida respectivamente.

## 6.2 PROPIEDADES.

Las poliamidas, presentan propiedades que dependen de la composición química de sus segmentos duro (poliamida) y suave (poliéster, poliéter).

La composición y peso molecular del segmento duro de la poliamida, son factores que determinan: el punto de fusión del polímero, de aquí las temperaturas de proceso del mismo, además la respuesta del elastómero en aplicaciones a altas temperaturas.

La naturaleza del segmento suave influye en su flexibilidad a baja temperatura y resistencia química a los solventes. Los segmentos suaves de poliéter son generalmente preferidos por sus propiedades a bajas temperaturas, estabilidad hidrolítica, mientras que los segmentos suaves de poliéster presentan mejor resistencia a los solventes.

### 6.2.1 PROPIEDADES FISICAS.

#### 6.2.1.1 DUREZA.

Las poliamidas cubren un amplio rango de durezas Shore, entre 60A y 75D. Las variaciones en dureza Shore, como una función de la temperatura, tienden a ser relativamente

pequeñas entre -40°C y -80°C. Debe de hacerse notar que la medida de la dureza Shore no es muy precisa, por lo que únicamente es un indicador de la flexibilidad del material.

#### 6.2.1.2 RESISTENCIA A LA ABRASION.

Los elastómeros de poliamida, presentan buena resistencia a la abrasión, comparable a la de los elastómeros de poliuretano (TPU) y a la de los elastómeros de copoliésteres de similar dureza y bajo las mismas condiciones (ver tabla 15).

RUEDA ABRASIVA	mg perdidos/1000 rev
CS-17	4
H-18	89
H-22	60

ASTM D 1044

TABLA 15 Resistencia a la abrasión de una poliamida.

#### 6.2.2 PROPIEDADES MECANICAS.

El comportamiento de las poliamidas bajo un esfuerzo, es una función de su segmento suave. El tipo de segmento suave, proporciona al producto flexibilidad y características elastoméricas.

### 6.2.2.1 PROPIEDADES TENSILES.

Las curvas típicas de esfuerzo-deformación de las poliamidas, se pueden apreciar en la figura 31. El bajo módulo de alargamiento de los elastómeros de poliamidas, es tan alto como el de muchos otros TPE's de dureza equivalente.

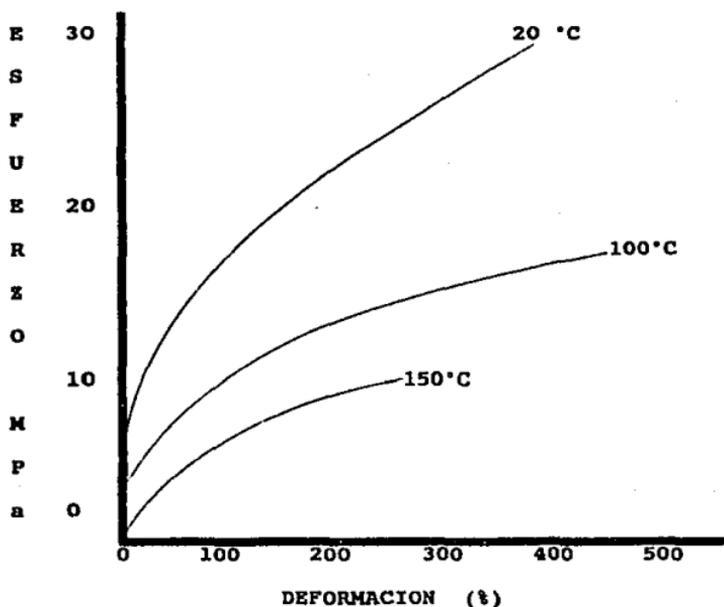


FIG. 31 Curvas de esfuerzo-deformación para el Estamid 90 A.

### 6.2.2.2 PROPIEDADES TENSILES A ALTAS TEMPERATURAS.

El elastómero de poliesteramida Estamid (MR), es

resistente a altas temperaturas, ya que puede soportar hasta temperaturas de 170°C durante períodos continuos, y en exposiciones cortas hasta 200°C manteniendo sus propiedades mecánicas.

#### 6.2.2.3 RESISTENCIA AL RASGADO.

Tanto el PESA como el PEEA presentan una buena resistencia al desgarre:

ESTAMID 90 A : 119KN/m A 23°C

PEBAX 4033 : 95 KN/M A 23°C

#### 6.2.3 CONDUCTIVIDAD TERMICA.

En la Tabla 16 se puede apreciar la conductividad térmica de varios grados de PEEA. Estos valores fueron obtenidos por medio de probetas en forma de discos de 5 cm de diámetro y 0.25 cm de espesor. Las conductividades térmicas de estos grados son cerca de 190 veces menores que los del acero.

#### 6.2.4 RESISTENCIA A LA HUMEDAD.

La composición química de el segmento suave de los elastómeros termoplásticos de poliamida, resulta importante para determinar la resistencia a la humedad del material. La mayoría de los TPE's base éster, son susceptibles a la hidrólisis, la cual reduce las propiedades del material por la

disminución del peso molecular del polímero.

Los elastómeros que son base éter, como es el PETA, son mucho menos sensibles a la presencia del agua en comparación con los elastómeros PESA. Los polímeros PETA y PEEA presentan excelente retención de sus propiedades tensiles originales en pruebas de humedad.

GRADO	A 30°C Watt/m . °C	A 80°C Watt/m . °C
5533	0.29	0.23
4033	0.24	0.20
3533	0.24	0.20
2533	0.26	0.21
6312	0.34	0.26
3512	0.30	0.23

TABLA 16 Conductividad térmica del PEBAX PEEA's.

#### 6.2.5 RESISTENCIA QUIMICA Y A LOS SOLVENTES.

En general, se puede decir que los elastómeros termoplásticos de poliamida, no presentan una buena resistencia al ataque químico de algunos solventes. Sin embargo, el PESA tiene una excelente resistencia a los

aceites, combustibles y grasas (Tabla 17).

#### 6.2.6 PROPIEDADES ELECTRICAS.

Las poliamidas son materiales adecuados para ser utilizados en aplicaciones a bajo voltaje como son cubiertas protectoras de equipos eléctricos, donde la resistencia

QUIMICOS	CAMBIO DE VOLUMEN (%)	CAMBIO DE PESO (%)
ACEITE ASTM 1	0.1	0.1
ACEITE ASTM 2	0.2	0.3
ACEITE ASTM 3	0.6	0.6
COMB. ASTM B	14	10
COMB. ASTM C	22	16
LIQ. DE TRANSM.	0	0
LIQ. DE FRENOS	29	26
GRASA	1.2	1.0

TABLA 17 Resistencia química del Estamid 90 A.

mecánica y aceites solventes y resistencia química son necesarios.

#### 6.3 PROCESAMIENTO.

Al igual que los demás elastómeros termoplásticos, las

poliamidas no son la excepción en cuanto a la forma de ser procesadas por los métodos comunes utilizados en los termoplásticos y siendo los principales el moldeo por inyección y la extrusión.

#### 6.4 APLICACIONES.

Las poliamidas, son una nueva clase de elastómeros termoplásticos, cuyas aplicaciones están empezando a surgir en el mercado (Tabla 18).

APLICACIONES	CARAC. GENERALES	CARAC. ESPECIALES
MANGUERA Y TUBERIA	FLEXIBILIDAD	RESIST. QUIMICA RESIST. A TEMP. RESIST. A IMPACT.
CUBIERTAS P/CABLE Y ALAMBRE	RESIST. A LA ABRASION	RESIST. A ALTAS TEMPERATURAS.
SELLOS Y JUNTAS	RESIST. QUIMICA	RESIST. A ALTAS TEMPERATURAS.
FUELLES Y BOTAS	PROP. MECANICAS FLEX. A BAJAS TEMP.	RESIST. AL DESGARRE RESIST. A TEMP.

TABLA 18 Principales aplicaciones de los TPE's de poliamidas.

#### **6.4.1 POLIESTER POLIAMIDA-ESTAMID 90A.**

Debido a sus altas temperaturas de servicio, y a sus buenas características de resistencia a los solventes, el PESA y el PEEA son utilizados en aplicaciones automotrices principalmente.

#### **6.4.2 POLIETER POLIAMIDA PEBAX.**

Los PETA responden a las necesidades de uso en la mayoría de los sectores industriales. Las propiedades claves de los PETA por lo que son utilizados en la industria, incluyen su flexibilidad, su buena resistencia al impacto a bajas temperaturas, su buena resistencia a la abrasión y su fácil procesamiento principalmente.

## **CAPITULO II: METODOS DE PROCESAMIENTO UTILIZADOS EN LOS ELASTOMEROS TERMOPLASTICOS.**

Los elastómeros termoplásticos al igual que otras materias primas, sólo son útiles cuando se han transformado en artículos comerciales.

Existen varios métodos para el procesamiento de los elastómeros termoplásticos, entre los cuales tenemos principalmente:

- 1.- Moldeo por inyección.
- 2.- Moldeo por soplado.
- 3.- Extrusión.
- 4,- Hilado.
- 5.- Laminado o calandrado.

### **1 MOLDEO POR INYECCION.**

El moldeo por inyección implica, esencialmente el calentamiento del material de moldeo en un cilindro hasta que adquiera el estado termoplástico, para obligarle a pasar por un orificio, mediante un émbolo, para entrar en la cavidad de un molde frío o relativamente frío. Las cavidades están unidas con la tobera del cilindro de calentamiento mediante canales a través de los cuales fluye el material.

