



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

**PROPIEDADES DE LOS PRINCIPALES TERMOPLÁSTICOS
USADOS EN LA INDUSTRIA MEXICANA Y SUS
APLICACIONES EN FUNCION DE DICHAS
PROPIEDADES**

M O N O G R A F I A

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A

FRANCISCO RAFAEL ROJO HURTADO

MEXICO, D. F.

1978



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

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

TESIS 1978

M.T. ~~300~~ 377 Bis

FECHA _____

ARGO _____



A mis padres, hermanos y demás familiares.

Al Ing. Felipe Fuentes Gaytán.

A mis maestros y amigos.

HONORABLE JURADO:

Presidente	Quim. Julio Terán Zavaleta
Vocal	Ing. Antonio Reyes Chumacero
Secretario	Ing. Fernando Iturbe Hermann
1er. Suplente	Ing. Rolando A. Barrón Ruiz
2o. Suplente	Quim. Margarita González Terán

Tema desarrollado en: **Adplex, S.A.**
Durango No. 314 - 502
México 7, D.F.

Sustentante **Francisco Rafael Rojo Hurtado**

Asesor del Tema **Ing. Felipe Fuentes Gaytán**

INDICE

<u>INTRODUCCION</u>	<u>Página</u>
<u>CAPITULO I: DESARROLLO HISTORICO</u>	1
ABS	2
~ POLIACETALES (Homopolímero y Copolímero Acetálico)	6
ACRILICOS	8
CELULOSICOS	12
~ FLUOROPLASTICOS	20
CLORURO DE POLIVINILO (PVC)	26
~ POLICARBONATO	30
~ POLIAMIDAS (NYLONES)	32
~ POLIETILENO	37
~ POLIPROPILENO	41
POLIESTIRENO Y COPOLIMEROS	45
<u>CAPITULO II: PRINCIPALES TECNICAS DE OBTENCION</u>	49
<u>ABS</u>	50
Inserción en Látex	50
Inserción en SAN	50
Mezclas de Polímeros por inserción	51
<u>POLIAMIDAS</u>	52
Nylon 6	52
Nylon 11	53
Nylon 6/6	54
<u>POLIETILENO</u> (Alta y Baja Densidad)	56
<u>POLIPROPILENO</u>	57

<u>CELULOSICOS</u>	58
<u>CLORURO DE POLIVINILO</u>	59
Polimerización en Suspensión	59
Polimerización en Emulsión	59
<u>POLIESTIRENO</u>	60
Polimerización en Masa	60
Polimerización en Solución	61
Polimerización en Suspensión	61
<u>POLITETRAFLUORETILENO (TEFLON)</u>	63
<u>ACRILICO (POLIMETILMETACRILATO)</u>	64
Polimerización en Masa	64
Polimerización en Suspensión	65
<u>POLICARBONATO</u>	67
<u>POLIACETALES</u>	69
Copolímero Acetálico	69
Homopolímero Acetálico	70
<u>CAPITULO III : PROPIEDADES DEL ABS</u>	71
<u>CARACTERISTICAS</u>	72
<u>PROPIEDADES MECANICAS</u>	73
Módulo de Elasticidad	74
Resistencia a la Flexión	74
" a la Compresión	75
" al Impacto	75
Deformación a esfuerzo constante	77
Estabilidad Dimensional	79

<u>PROPIEDADES TERMICAS</u>	80
Calor Específico	80
Coefficiente de Expansión Lineal	81
Temperatura de Deflexión bajo Carga	81
<u>PROPIEDADES ELECTRICAS</u>	82
Constante Dieléctrica y Factor de Disipación	82
Resistividad Volumétrica	84
<u>PROPIEDADES QUIMICAS</u>	85
absorción de humedad, Resistencia al interperismo, Resistencia al fuego y a la flama, Efecto de la temperatura	85
<u>CAPITULO IV : PROPIEDADES DE LOS POLIACETALES</u>	86
<u>PROPIEDADES MECANICAS</u>	87
Resistencia a la tensión	87
Rígides y Recuperación Elástica (Resiliencia)	89
Resistencia al Impacto y a la Fatiga	90
Propiedades para Engranajes	91
Propiedades de Fricción y Cojinetes	92
Resistencia a la abrasión, Resistencia a la Deformación	93
<u>PROPIEDADES TERMICAS</u>	95
<u>PROPIEDADES ELECTRICAS</u>	95
<u>PROPIEDADES QUIMICAS</u>	96
Permeabilidad, Resistencia a los agentes atmosféricos, influencia del calor y la humedad	99
<u>PROPIEDADES DEL COPOLIMERO ACETALICO</u>	100
<u>PROPIEDADES MECANICAS</u>	100
Propiedades Esfuerzo-Deformación	100

Resistencia a la Deformación	103
Resistencia a la Fatiga	107
<u>PROPIEDADES ELECTRICAS</u>	108
<u>PROPIEDADES TERMICAS</u>	110
<u>PROPIEDADES QUIMICAS</u>	112
<u>CAPITULO V : PROPIEDADES DEL POLIMETILMETACRILATO</u>	115
<u>PROPIEDADES MECANICAS</u>	116
Plastodeformación	119
<u>PROPIEDADES ELECTRICAS</u>	121
<u>PROPIEDADES TERMICAS</u>	124
<u>PROPIEDADES QUIMICAS</u>	126
<u>PROPIEDADES OPTICAS</u>	133
Indice de Refracción	134
<u>CAPITULO VI : PROPIEDADES DE LOS CELELONICOS</u>	136
<u>ACETATO DE CELULOSA</u>	137
Color,Olor,Tenacidad y resistencia al Impacto,Resistencia a la Tensión,Dureza y Rigidez	137
Estabilidad Dimensional y Sensibilidad a la Humedad, Desgaste por la acción atmosférica, Resistencia a la Flama	138
<u>Propiedades Eléctricas</u>	139
<u>Resistencia Química</u>	140
<u>PROPIONATO DE CELULOSA</u>	141
Tenacidad y Resistencia al Impacto	141

	Página
Compatibilidad, Brillo Superficial, Estabilidad Dimensional y Sensibilidad a la Humedad, Dureza y Rigidez	142
Resistencia a la Tensión, Temperatura de Deflexión, Resistencia al Interperismo	143
Propiedades Físicas	144
 <u>CAPITULO VII : PROPIEDADES DEL POLITETRAFLUORECILENO</u>	 148
PROPIEDADES DEL TEFLON	149
 <u>CAPITULO VIII : PROPIEDADES DEL PVC</u>	 153
<u>EL VALOR K</u>	154
<u>PVC RIGIDO - COMPUESTOS DE PVC</u>	155
Tipos de Plastificadores	156
Propiedades de los Plastificadores	157
Estabilizadores, Lubricantes, Cargas	159
Colorantes	160
Propiedades del PVC Rígido	161
<u>PVC SEMI-RIGIDO</u>	163
Propiedades Eléctricas, Plastodeformación	164
Transmisión de Luz, Propiedades Químicas	167
<u>PROPIEDADES DE LOS COMPUESTOS DE PVC</u>	172
Estabilizadores, Plastificadores	172
Propiedades Físicas en función del contenido de Plastificador	174
Compuestos con Plastificadores mezclados, Plastificadores Poliméricos	176

IVC con Cargas	177
<u>CAPITULO IX : PROPIEDADES DEL POLICARBONATO</u>	182
<u>PROPIEDADES FISICAS-CARACTERISTICAS</u>	183
<u>PROPIEDADES MECANICAS</u>	184
<u>PROPIEDADES TERMICAS</u>	187
<u>PROPIEDADES ELECTRICAS</u>	189
<u>PROPIEDADES OPTICAS</u>	192
<u>PROPIEDADES QUIMICAS</u>	194
<u>CAPITULO X : PROPIEDADES DE LAS POLIAMIDAS.....</u>	195
<u>PLASTIFICADORES-ESTABILIZADORES</u>	196
<u>CARGAS Y AGENTES REFORZANTES</u>	197
<u>PROPIEDADES FISICAS DEL NYLON 6/6</u>	198
<u>PROPIEDADES MECANICAS DEL NYLON 6/6</u>	199
Tensión y Compresión	202
Módulo de Elasticidad	203
Límite Elástico	204
Plastodeformación y Relajamiento del Esfuerzo	206
<u>PROPIEDADES TERMICAS</u>	209
Resistencia elevada a la temperatura en agua	209
Estabilidad de forma a temperaturas elevadas	210
<u>PROPIEDADES QUIMICAS</u>	211
<u>PROPIEDADES DE FATIGA</u>	214
<u>RESISTENCIA AL IMPACTO</u>	217
<u>LUNETA - RESISTENCIA A LA ABRASION</u>	219