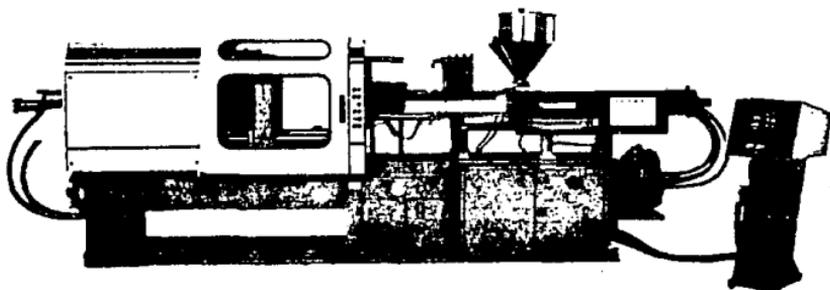
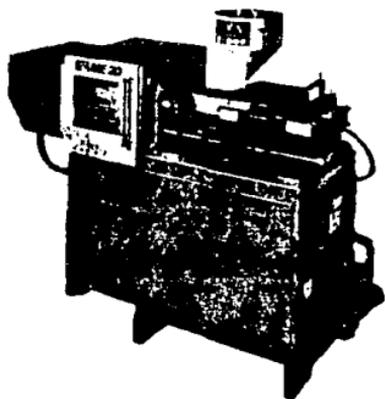
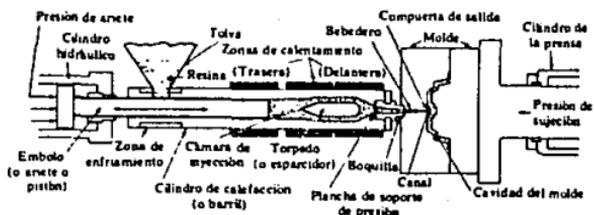


FIG. 32 Representación del método general de moldeo por inyección.

Este método se adapta comercialmente a la fabricación de artículos moldeados de materiales termoplásticos y en principio, es la forma más sencilla de moldear. También es uno de los métodos más rápido de moldeo. Esta velocidad, junto con la recuperación de material de desecho, hacen del moldeo por inyección de los materiales termoplásticos, una operación muy económica. El compuesto termoplástico se calienta en un cilindro plastificante, y tan pronto como se alcanza el estado viscoso se le obliga a entrar en un molde frío, siendo un procedimiento diferente al moldeo por compresión, en el cual el material sólido se coloca en moldes calientes y se hace viscoso en ellos.

A pesar de que existen en el mercado una gran variedad de máquinas inyectoras, el principio básico de funcionamiento es el mismo para todas: el émbolo hace entrar al material frío en forma de grano en la cámara plastificadora calentada previamente, en donde el compuesto se hace viscoso. Un nuevo movimiento del émbolo obliga a este fluido a pasar por la tobera y entrar en el molde frío. Mientras el émbolo va regresando a su posición anterior, con el fin de recoger más material, el molde se abre y se expulsa la pieza ya conformada.

Las máquinas se diferencian por sus detalles de funcionamiento. Por ejemplo, el émbolo puede estar accionando

mecánicamente, mediante tornillo, o se puede hacer funcionar hidráulicamente. El émbolo se puede abrir o cerrar ya sea con un émbolo hidráulico, o mediante palancas acodilladas, u otro mecanismo. En todo caso, la fuerza que mantiene cerrado al molde ha de ser mayor que la aplicada para obligar al material a entrar en el molde; de otro modo el molde se abriría ligeramente y dejaría marcas grandes de la junta de los moldes.

Las máquinas de inyección, se pueden hacer funcionar automáticamente, aun cuando en la mayor parte de los casos ha resultado más económico que haya un operario al servicio de cada máquina, especialmente si se usan moldes de cavidades múltiples. El operario puede emplear parte de su tiempo en quitar bebederos y canales y en preparar este material para que vuelva a ser utilizado inmediatamente.

Los ciclos de moldeo son extremadamente cortos, de unos 20 segundos aproximadamente, lo cual depende del material termoplástico y de la pieza.

Las máquinas de inyección se clasifican en base a la cantidad de gramos que son capaces de inyectar en una embolada. Esta cantidad varía entre 50 y 1700 gr.

Entre las principales ventajas que se tienen al utilizar

el moldeo por inyección se encuentra la producción rápida de las piezas; otra ventaja del moldeo por inyección es la de poder volver a emplear el material de desecho. Este material si se conserva limpio, se puede granular y verter nuevamente en la tolva, lo cual proporciona un 100% de utilidad del material empleado.

Una máquina para moldeo por inyección, consta esencialmente en una tolva, un cilindro de inyección y un molde. Desde la tolva, el material entra, en forma granular, en el cilindro de inyección. Se calienta hasta adquirir un estado plástico y después se obliga, con gran presión, a pasar por una tobera estrecha (o boquilla), por un bebedero y las tubuladoras, para que penetre en las cavidades (Ver Fig. 32).

Un control mueve un émbolo en el cilindro de inyección; un segundo control cierra y abre el molde. La expulsión de la pieza moldeada se efectúa, de ordinario, de un modo automático. El único empalme exterior, fuera de las conexiones eléctricas, consiste en la alimentación con agua de refrigeración de los canales del molde. En algunas máquinas, el agua se utiliza en circulación cerrada.

El cilindro de inyección se calienta normalmente con una serie de bobinas eléctricas reguladas termostáticamente, o con la circulación de aceite caliente o de otro líquido

transportador térmico.

En el moldeo por inyección, se ha de obligar al material a penetrar en el molde con una velocidad tal que éste quede completamente lleno antes de que el material comience a endurecerse al contacto con el molde que está más frío. Se necesitan velocidad y una presión alta para lograr un acabado lustroso del artículo moldeado. La temperatura del material en el cilindro ha de ser considerablemente más elevada que la del material en el molde de compresión, ya que el material se enfría con rapidez al pasar por los canales y entrar en el molde. La temperatura del cilindro de inyección, o del medio de calefacción, variará normalmente entre 165°C y 250°C, lo cual depende del tipo de fluidez del material y del tamaño del molde, aun cuando el límite de temperatura del material en el cilindro es de unos 195°C.

Las prensas hidráulicas utilizadas en la inyección dan de 1000 a 2000 Kg/cms cuadrados sobre el material. La presión necesaria depende, en gran parte de la fórmula, fluidez y tamaño de la cavidad, así como del área de la sección recta del orificio del cilindro, bebedero y canales. Las máquinas de inyección normalmente están provistas de controles para variar la presión.

## 2 MOLDEO POR SOPLADO.

En la actualidad, el moldeo por soplado se puede clasificar entre dos métodos generales, éste es, la presión y el vacío. Las etapas de mayor importancia en ambos procedimientos son:

- a.- Reblandecimiento del material hasta alcanzar la viscosidad apropiada.
- b.- Preparación de una pieza en bruto con plancha, granos o una masa en fusión.
- c.- Transformación de la forma intermedia en la definitiva.

Los materiales, que están en forma de planchas, granos o de masa fundida, se han de hallar en el estado adecuado de viscosidad para ser transformados en la forma deseada, sin que se rasguen, rajen, se formen áreas delgadas o se creen ondulaciones que deformen la transmisión de la luz.

El modelado en el vacío es sencillo, rápido y se puede adaptar a casi todas las operaciones completamente automáticas. Los artículos tridimensionales correctamente proyectados se pueden hacer con planchas de material, sujetando el material flexible caliente sobre la parte superior de una cámara y haciéndolo descender hasta que adquiera la profundidad deseada. El método se adapta

especialmente bien al modelado de planchas calientes de material en las cuales la ausencia de rayados, suciedad incrustada, ondas y defectos superficiales sean esenciales. El equipo consiste en un recipiente reforzado para resistir un vacío moderado y un anillo de cierre situado en la parte superior. Normalmente se instala una mirilla de observación. La forma del recipiente determina el contorno del artículo moldeado (Ver Fig. 33).

Al moldear con auxilio del vacío y también al soplar con presión es necesario tener en cuenta el adelgazamiento del material debido al estirado. Al estirar hacia abajo con una forma semiesférica, la parte más profunda del material estirado tendrá aproximadamente un espesor que será una tercera parte del espesor del material original. En un estirado horizontal, el adelgazamiento es algo menor. debido al efecto de la gravedad.

Existe un procedimiento de moldeo por soplado, el cual es una modificación del moldeo por inyección que se ha adaptado al soplado de los materiales termoplásticos. Este procedimiento consiste en formar una masa preparada por el método de moldeo por inyección, la cual se pasa a un molde de soplado donde se sopla para darle la forma definitiva (Ver Fig. 34). La máquina de inyección es una máquina de cruceta normal modificada con un dispositivo destinado a medir la

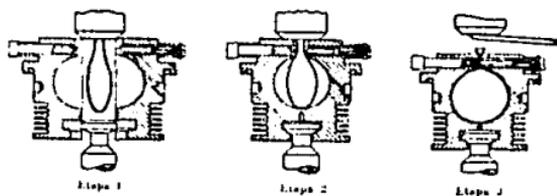


FIG. 33 Procedimiento del moldeo por soplado.

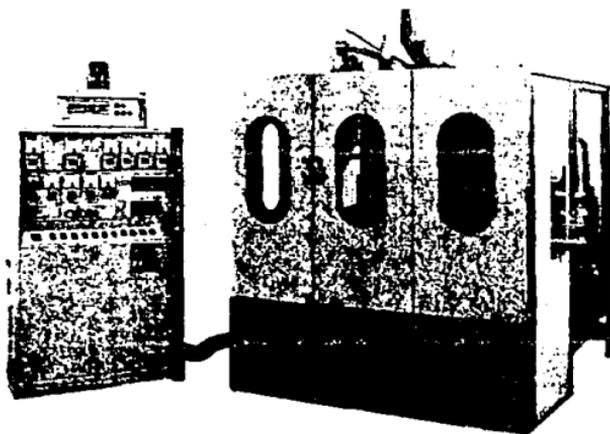


FIG. 34 Moldeo por soplado en una máquina de moldeo por inyección dosificada.

carga de cada disparo y con un tubo de aire que pasa por el centro. También se requiere de un mecanismo divisor para hacer girar el molde pasándolo por las diversas etapas y dispositivos destinados a cerrar y abrir con rapidez los moldes y a abrir y cerrar automáticamente las válvulas de soplado con aire.

La operación del soplado se lleva a cabo de la siguiente forma: se obliga al material plástico granulado frío a pasar en cantidades medidas, a través de una cámara calentada y a entrar en la cruceta o cabezal y a pasar también por una tobera de tamaño adecuado, de modo que se obtendrá por extrusión un tubo de paredes gruesas. Unos mecanismos situados en el cabezal cierran el extremo del tubo, de un modo similar a lo que se hace con el tubo de ensayos para laboratorio, excepto que la pared es mucho más gruesa. Al terminar la extrusión, el molde de soplado partido gira y se cierra alrededor de la pieza obtenida en bruto. Luego se aplica aire a presión por un tubo fino centrado, para soplar el material caliente de modo que se aplique en contacto íntimo contra el molde. Inmediatamente después, se eleva la tobera lo suficiente para permitir que una cuchilla pase sobre el orificio y seccione el material soplado separándolo de la tobera de extrusión.

El molde lleno avanza una parada e inmediatamente se

coloca en posición ante la tobera o boquilla, quedando a punto para recibir la forma hueca o burbuja que lo ha de moldear.

El soplador sigue al molde alrededor de la mesa y de este modo mantiene la presión del aire dentro de la forma soplada hasta que el molde alcanza la vecindad de la tercera posición o de descarga. El mantenimiento de la presión interior asegura la pieza contra cualquier tendencia de la forma soplada a separarse de las paredes del molde y a desprenderse parcialmente. Algunos moldes están equipados con canales de refrigeración para enfriar con rapidez el material, introduciendo agua automáticamente. Sin embargo, la mayoría de los moldes se enfrían en el aire con rapidez suficiente para permitir quitar la presión con toda seguridad. Un momento antes de llegar a la posición de descarga, se eleva el cabezal soplador para permitir que un brazo provisto de un pequeño émbolo en su extremo descienda sobre la forma soplada en la tercera posición o de extracción. Este mecanismo sirve de soporte o sostén de la pieza de modo que permita abrir el molde. Cuando la forma soplada queda enteramente libre de las dos mitades del molde, se expulsa rápida y automáticamente con un chorro de aire. La pieza terminada, se descarga de ordinario en un plano inclinado que conduce a una banda transportadora que pasa por debajo de chorros de agua que quitan el resto del calor. La pieza soplada está ahora a la temperatura ambiente y ha adquirido una rigidez suficiente

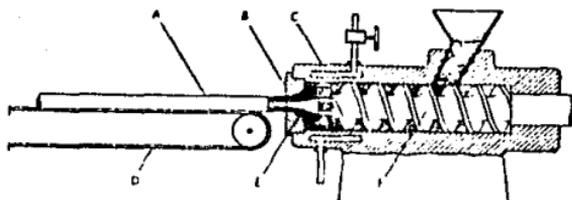
para evitar los peligros de deformación debidos al manejo o al embalaje.

### 3 MOLDEO POR EXTRUSION.

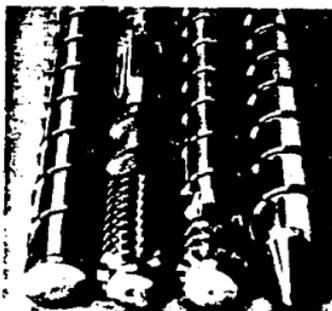
La extrusión es uno de los métodos más antiguos para dar forma a los materiales plásticos con perfiles relativamente sencillos. El procedimiento consiste en obligar al material a pasar por una tobera que produce una tira del material perfilada en igual forma que el orificio que ella tiene. Dos son los métodos de extrusión utilizados industrialmente: el moldeo por extrusión en húmedo y el moldeo por extrusión en caliente, o continuo en seco.

Para el caso de los elastómeros termoplásticos, únicamente se utiliza el moldeo por extrusión en caliente, por lo que nuestro estudio se enfocará a dicho procedimiento. Este método utiliza máquinas de extrusión relativamente pequeñas, las cuales consisten esencialmente de una tolva, un mecanismo de alimentación con tornillo, cámara de calefacción, boquilla y tobera.

El funcionamiento de una máquina extrusora se describe a continuación: los tornillos se hacen girar comúnmente entre 15 y 45 rpm, lo que depende del tipo de material que se vaya a extruir. Se puede instalar un cedazo detrás de la tobera, o en la tobera detrás del orificio, para ayudar a homogenizar



- A) Torno, entrada conducida por la correa transportadora
- B) Tolva
- C) Zona del calentamiento
- D) Correa transportadora en B.
- E) Muelle colocado convenientemente con la tolva para obtener la tona interior
- F) Transportador del tipo de tornillo
- G) Transportador del tipo de tornillo



Husillos de extrusionadora

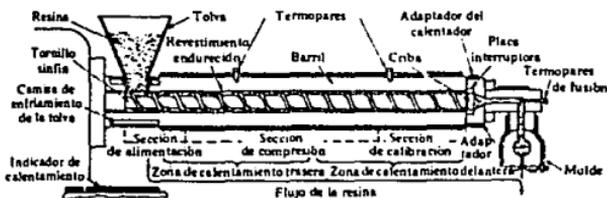


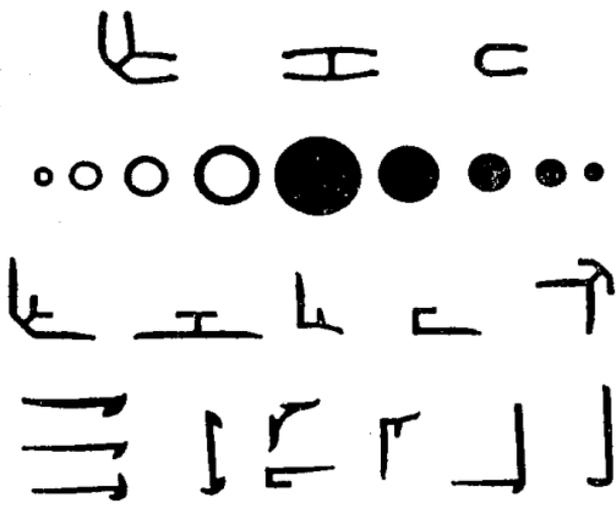
FIG. 35 Representación del método general de moldeo por extrusión.

el material. Un cedazo de esta clase puede ayudar también a reducir la turbulencia causada por el tornillo de alimentación. Se ha comprobado que da buenos resultados emplear tela metálica de bronce de las mallas 60 a 20, aun cuando la malla 100 da también resultados satisfactorios.

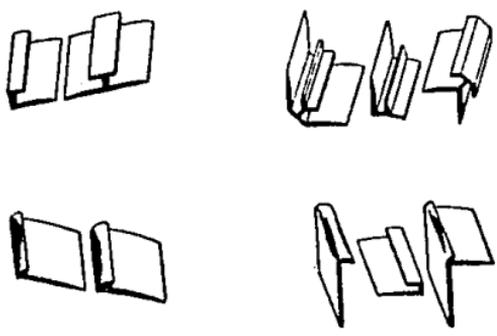
Los cedazos finos reducen el rendimiento y requieren ser sostenidos por una placa de apoyo con agujeros de 3 a 5 mm de diámetro.

Una tobera correcta para una sección rectangular es cóncava hacia el centro a fin de compensar el efecto de rozamiento en los bordes. De modo similar que en los tubos, la abertura de la tobera no es necesariamente circular. Algunos industriales usan aire a presión en el interior del tubo para evitar que se aplaste durante el período en que se conserva blando, a partir del momento en que sale de la tobera. Para este objeto se suministra una presión de 1 a 1.5 atm por un agujero situado en el núcleo o mandril. Las variaciones de la presión de este chorro pueden producir bolsas en el tubo; para evitarlas, se disponen de recipientes compensadores en la tubería, muy cerca de la tobera.

Normalmente, el material que es extruído, se hace pasar por unas tinas de enfriamiento, las cuales regularmente contienen agua, y sirven como su nombre lo indica para enfriar



(a)



(b)

FIG. 36 (a) Secciones de perfiles obtenidos por extrusión.  
 (b) Tipos de perfiles obtenidos por extrusión.

el material, el cual una vez enfriado, pasa por unos secadores o ventiladores, los cuales le aplican aire frío con la finalidad de quitar el exceso de agua. Finalmente, se hace pasar el material por una guillotina o por alguna enrolladora.

El procedimiento de extrusión en caliente no se ha perfeccionado aun hasta el punto en que sea posible fijar reglas definidas para el proyecto y el funcionamiento de las máquinas. Sin embargo, ha quedado bien establecido que los distintos materiales se diferencian mucho por el grado de prensado y trabajo que han de sufrir en la maquinaria para proporcionar un perfil libre de defectos.

#### 4 HILADO.

El hilado en los materiales de tipo elastomérico, es en realidad una modificación del proceso de extrusión.

En la extrusora se coloca una boquilla, la cual presenta las perforaciones adecuadas para realizar el hilado. Por medio de presión, se obliga al material a pasar a través de las perforaciones, el cual sale en forma de hilos, los cuales varían de diámetro dependiendo del diámetro de las perforaciones de la boquilla (o dado). El dado llamado hilador puede girar y producir de esta forma una fibra o cordón.



pulidos, los cuales se encuentran a cierta temperatura que es regulada por medio de resistencias, con la finalidad de obtener de esta manera una capa delgada de material.

Una vez que se ha obtenido la lámina de material, se hace pasar ésta a través de una sección de enfriamiento; el enfriamiento se realiza por medio de aire, para que finalmente, el material pase por unas cuchillas para ser cortado a la medida deseada (Ver Fig. 37).