	Página
<u>PROPIEDADES DE FRICCION</u>	220
<u>PROPIEDADES ELECTRICAS</u>	221
<u>CONTENIDO DE HUMEDAD PARA VARIAS CONDICIONES</u>	227
<u>CAPITULO XI : PROPIEDADES DEL POLIETILENO</u>	229
<u>POLIOLEFINAS</u>	230
Constitución de las Macromoléculas, Cristalinidad	231
Peso Molecular	232
<u>PROPIEDADES FISICAS</u>	234
<u>PROPIEDADES MECANICAS</u>	236
Propiedades de Esfuerzo - Deformación	236
Módulo Flexural (Rigidez), Resistencia al Impacto	241
<u>PROPIEDADES TERMICAS</u>	242
Calor Específico, Conductividad Térmica	242
Dilatación Térmica, Estabilidad Térmica	243
<u>PROPIEDADES QUIMICAS</u>	244
Absorción de agua, Resistencia al agrietamiento ambiental(ESCR)	244
Resistencia del Polietileno de baja Densidad a los agentes químicos	245
<u>PROPIEDADES ELECTRICAS</u>	250
Resistencia Superficial, Resistencia Dieléctrica, Factor de potencia	250
<u>PROPIEDADES QUIMICAS DEL POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD</u>	251
Generalidades, Absorción de agua, Resistencia a los agentes químicos	251

<u>CAPITULO XII : PROPIEDADES DEL POLIISOPILENO</u>	259
<u>DENSIDAD</u>	260
<u>PROPIEDADES TERMICAS</u>	262
<u>PROPIEDADES MECANICAS</u>	264
Resistencia a la tensión	264
Resistencia al Impacto, Módulo Flexural (Rigidez)	266
<u>PROPIEDADES QUIMICAS</u>	267
<u>PROPIEDADES ELECTRICAS</u>	270
<u>CARACTERISTICAS GENERALES DE COMPORTAMIENTO</u>	271
<u>CAPITULO XIII : PROPIEDADES DEL POLIESTIRENO</u>	272
CRACTERISTICAS - POLIESTIRENO ESTANDARD	273
POLIESTIRENO ESTABLE A LA LUZ - ESTIRENO ACRILONITRILO	274
ESTIRENO - BUTADIENO, POLIESTIRENO EXPANDIBLE, POLIESTIRENO CON FIBRA DE VIDRIO	275
PROPIEDADES DE INTERES GENERAL	277
<u>PROPIEDADES MECANICAS</u>	278
<u>COMPARACION DE PROPIEDADES DE LOS POLIESTIRENOS</u>	280
<u>EXPANSION TERMICA</u>	284
<u>PROPIEDADES ELECTRICAS</u>	284
Resistencia Dieléctrica	284
Constante Dieléctrica, Factor de Potencia, Resistividad Volumetrica, Resistividad Superficial	285
<u>PROPIEDADES OPTICAS</u>	285
<u>PROPIEDADES QUIMICAS</u>	287

	Página
<u>CAPITULO XIV : APLICACIONES</u>	2-8
<u>APLICACIONES DEL ABS</u>	209
" DE LOS POLIACETALES	294
" DEL POLIMETILMETACRILATO	305
" DE LOS CELULOSICOS	308
" POLITETRAFLUORETILENO	310
" DEL PVC	316
" DEL POLICARBONATO	323
" DE LAS POLIAMIDAS	325
" DEL POLIETILENO	330
" DEL POLIPROPILENO	334
" DEL POLIESTIRENO	337
EPÍLOGO	349
BIBLIOGRAFIA	390

INTRODUCCION.

En la vida diaria el uso de los plásticos es inevitable; los encontramos en diferentes formas como artículos inyectados, soplados extrudidos, de empaque, etc.. Además como películas y láminas de decoración, - en el sector técnico como perfiles, chasises, cables de diferentes tamaños y diseños, productos para la industria automotriz y otros campos más.

Cuando se habla de los productos plásticos, ya sea como elementos de trabajo o como objetos decorativos o de servicio, generalmente se asocia la gran variedad de formas, colores y aplicaciones a un proceso de fabricación sencillo que normalmente se suma a un precio bajo de los artículos. Sin embargo, todo esto que podríamos llamar la primera impresión, no es tan fácil o sencillo; por el contrario, requiere de técnica, estudios, conocimientos y experiencia en un grado elevado para cumplir con los objetivos para los cuales se van a destinar cada uno de estos materiales plásticos.

La primera pregunta que nos hacemos al empezar a estudiar los materiales plásticos es: ¿ QUE SON LOS PLASTICOS ?.