### CAPITULO III : APLICACIONES AUTOMOTRICES DE LOS ELASTOMEROS TERMOPLASTICOS.

#### 1 INTRODUCCION.

Se considera que un automóvil actualmente, contiene de 650 a 700 piezas fabricadas con elastómeros termoplásticos. Este tipo de materiales, tienen principalmente entre otras funciones, la de eliminar las vibraciones, el sellado de diversas partes del motor, el sellado de la cabina de pasajeros contra polvo y ruido, para el transporte de fluidos, y en general, son utilizados en aplicaciones en donde se requiera resistencia y flexibilidad.

Hace más de 20 años, que surgió al mercado el primer TPE, y desde entonces, la química de los polímeros ha seguido esforzándose en el desarrollo de nuevos productos de este tipo con la finalidad de reemplazar a los materiales termofijos utilizados anteriormente sobre todo en aplicaciones de tipo automotriz. Al mismo tiempo, los ingenieros automotrices, han presionado a los fabricantes de TPE's, para que se desarrollen materiales que sean fácilmente procesables, produciendo por consiguiente productos más consistentes y a un costo menor.

La mayoría de las aplicaciones que se citarán para ejemplificar éstas dentro de la Industria Automotriz, están basadas en vehículos actualmente fabricados por compañías como

son Ford, Chrysler y Volkswagen principalmente. Resultaría imposible el mencionar todas las aplicaciones que tienen los TPE dentro de la Industria Automotriz, ya que además de ser sumamente numerosas, cada día se incrementan.

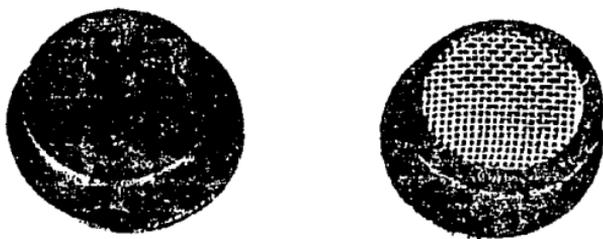
Por lo anterior, en nuestro estudio, se mencionarán las aplicaciones más sobresalientes que tienen los TPE en este ramo.

## **2 APLICACIONES AUTOMOTRICES.**

### **2.1 APLICACIONES EXTERIORES.**

Una de las primeras aplicaciones que tuvieron los TPE's en el área automotriz, fue en el exterior de los automóviles. A principios de los años 70's, la industria automotriz, hizo un gran esfuerzo para lograr la fabricación de una guía colocada en las defensas para la absorción de pequeños impactos. Muchas de las soluciones a esta tarea, implicaba el uso de elastómeros o de plásticos, como son el PVC. Por consiguiente, el EPDM resultó ser atractivo en ese tiempo para satisfacer esta necesidad, sobre todo por su resistencia al medio ambiente, pintabilidad y resistencia al desgarre.

Posteriormente, surgen los TPU's, los cuales empiezan a desplazar al hule EPDM. A pesar de que los TPU's son más sensibles que el EPDM a la humedad e hidrólisis, resultan iguales o superiores al EPDM en resistencia, resiliencia,



(a)



(b)

**FIG. 38** (a) Filtro del recipiente del agua del sistema de limpia parabrisas, a la izq. fabricado de TPV, a la der. de hule EPDM con un inserto de malla metálica. (b) Ejemplos representativos de las aplicaciones de TPE en la parte exterior de los automóviles.

dureza, durabilidad y colorabilidad. El ahorro que se obtuvo al sustituir el EPDM por TPU, fue debido básicamente al proceso simple de fabricación, disminución del peso de la pieza; obteniéndose piezas de menor peso, y de calidad superior.

Siguiendo el ascendente uso de los TPE's en aplicaciones exteriores, se hicieron grandes esfuerzos con la finalidad de seguir incrementando el uso de estos materiales, por lo que posteriormente surgieron en esta área los TPO's, TPV's y TPCOP's. Actualmente, los TPE's son utilizados en aplicaciones tales como cubiertas de defensas, alerones de defensas, molduras laterales, conductos de aire, y deflectores de aire. En algunas de estas aplicaciones, las partes son moldeadas en color, pero otras son pintadas posteriormente.

Los TPO's, presentan excelente flexibilidad a bajas temperaturas ( $-60^{\circ}\text{C}$ ). Esta propiedad los hace adecuados para aplicaciones donde se requiere la resistencia a los impactos a bajas temperaturas.

La mayoría de las aplicaciones de sellado en la parte exterior de los vehículos, son fabricadas de hule EPDM, pero los elastómeros termoplásticos recientemente han empezado a desplazarlo. Los TPE's, los podemos encontrar por ejemplo en el sellado de vidrios y ventanas, juntas de calaveras, sellos

de cristales traseros (hatchback) y sellos de puertas. En la mayoría de estas aplicaciones, el elastómero se encuentra muy cerca de la parte superior del automóvil (toldo), por lo que es de suma importancia, que el elastómero presente buena resistencia a los rayos UV.

En la mayoría de las aplicaciones de sellado, se requiere que los TPE tengan buena resistencia a la compresión a elevadas temperaturas. Nos referimos a una temperatura elevada, en base a que en un día soleado de verano, la temperatura de la parte superior de un automóvil es de alrededor de 115°C.

Los hules procesables en caliente (MPR), han comenzado a encontrar aplicaciones en la parte exterior de los automóviles. En el Taurus, una pieza decorativa que cubre la guía de el portaequipajes, fue previamente hecha con TPO. Un mejor material amortiguador y una modificación en la forma del material fue necesaria para la eliminación del ruido. El MPR ha demostrado ser un candidato apropiado, teniendo el amortiguamiento deseado y la resistencia al ozono y al medio ambiente.

Una área potencial para el uso de los TPE en el exterior, es la de sellos para cristales. Los requerimientos para este tipo de aplicación, incluye baja compresión, resistencia al



FIG. 39 Aplicaciones exteriores de los TPE.

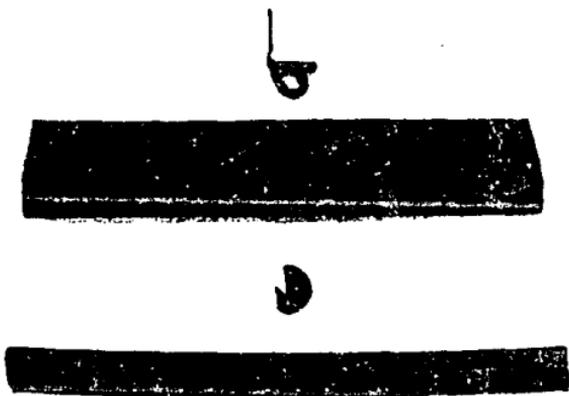


FIG. 40 Perfiles utilizados en las ventanas y puertas del thunderbird.

calor, resistencia al decoloramiento y baja fricción con el vidrio.

## 2.2 APLICACIONES INTERIORES.

El uso de los elastómeros termoplásticos en el interior de los vehículos, ha sido menos extenso que en el exterior. Las primeras aplicaciones han sido en componentes suaves como son perillas, manijas, etc. Las aplicaciones en el interior ha representado ciertos problemas para los materiales termoplásticos, debido principalmente al gran rango de temperatura que se pueden experimentar, ya que en el interior se pueden alcanzar temperaturas de hasta 120°C y de menos de -40°C. Los elastómeros termoplásticos (TPE), son un candidato natural para aplicaciones donde se requiere un amplio rango de temperatura de uso.

Algunas botas que forman parte de la transmisión manual de los automóviles, anteriormente fabricadas de PVC, son actualmente fabricadas de TPE. En clima frío, tiende a perder su flexibilidad. Los copolímeros en bloque (TPCOP), han venido a sustituir al PVC en esta aplicación, ya que mantienen su flexibilidad a bajas temperaturas. Por otro lado, el alto módulo de los TPE hace posible el uso de materiales con espesores más delgados, con lo que se obtienen piezas de menor peso.

El valor de compresión superior a altas temperaturas fue la justificación para reemplazar el PVC por TPV en el tubo que lleva el aire para el inflado del sistema de seguridad colocado en el volante.

Los TPU son usados en una gran variedad de componentes en el interior del carro. Esto incluye sobre todo cubierta para cables y alambres, mangueras, y componentes de la pared de fuego. Este tipo de materiales han resultado ser óptimos en el uso como protectores de la tubería que forma parte del sistema de aire acondicionado en la parte interior del vehículo.

### 2.3 APLICACIONES DEBAJO DEL COPRE.

El medio más severo para la aplicación de los elastómeros termoplásticos se ha considerado el motor y el transeje. Normalmente, se utilizan en este tipo de aplicaciones TPE de grados de dureza alto, ya que las temperaturas extremas, la presencia de fluidos agresivos, y las condiciones severas no serían soportadas por los TPE'ssuaves. Sin embargo, nuevos materiales son desarrollados para aplicarse en estas áreas en un futuro.

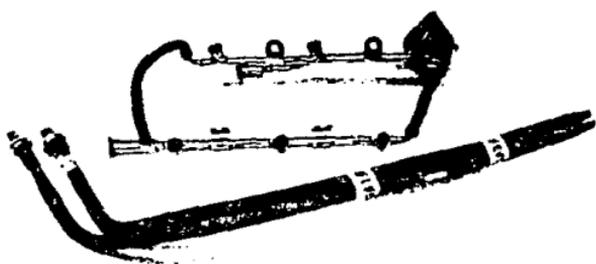
El segundo medio considerado como severo para los elastómeros termoplásticos (TPE) es el compartimiento del motor. La evolución que han tenido los vehículos como es la

disminución del tamaño, mayores potencias, estilos más aerodinámicos, motores super y turbocargados, equipos de inyección de combustible, dan como resultado un incremento considerable de la temperatura en el compartimento del motor. Temperaturas en exceso de 175°C pueden encontrarse cerca del múltiple de admisión.

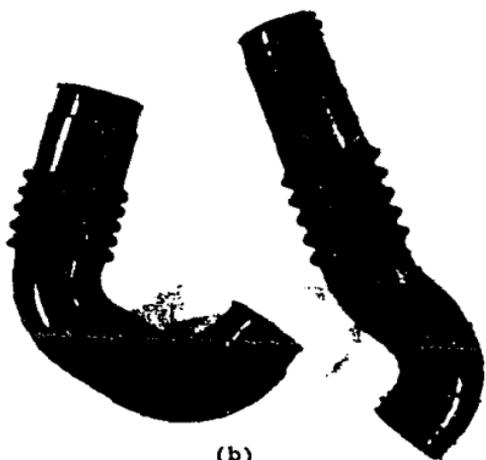
En adición a las temperaturas extremas, los elastómeros pueden ser expuestos a una gran variedad de fluidos y vapores, incluyendo el aceite del motor, líquido de transmisión, líquido de frenos, anticongelante y gasolina.

Varios de los tipos de TPE (TPO, TPV, SEBS) son utilizados como recubrimiento de alambres y cables del sistema primario. El uso de TPE's, origina un rápido proceso, ofreciendo un 40% de reducción de peso en relación con el PVC.

El uso de SEBS en las líneas de combustible del sistema "Fuel Injection" (inyección de combustible), es un interesante ejemplo de la competencia que existe entre la selección de materiales. En esta aplicación, el SEBS es utilizado como cubierta de las líneas de conducción de combustible, ha reemplazado a otros elastómeros termoplásticos, el TPV, el cual reemplazó al Hypalon (MR), un elastómero termofijo. Los elastómeros son usados para proteger las mangueras de nylon que conducen combustible, de la abrasión y el calor. Por otro



(a)



(b)

**FIG. 41** (a) Líneas de conducción de combustible en sistemas de inyección, en donde el TPE es utilizado como cubierta protectora.  
(b) Conductos de aire limpio fabricados de TPO, TPV y TPCOP.

lado, los conductos de admisión de aire frío, son actualmente fabricados de materiales tales como TPV, TPO y TPCOP.

Junto con la necesaria resistencia al calor, los TPE's están provistos para tener resistencia al ozono y a la oxidación, además de contar con una excelente resistencia a los vapores del combustible experimentado en el compartimiento del motor.

Otra muy importante aplicación que tienen los elastómeros termoplásticos en esta área, es la fabricación de botas (o cubrepolvos), este tipo de piezas, son utilizadas para proteger ciertos mecanismos del agua, polvo, o suciedad, y en algunas ocasiones conteniendo grasa dentro de ellas utilizada como lubricante. Ejemplos de este tipo de aplicaciones son los cubrepolvos o botas utilizados en las juntas de velocidad constante (o juntas homocinéticas). Las botas que cubren el mecanismo de engrane piñón del sistema de dirección, es otro ejemplo en el uso de técnicas de moldeo de los elastómeros termoplásticos para reducir el costo por pieza automotriz.

Este tipo de piezas, fueron fabricadas en un principio de neopreno y conformadas por inyección con un molde y finalmente sopladas con ayuda de aire a presión. Incrementándose las temperaturas en el compartimiento del motor, y los efectos adversos sobre la durabilidad de las botas fabricadas de



**FIG.42** Cubrepolvo protector del conjunto engrane piñón de la dirección.



**FIG. 43** Ajustador de cofre fabricado de TPO.

neopreno, fue necesaria la búsqueda de nuevos materiales que satisficieran las necesidades.

Los materiales encontrados, ofrecen estabilidad a altas temperaturas, y una mayor durabilidad bajo esas condiciones de operación. Los elastómeros termoplásticos más utilizados en este tipo de aplicaciones son los TPV y TPCOP. Además, el proceso lento de conformado de las botas de neopreno fue sustituido por un único proceso de soplado que reduce el ciclo de tiempo que era de 2 a 3 min, en tan solo 45 segundos aproximadamente.

Sin embargo, sin sus propiedades físicas superiores, particularmente la resistencia al calor, la flexibilidad a baja temperatura y resistencia a la fatiga, los TPE's nunca hubieran reemplazado a los elastómeros termofijos en este tipo de aplicaciones. Como se mencionaba anteriormente, han sido los TPCOP y los TPV's los que han tenido mayor impacto en esta área, reemplazando al neopreno; el cual ha sido insuficientemente resistente al calor y a la fatiga por flexión en la presencia de aceite y grasa.

#### **2.4 APLICACIONES EN EL CHASIS.**

El uso de los elastómeros termoplásticos en el chasis es limitado debido a las cargas severas en forma cíclica a las que están sometidos los componentes.

La mayoría de los componentes del chasis, están fabricados de hule natural debido a su resistencia a la fatiga, o de elastómero butil, debido a su capacidad para amortiguar.

## **2.5 TENDENCIA DEL MERCADO DE LOS TPE EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ.**

Las aplicaciones que tienen los TPE dentro de la Industria automotriz, segun estudios realizados, continuará incrementandose rápidamente durante los próximos cinco años. Este incremento, se pronostica será de aproximadamente de un 300%.

Por otra parte, los días de tener de 20 a 30 mangueras negras debajo se preveé terminarán para el año de 1995. Actualmente, existen TPE utilizados en la línea de combustible los cuales son de color azul y principalmente utilizados en los vehículos fabricados por Ford Motor Company. Otras compañías automotrices, han empezado a usar este tipo de TPE como material de cubierta para mangueras de aire acondicionado y calefacción.

Es muy probable, que dentro de unos 5 ó 7 años, la Industria Automotriz estandarice un código de colores, para ser utilizado en las mangueras automotrices. Con lo anterior, se facilitaría el mantenimiento del vehículo, así como se

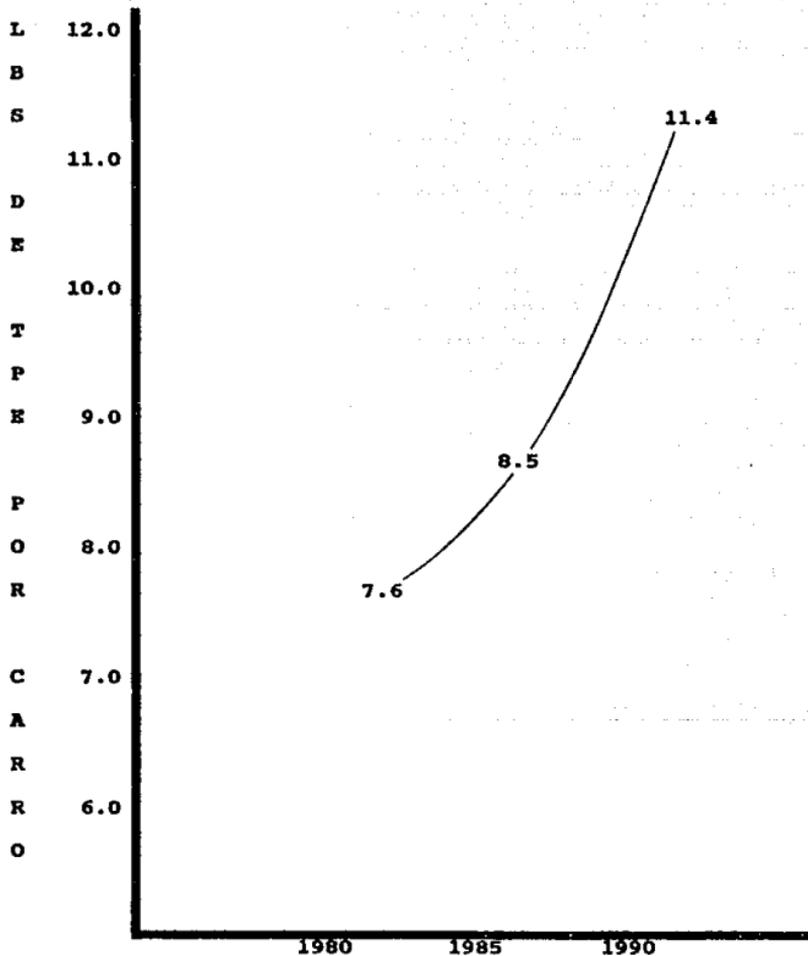


FIG. 44 TPE's utilizados en la construcción de automóviles.

incrementaría la seguridad.

Estudios recientes, han demostrado que el consumo de TPE en el año de 1985 era de 8.5 lbs por automóvil fabricado en los Estados Unidos. Para el año de 1992, se estima que el consumo de TPE por unidad fabricada en México será de 11.4 lbs. Si comparamos este valor con el que se tenía en el año de 1980 que correspondía a 7.5 lbs de TPE por unidad, notaremos que el uso de este tipo de materiales ha tenido un continuo crecimiento (Ver Fig. 44).

## 2.6 TABLA DE APLICACIONES AUTOMOTRICES.

Debido a la gran aplicación que tienen los Elastómeros Termoplásticos (TPE) dentro de la Industria Automotriz, como se mencionó anteriormente, resulta imposible el nombrar todas las aplicaciones que tienen estos materiales dentro de esta industria, por lo que para tener una visión más amplia de éstas, en las páginas siguientes, se enlistan las principales.

Toda la información que a continuación se detalla, fue obtenida gracias a la colaboración de algunas fábricas de automóviles como son Ford Company, Chrysler y Volkswagen principalmente (Ver Tabla 19 y Figuras 45 a 51).