El término plástico se aplica a una gran variedad de grupos de materiales sintéticos que son procesados por moldeo o formado de ellos hasta alcanzar la forma deseada. Químicamente, los plásticos son compuestos de cadenas moleculares de alto peso molecular, llamados "polímeros", que normalmente han sido obtenidos de productos químicos simplificados: monómeros. Un monómero diferente o combinación de monómeros se utilizan para la manufactura de cada tipo diferente o familia de plásticos.

Las características de los materiales plásticos son muy diversas.

y así encontramos plásticos blandos (espuma de poliuretano) e duros (melamina); transparentes (acrílico) u opacos (fenólicos), resistentes al calor (silicatos) e que se reblandecen con agua caliente (polietileno); más ligeros que el agua (polipropileno) o más pesados que el hierro (epóxicos con plomo).

Dentro de cada familia de plásticos existen también diferencias entre los materiales. Estos cambios pueden originarse por diversas causas siendo algunas de ellas:

- a).- cambios en el peso molecular.
- b).- cambios en la geometría de la cadena de un polímero.
- c).- adición de cargas plastificantes y otros materiales químicos en diferentes cantidades, que cambian las propiedades del polímero base.

Cada plástico tiene una combinación particular de propiedades, requerimientos de procesamiento y costo de producción que lo hacen adecuado a ciertos productos o aplicaciones específicas. Por lo tanto es necesario conocer como están clasificadas los materiales plásticos, los cuales en su forma más general de uso son conocidos con el nombre de "resinas plásticas".

CLASIFICACION DE LAS RESINAS PLASTICAS.

Las resinas sintéticas se dividen en dos grupos que dependen de -- sus características básicas referidas a su estado o cambio de estado -- por efecto del calor. Estos dos grupos en forma general se denominan: - Termoplásticos y termofijos.

Los termoplásticos requieren de calor para moldearse y después de enfriarse pueden ser calentados nuevamente y moldearse en otra forma varias veces, sin un cambio significativo en sus propiedades. Los termofijos

plásticos tienen cadenas moleculares lineales las cuales fluyen sobre cada una de las otras cuando se calientan y solidifican dentro de un -- nuevo molde cuando se enfrían, sin ruptura significativa de cadena. Por lo tanto el desperdicio de los termoplásticos puede ser usado y procesado sin dificultad normalmente.

Los termofijos requieren de calor para moldearse en forma permanente. Después de que un termofijo es formado en un objeto con forma permanente, normalmente con calor y presión, este no puede ser fundido o re-soldado otra vez. La adición de calor unicamente lo destruiría.

Cuando un termofijo se calienta, forma ligaduras cruzadas permanentes entre las cadenas lineales, creando una verdadera estructura rígida de cadena tridimensional que no puede hacerse fluir otra vez. Subsecuente calor y presión unicamente causan ruptura de la cadena cuyos resultados son una seria degradación de las propiedades.

Este trabajo tratará sobre el estudio de las propiedades y principales aplicaciones del primer grupo descrito, los termoplásticos, y tiene como finalidad la de proporcionar al usuario una orientación en la selección del material termoplástico adecuado para una determinada aplicación.

Las resinas termoplásticas de que se ocupará este trabajo son las siguientes:

ABS (Estireno - Acrilonitrilo - Butadieno)

POLIACETALES (Homopolímero y copolímero acéticos)

ACRILICO (Polimetilmetacrilato)

CELULOSICOS (Nitrato de celulosa, Acetato de celulosa, Propionato de celulosa, Butirato de celulosa)

FLUOROPLASTICOS (Politetrafluoretileno)

CLORURO DE POLIVINILO (PVC)

POLICARBONATO

POLIAMIDAS (NYLONES)

POLIETILENO

POLIPROPILENO

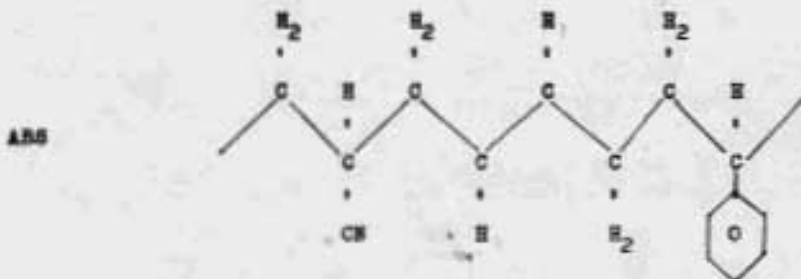
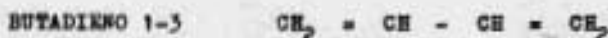
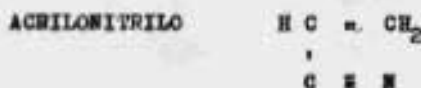
POLIESTIRENO Y COPOLIMEROS

CAPITULO I
DESARROLLO HISTORICO

ABS.