<b>MOTOR</b>	<b>SISTEMA ELECTRICO</b>
AISLANTES SELLOS PARA CIGUEÑAL RETENES PARA CIGUEÑAL AISLANTES POLEA DEL VENT. SELLOS CAJA DE TRANSMISION SOPORTES DEL MOTOR SELLOS TAPON DE RADIADOR SELLOS ARBOL DE LEVAS SELLOS FLECHAS DE TRANS. MANGUERA DE EMISIONES CUBREPOLVOS EN GENERAL	CABLEADO DE IGNICION AISLANTE DE ALAMBRADO CACHUPONES CUBRE BUJIAS CAPUCHONES DISTRIBUIDOR MANGUERAS DE VACIO CABLEADO PRIMARIO CABLEADO SECUNDARIO AISLANTES DE TERMINALES EMPAQUES DE UNIDADES CUBIERTAS CLAVIJAS UNIDADES AISLANTES PARA CABLES
<b>COMPARTIMIENTO DE PASAJEROS</b>	<b>SISTEMA DE ALIMENTACION</b>
EMPAQUES PARA BOCINAS EMPAQUES PARA ANTENA CLAVIJAS PARA EL RADIO SELLOS DE DUCTOS DE VENT. TOPES GUANTERA CLIPS PARASOL (VISERA) FUELLES PARA ESPEJOS LAT.	CUBIERTAS LINEA DE COMBUST. VALVULAS BOMBA DE GASOLINA SELLOS BOMBA DE GASOLINA DIAFRAGMAS BOMBA DE CAS. MANGUERA LINEA DE COMBUST. SELLO VALVULA DEL FLOTADOR
<b>AIRE ACONDICIONADO/CALEF.</b>	<b>TRANSMISION AUTOMATICA</b>
MANGUERAS REFRIGERANTES SELLOS DEL COMPRESOR DIFRAGMAS DIAFRAGMAS ROTATORIOS MANGUERAS DE CALEFACCION SELLOS ALETAS DE PUERTAS	CONVERTIDORES SELLOS EJE AXIAL SELLOS DE LABIO SELLOS PORTASATELITES SELLOS DE CORONA SELLOS VELOCIMETRO
<b>TANQUE DE COMBUSTIBLE</b>	<b>BOMBA DE VACIO</b>
SELLOS Y JUNTAS EN GRAL. SELLO VALVULA PV MANGUERAS DE RETORNO SELLO TAPON DE GASOLINA SELLO FLOTADOR SOPORTES TANQUE DE COMB.	DIAFRAGMAS DE AVANCE SELLO VALVULA CHECK SELLO FLECHA DE LA BOMBA CONECTORES DE LA LINEA MANGUERA DE VACIO SELLO VASTAGO DIFRAGMA
<b>OTROS BAJO EL COFRE</b>	<b>SIST. LAVAPARABRISAS</b>
EMPAQUES BOMBA DE ACEITE EMPAQUES FILTRO DE ACEITE EMPAQUES PEDALES SELLOS FILTRO DE GASOLINA AJUSTADORES DE COFRE FUELLE PEDAL DE FRENO FUELLE PEDAL DE CLUTCH FUELLE PEDAL DE ACELERADOR	SELLOS BOMBA DE AGUA MANGUERA COND. DE AGUA SELLOS PLUMAS LIMPIADORES ESCOBILLAS

CONTINUA.....

DIRECCION TRANS. DELANTERA	CARROCERIA
BOTAS ENGRANE-PIÑON PLUMASSELLOS PARA ACOPLAMIENTOS ACOPLAMIENTOS SELLOS PARA FLECHAS SELLOS PARA ROTULAS SELLOS PARA BRAZOS DE DIR. SELLOS JUNTA DE BOLA SELLO UNION BRAZO ROTULA SELLOS COLUMNA DIRECCION SELLOS TERMINALES	SELLOS PTAS. Y VENT. MONTAJE CARROCERIA SALPICADERAS TAPONES DE DRENAJE SPOILERS SOPORTES DE LA SUSPENSION TAPONES DE LA CARROCERIA SELLOS DE LA CARROCERIA CUBIERTA CAJA DE CAMBIOS CAÑUELAS
SISTEMA DE FRENOS	INSTRUMENTOS DE CONTROL
<b>DISCOS:</b> RETENES PARA PISTON BOTAS PARA PISTON AISLANTES DE CHILLIDO SELLOS CONICOS SELLOS PARA PISTON <b>CILINDRO MAESTRO:</b> SELLOS DIAFRAGMAS CUBREPOLVOS BOTAS PARA CALIPER <b>CILINDRO ZAPATAS:</b> SELLOS PARA PRESION BOTAS MANGUILLO DE ENCHUFE DE LA LINEA CUBIERTAS PARA LA LINEA	<b>VELOCIMETRO:</b> SELLO CAJA PIÑON CUBIERTA CABLE PIÑON CUBIERTAS PARA CABLE SELLOS PALANCA DE CAMBIOS CUBIERTA PEDAL DE FRENO CUBIERTA PEDAL DEL CLUTH CUBIERTA PEDAL ACELERADOR CUBIERTA FRENO DE ESTACIONAMIENTO CUBIERTA COLUMNA DE LA DIRECCION SELLOS DE LUCES DEL PANEL DE INSTRUMENTOS SELLOS BOTONES DE CONTROL SWITCHES CONTROL DE LA VENTILACION BOTONES DEL PANEL DE CONTROL DE INSTRUMENTOS
ADMISION DE AIRE Y SISTEMA DE EMISIONES	SUSPENSION DELANTERA
SELLO ENTRADA DE AIRE DUCTOS DE ADMISION DUCTOS DE AIRE LIMPIO DUCTOS DE AIRE SUCIO SELLOS DE DUCTOS TUBERIA CONECTORES SELLO VALVULA EGR SELLO VALVULA EFE	AISLADORES DE LA BARRA ESTABILIZADORA SELLOS DE VASTAGOS SELLOS BIELA CENTRAL SELLOS BRAZOS PITMAN SELLOS ANCLA BARRA DE TORSION CASQUILLO AMORTIGUADORES BUJES BRAZO SUPERIOR BUJES BRAZO INFERIOR SELLOS BALEROS SUSPENSION McPHERSON

CONTINUA.....

<b>PUERTAS</b>	<b>EJE TRASERO Y SUSPENSION</b>
<b>SELLOS AISLANTES DE RUIDO</b> <b>SELLOS PARA MANIJAS</b> <b>TOPES DE LAS PUERTAS</b> <b>AMORTIGUADORES DE CIERRE</b> <b>PARA PUERTAS, COFRE Y</b> <b>CAJUELA</b> <b>MOLDURAS PROTECTORAS LAT.</b> <b>GUIAS PARA CRISTALES</b> <b>SELLOS CERRADURAS</b>	<b>BUJE DEL CASQUILLO PARA EL</b> <b>RESORTE</b> <b>ABSORBEDORES DE IMPACTO</b> <b>SELLOS PARA EL EJE</b> <b>AMORTIGUADORES PARA EL EJE</b> <b>BUJE PIVOTE DE MUELLES</b> <b>BUJES EN GRAL.</b> <b>JUNTAS, SELLOS Y RETENES</b> <b>DEL DIFERENCIAL</b> <b>TOPES</b>
<b>DEFENSAS</b>	<b>RUEDAS</b>
<b>SELLOS DE TOPES</b> <b>TOPES</b> <b>ALERONES</b> <b>CUBIERTAS PARA DEFENSA</b>	<b>TAPONES</b> <b>VALVULAS DE NEUMATICOS</b> <b>TAPONES PARA BIRLOS</b>
<b>EJE TRANSMISION DELANTERA</b>	<b>SISTEMA DE ENFRIAMIENTO</b>
<b>SELLOS PARA BALEROS</b> <b>BOTAS INT. EJE DE TRANS.</b> <b>BOTAS EXT. EJE DE TRANS.</b> <b>RETENES EJE</b>	<b>SELLOS BOMBA DE AGUA</b> <b>SELLOS BALEROS BOMBA</b> <b>MANGUERA DE DERRAME DEL</b> <b>RADIADOR</b> <b>MANGUERAS CONDUCCION DE</b> <b>REFRIGERANTE</b> <b>MANGUERA RETORNO DEL</b> <b>DEPOSITO DE COMPENSACION</b>

**TABLA 19 PRINCIPALES APLICACIONES DE LOS TPE DENTRO DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ.**

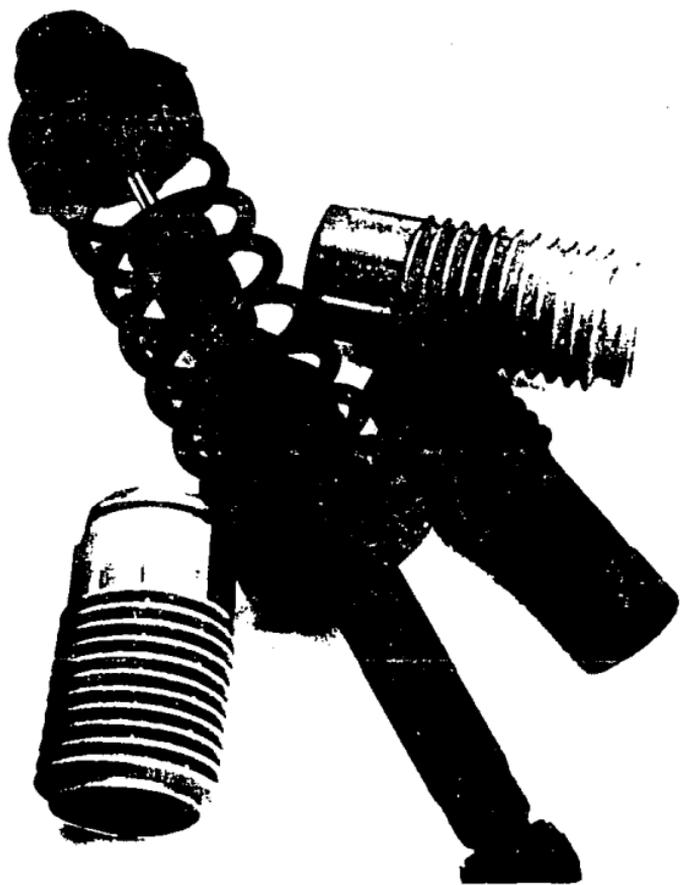


FIG. 45 FUELLES Y CUBIERTAS PARA AMORTIGUADORES Y  
ABSORBEDORES DE IMPACTO.



**FIG. 46 SELLOS PARA FLECHAS DE TRANSMISION.**

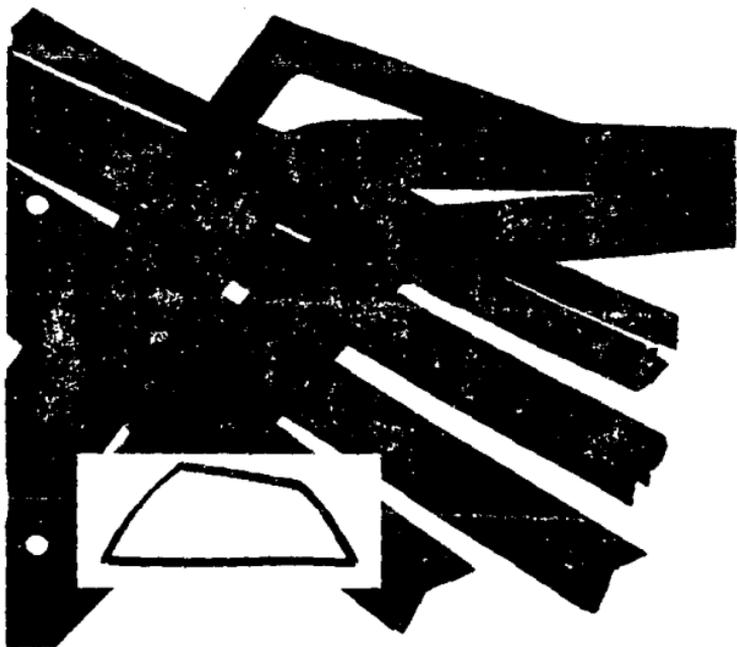
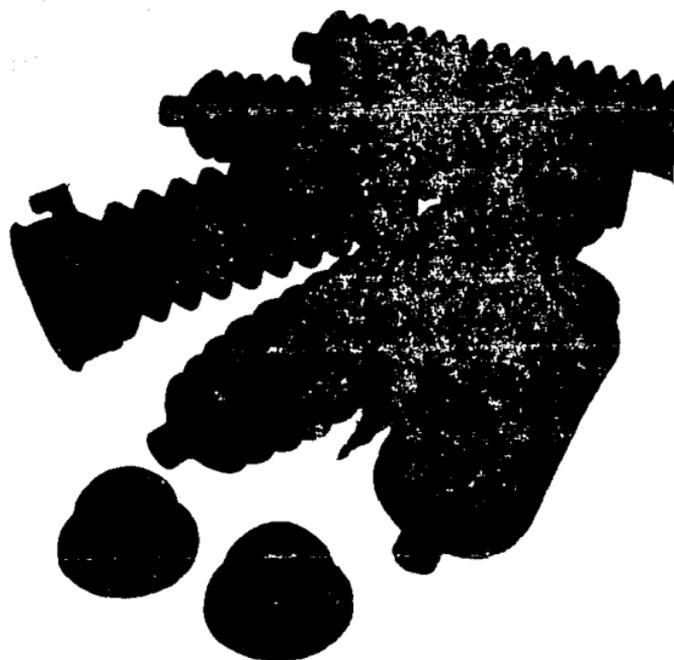
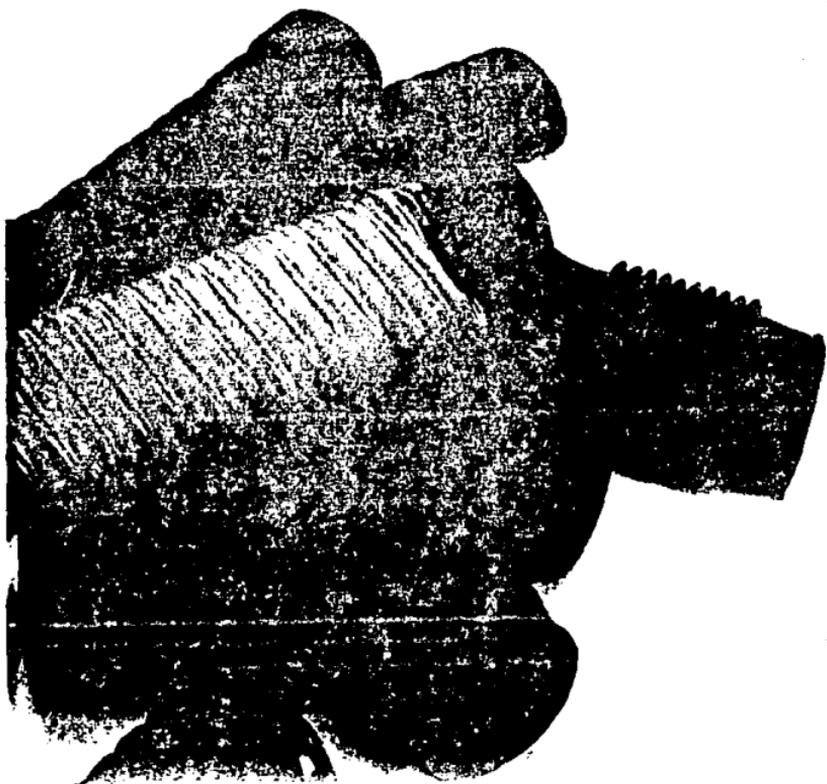


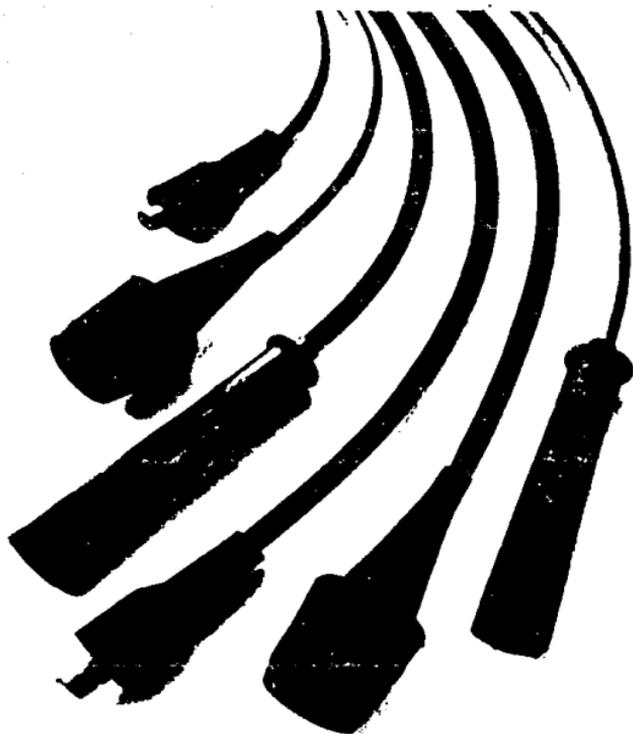
FIG. 47 SELLOS PARA VENTANAS, CAJUELA, COFRE Y PUERTAS.



**FIG. 48 BOTAS PROTECTORAS Y SELLOS PARA EL CONJUNTO ENGRANE-  
PIÑÓN DE LA DIRECCION.**



**FIG. 49 DUCTOS FLEXIBLES PARA ADMISION Y CONDUCCION DE AIRE.**



**FIG. 50 CONECTORES, CAPUCHONES Y CUBIERTAS DE EL SISTEMA DE IGNICION.**



**FIG. 51 OTRAS APLICACIONES.**

## **CAPITULO IV : SELECCION ADECUADA DEL MATERIAL.**

### **1 INTRODUCCION.**

Como se ha venido mencionando a lo largo de este trabajo, los elastómeros termoplásticos (TPE), presentan una serie de ventajas importantes sobre los hules termofijos convencionales.

Sin embargo, al igual que todos los demás materiales, los TPE presentan algunas desventajas prácticas, las cuales es importante mencionar.

Por otra parte como en todas las áreas de ingeniería, una adecuada selección del material, resulta de primordial importancia, y la adecuada selección de un elastómero termoplástico no es la excepción.

### **2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS.**

#### **2.1 VENTAJAS:**

**A.- MINIMA NECESIDAD DE MEZCLADO.** La mayoría de los TPE existentes en el mercado, se encuentran completamente formulados, es decir, listos para ser utilizados.

**B.- PROCESAMIENTO SIMPLE DE POCOS PASOS.** Los TPE tienen un proceso simplificado en comparación con

el que se tiene que seguir en los termofijos, dando ésto como resultado, más eficiencia en el proceso, y una disminución significativa sobre el costo final del artículo.

**C.- TIEMPOS CORTOS DE FABRICACION.** Esta ventaja da como resultado, los bajos costos de producción. Los ciclos de conformado utilizados para los TPE. son medidos normalmente en segundos, mientras que los utilizados en la vulcanización de los termofijos son medidos en minutos.

**D.- RECICLAJE DEL MATERIAL.** Después de cada paso, el material de desperdicio resultante, en un proceso para termofijos, es usualmente desechado; mientras que este mismo material en un proceso para TPE, puede ser reciclado.

**E.- BAJO CONSUMO DE ENERGIA.** Esto es principalmente consecuencia de los cortos ciclos de procesamiento y de el proceso simple de fabricación.

## **2.2 DESVENTAJAS:**

**A.- TECNOLOGIA NUEVA.** En el caso de los TPE's, esta tecnología es desconocida por muchos procesadores de hule y fabricantes de hule, pero familiar a la

mayoría de los fabricantes de plásticos. La barrera que existe entre estas dos industrias, ha sido un impedimento para el uso de los TPE's.