El término ABS se emplea para describir a una familia de plásticos formados por tres monómeros químicos: acrilonitrilo, butadieno y estireno. El acrilonitrilo es un líquido con un punto de ebullición de 77.5°C el butadieno es un gas a temperatura ambiente e hierve a menos 4.4°C; - el estireno es un líquido con un punto de ebullición de 145.2°C.

Las estructuras moleculares de los monómeros y del terpolímero se describen a continuación:



Los diferentes polímeros de ABS pertenecen a una familia de plásticos denominada plásticos de ingeniería. Los plásticos de ingeniería son aquellos polímeros cuyas propiedades básicas son tales, que las partes fabricadas y diseñadas con ellos reúnen propiedades adecuadas para aplicaciones estructurales y soportar cargas. Otros plásticos tales como el nylon, policarbonatos, los celulósicos, poliacetales, y el PVC rígido, caen dentro de esta familia.

Los polímeros de ABS son una consecuencia natural de los poliestirenos de impacto, los cuales son hechos de dos monómeros: estireno y butadieno. En los poliestirenos de impacto se obtiene una mejora significativa en la tenacidad sobre el poliestireno estándar. Sin embargo, al lograr mayor tenacidad, se disminuyen otras propiedades, tales como la rigidez, resistencia química y resistencia a la tensión y a la flexión. Por la introducción del monómero de acrilonitrilo se obtiene una mejora importante en todas las propiedades mencionadas anteriormente, así como una sobresaliente tenacidad y resistencia al abuso. La resistencia química es altamente mejorada, así como la resistencia a la flexión y a la tensión y módulo flexural (rigidez).

Las resinas de ABS son verdaderos termoplásticos similares al poliestireno, PVC, poliolefinas, nylon, etc.; al aplicarles calor, son ablandadas, y cuando se les aplica presión consiguen un flujo viscoso, y bajo enfriamiento endurecen. Pueden reprocesarse y fabricar así artículos de formas diferentes, sin perder sus propiedades. Como puede verse entonces, los polímeros del ABS son bastante versátiles y útiles. En su estado natural el ABS es opaco similar al poliestireno de impacto.

HISTORIA.

La historia del ABS comienza el 6 de abril de 1948 cuando le fue otorgada a U.S. Rubber Company (Actualmente conocida como Uniroyal) la primer patente de un material de este tipo: US 2, 439.202.

Los principales objetivos que llevaron a la creación de este material fueron los siguientes:

- a.- Producir un compuesto termoplástico duro, resistente y además moldeable.
- b.- Producir un termoplástico moldeable que no se ablandara o reblandciera en un hervido (100° C/212° F)

c.- Producir un sustituto del cuero partiendo de una mezcla de hule sintético y resina.

Para conseguir lo anterior era necesario encontrar una resina sintética que fuera capaz de ser mezclada homogénea e inseparablemente a temperaturas entre 155° - 204°C , con hules sintéticos de los tipos Buna S (copolímero butadieno-estireno) o Buna N (copolímero butadieno-acrilonitrilo).

El resultado fue la mezcla física del copolímero estireno-acrilonitrilo (SAN), que normalmente es duro e inelástico, con el copolímero butadieno-acrilonitrilo, que es elástico y resiliente, que podía mezclarse más fácilmente con el SAN que el Buna S.

Los artículos moldeados de acuerdo a lo anterior, presentaban el inconveniente de volverse quebradizos a temperaturas menores de 20°F (-6.7°C) cuando no se empleaba algún plastificante líquido en su formulación.

Por esta razón, la investigación en materia de ABS se encaminó entonces a obtener un material que mantuviera su excepcional resistencia al impacto registrada a temperatura ambiente, a temperaturas del orden de 0 a -10°F (-17.8 a -23.3°C), sin requerir el auxilio de plastificantes líquidos al modificar las propiedades de la resina elastomérica a altas temperaturas.

Más tarde, la U.S. Rubber Co. patentó un nuevo tipo de ABS en el cual quedaba resuelto el problema anteriormente mencionado, reemplazando parcialmente el hule de alto contenido de acrilonitrilo por otro de contenido relativamente bajo, a saber: 18 a 26 % de acrilonitrilo por 82 a 74 % de butadieno 1-3, respectivamente.