**B.- SECADO PREVIO AL PROCESAMIENTO.** Este es un paso que casi nunca es usado en el proceso del hule convencional, pero es completamente común en la fabricación de plásticos.

**C.- NUMERO LIMITADO DE TPE DE BAJA DUREZA.** La mayoría de los TPE comercialmente disponibles, tienen una dureza de 80 shore A. Por debajo de una dureza de 60 shore A, el número de TPE's disponibles en el mercado es limitado.

**D.- FUSION DEL MATERIAL A ALTAS TEMPERATURAS.** Esta propiedad, impide el uso de este tipo de materiales a temperaturas cercanas a su punto de fusión.

### **3 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA SELECCION DE UN TPE.**

De la buena selección del material para ser aplicado a cierta necesidad, se derivan un gran número de beneficios o limitaciones según el caso. Es por esta razón, que la persona encargada de la selección del material deberá tomar en consideración todos los aspectos necesarios para una buena selección, y enfocando esta selección siempre al término

"costo/desempeño" (cost/performance).

A continuación, se enlistan algunos de los factores claves que se deben de tomar en cuenta para la buena selección de un elastómero termoplástico (TPE).

- A.- Porcentaje de recuperación.
- B.- Dureza del material.
- C.- Porcentaje de elasticidad.
- D.- Vida flexible.
- E.- Rango de temperatura de operación.
- F.- Resistencia a los solventes.
- G.- Costo.

## CAPITULO V : ANALISIS ECONOMICO.

Con la idea de resaltar la importancia y superioridad que tienen los elastómeros termoplásticos sobre los materiales convencionales como son el hule neopreno o el hule EPDM, se realizó un análisis tanto de propiedades, como de costos de este tipo de materiales (Ver Tabla 20).

Para demostrar lo anterior, se han elegido 4 diferentes tipos de materiales, dos termofijos, y dos termoplásticos;

- A.- Termoplástico vulcanizado (TPV).
- B.- Hule EPDM.
- C.- Neopreno.
- D.- Elastómero termoplástico de copoliéster (TPCOP).

Para realizar el análisis que a continuación se muestra de una manera objetiva, se eligió una pieza en particular utilizada actualmente como componente en la fabricación de automóviles de tracción delantera; ésta es un cubre polvo utilizado para proteger a las juntas de velocidad constante (CV) o juntas homocinéticas (Ver Fig. 52). Las principales funciones que tiene esta pieza son:

- A.- Proteger a la junta homocinética contra las inclemencias del medio como son suciedad, polvo,

agua, y demás contaminantes que puedan dañarla.

- B.- Evitar la pérdida de grasa de la junta homocinética, la cual tiene como función el lubricar y el evitar el sobrecalentamiento.

La función de esta pieza, es de vital importancia, ya que en caso de sufrir ésta una ruptura o rajadura, la grasa contenida dentro de ella, debido a la fuerza centrífuga, se perdería, con lo que se provocaría el sobrecalentamiento de la junta de velocidad constante y por consiguiente su daño en un período de tiempo relativamente corto. Por lo anterior, la importancia que tiene la buena selección del material para la fabricación de esta pieza, salta a la vista.

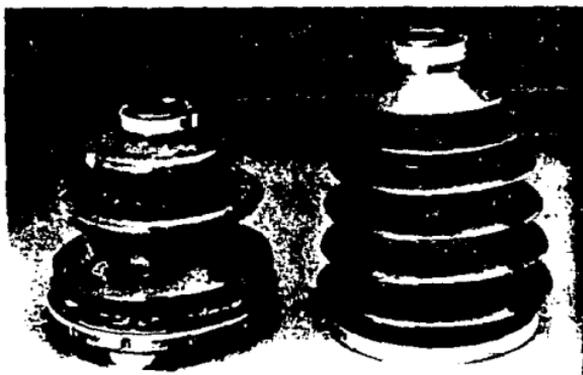


FIG. 52 Cubre polvo para junta homocinética. Izq. hule; Der. TPE (TPV).

PROPIEDADES/MATERIAL	TPV	TPCOP	EPDM	NEOPRENO
RANGO DE DUREZA	55 A 50 D	36 D 60 D	36 A 51 D	45 A 51 D
RESIST. A LA FLEXION	EXC	BUENA	BUENA	REG
RESIST. AL DESGARRE	REG	BUENA	BUENA	BUENA
RESIST. AL IMPACTO	EXC	BUENA	BUENA	BUENA
RANGO DE TEMPERATURA				
ALTO (*F)	275	250	275	250
BAJO (*F)	-60	-90	-65	-50
RESIST. A LA GRASA	EXC	BUENA	EXC	BUENA
RESIST. AL AGUA	EXC	BUENA	EXC	BUENA
FACTIBILIDAD DE MANTE- NER TOLERANCIAS CERR.	EXC	BUENA	REG	REG
PRECIO POR KG.	\$ 10.0	\$ 20.0	\$ 5.0	\$ 6.7
COSTO POR PIEZA.	\$ 8.0	\$ 15.0	\$ 4.0	\$ 5.5
COSTO PROMEDIO PARA EL PUBLICO. *	\$ 15.0	\$ 30	\$ 6.0	\$ 8.0
COSTO PROMEDIO POR INSTALACION.	\$ 120	\$ 120	\$ 120	\$ 120
TIEMPO PROMEDIO DE VIDA.	2.0 AÑOS	2.5 AÑOS	4.0 MESES	6.0 MESES

\* Este precio incluye abrazaderas, seguros y grasa formulada especialmente para esta aplicación.

TABLA 20 ANALISIS PARA LA BUENA SELECCION DEL MATERIAL.

Analizando la Tabla 20, podemos observar que las durezas entre los materiales son semejantes. Por otro lado, en cuanto a sus propiedades físicas y mecánicas, tenemos que el TPV es superior a los demás materiales, seguido por el TPCOP.

En cuanto a costos se refiere, tenemos que el TPCOP resulta ser un material caro en comparación con los otros, a pesar de que su desempeño es superior, queda fuera, debido al alto costo que tiene; por otro lado, observamos que el EPDM resulta ser el material más barato, pero su tiempo de vida es muy corto, por lo que si hacemos un análisis basándonos en la relación costo/desempeño (cost/performance), el material más adecuado para fabricar las botas para las juntas de velocidad constante resulta ser el TPV.

## CONCLUSIONES.

En ingeniería, la correcta selección de un material para satisfacer "x" necesidad, es de suma importancia, ya que de esta selección, depende el buen funcionamiento de la pieza.

Por lo anterior, resulta importante el conocer las propiedades y características de los materiales, con la finalidad de contar con los elementos necesarios para poder elegir el material más adecuado para satisfacer alguna necesidad específica.

En nuestros días, las piezas de gran tamaño y robustez, han pasado a la historia, ya que actualmente, éstas han sido reemplazadas por materiales que cuentan con iguales o mejores propiedades, pero de menor peso y mayor durabilidad. Un ejemplo de este tipo de materiales son sin duda los Elastómeros Termoplásticos.

A lo largo de este trabajo, se describieron los tipos de Elastómeros Termoplásticos existentes, así como sus principales propiedades, usos y aplicaciones que tienen dentro de los diferentes mercados y sobre todo dentro de la industria automotriz, con lo que se obtuvo un conocimiento general de éstos.

Por otra parte, se obtuvo un conocimiento de los diferentes métodos que existen para el procesamiento de este tipo de materiales, así como también de las principales ventajas y desventajas que representa la utilización de este tipo de materiales.

Finalmente, se realizó un análisis económico, por medio del cual se pudo comprobar la superioridad que tienen los TPE en relación con los hules termofijos. La relación COSTO/DESEMPEÑO (COST/PERFORMANCE), representa en la actualidad el parámetro más importante a tomarse en cuenta en la selección de un material.

Podemos concluir, diciendo que los Elastómeros Termoplásticos son una nueva clase de materiales, los cuales cuentan con propiedades tanto de los hules como de los plásticos, por lo que su aplicación en los diferentes campos, se incrementa cada día, de ahí la importancia de su estudio.

**BIBLIOGRAFIA.**

- \* MATERIALES DE INGENIERIA Y SUS APLICACIONES.  
RICHARD A. FLINN, AND PAUL K. TROJAN.  
ED. MC GRAW HILL.
  
- \* POLIMEROS, ESTRUCTURA, PROPIEDADES Y APLICACIONES.  
ERNESTO URETA BARRON.  
ED. LIMUSA NORIEGA.
  
- \* MEMORIAS DEL CURSO, CIENCIA Y TECNOLOGIA DEL HULE PARTE 1.  
GRUPO HULERO MEXICANO.
  
- \* LA CIENCIA E INGENIERIA DE LOS MATERIALES.  
ASKELAN  
ED. IBEROAMERICA.
  
- \* TRATADO GENERAL DE PLASTICOS.  
SIMONDS.  
ED. REVERTE, S.A.
  
- \* HANDBOOK OF PLASTIC ELASTOMER.  
BENJAMIN M. WALKER, CHARLES P. RADER  
ED. VAN NOSTRAND REINHOLD COMPANY.

- \* MANUFATURING PORCESSES FOR ENGINEERS.  
DOYLE LAWRENCE E.
  
- \* MONSANTO SANTOPRENE, PHYSICAL PROPERTIES.  
TPE-06-05  
MONSANTO
  
- \* MONSANTO SANTOPRENE, THE VULCANIZED RUBBER THAT PROCESSES  
AS A THERMOPLASTIC.  
TPE-02-09  
MONSANTO
  
- \* MONSANTO SANTOPRENE, FOR AUTOMOTIVE PARTS.  
TPE-63-03  
MONSANTO
  
- \* MONSANTO SANTOPRENE, FLUID RESISTANCE.  
TPE-03-04  
INDUSTRIAS RESISTOL
  
- \* MONSANTO SANTOPRENE, RHEOLOGY AND PROCESSING.  
TPE-04-06  
INDUSTRIAS RESISTOL.