La U.S. Rubber Co., saca a la venta en 1950 un ABS de nombre comer

cial Royalite, láminas formadas por calandreo y un ABS especial para la fabricación de tuberías por extrusión.

Debido a que las formulaciones descritas anteriormente, o sea la mezcla física del copolímero elastomérico butadieno-acrilonitrilo con el copolímero rígido estireno-acrilonitrilo resultaban deficientes (pero mejores que los polímeros formados a partir de los monómeros conocidos individualmente) en algunas combinaciones de propiedades tales como: dureza, resistencia al impacto (especialmente a temperaturas bajas) y temperatura de distorsión térmica, fue desarrollado un proceso por R.J. Reid, patentado por The Firestone Tire and Rubber Co. en 1955.

Este proceso demostró que la substitución de una porción de copolímeros acrilonitrilo-butadieno por polímeros de butadieno-estireno en mezclas de éstos con copolímeros estireno-acrilonitrilo originaba una mejora simultánea del módulo de elasticidad, dureza, resistencia al impacto a bajas temperaturas y resistencia al calor de los compuestos obtenidos.

Dos investigadores, Heaz y Mast de la Goodyear Tire & Rubber Co, producen composiciones de termoplásticos resistentes al impacto, flexibles a bajas temperaturas y resistentes al reblandecimiento a altas temperaturas, a partir de diferentes resinas y hules, especialmente cuando estos materiales se mezclan con el polímero por inserción de tipo hulesa.

Un verdadero terpolímero de ABS por inserción, implica sujetar una mezcla de estireno y acrilonitrilo a condiciones de polimerización en presencia de un hidrocarburo huleso, tipo butadieno previamente polimerizado.

Las técnicas de inserción empleadas por los diferentes fabricantes de ABS constituyen secretos tecnológicos guardados celosamente.

RESINA ACETAL.

La resina acetálica es desarrollada del formaldehído. El primero en trabajar sobre este tema fué el ruso Butlerov, en 1859.

La compañía Du Pont inició estudios para la producción de formaldehído puro, y los resultados de Barkdoll en 1949 fueron estudiados por Robert N. Mc. Donald, quien dirigió a un equipo de 100 hombres que produjeron el homopolímero de la resina acetálica conocido comercialmente con el nombre de Dacrin. Dupont empezó su producción comercial en 1960. Más tarde, Celanese produjo una resina acetálica, Celcon, un copolímero basado en trioxano. Los doctores Frank Brown y Frank Bernardinelli desarrollaron el producto de Celanese.

La estructura molecular lineal del polímero acetálico consiste de cadenas de polioximetileno no ramificadas de gran longitud normalmente con un promedio de 1,000 unidades:



La elevada cristalinidad y el elevado punto de fusión (175°C) de esta resina le proporcionan una excelente combinación de propiedades, - las cuales le hacen de una utilidad tal que desplaza a los metales en numerosas aplicaciones.

La resina acetálica fué uno de los primeros termoplásticos resistentes destinados a la fabricación de piezas industriales. Desde entonces, ha sobrepasado los ensayos y pruebas utilizándose en millares de aplicaciones en todo el mundo.

Sus propiedades características tales como excelente resistencia mecánica, rigidez, estabilidad térmica y resistencia, son tan solo unas cuantas de las muchas que se combinan y llenan el vacío entre las caract

terísticas de los metales y los plásticos. Las piezas de resinas acetálicas conservan las propiedades de esta, aún en las condiciones más diversas: grán margen de temperaturas, humedad extrema, resistencia a los disolventes y agentes químicos; soporta cargas elevadas en períodos intermitentes y prolongados.

Se ha comprobado que la resina acetálica puede competir tanto en rendimiento como en precio y de manera concluyente en aplicaciones que anteriormente requerían materiales como metales ferrosos y no ferrosos. Además, ofrece facilidad de fabricación y propiedades inexistentes en los metales.

Los diferentes tipos de resina acetálica que existen en el mercado se diferencian por su viscosidad en estado de fusión. Las propiedades mecánicas de los diversos tipos son casi iguales exceptuando su alargamiento y su resistencia al impacto.

COPOLIMERO DE ACETAL.

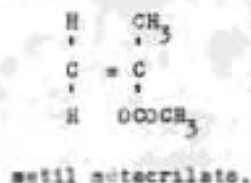
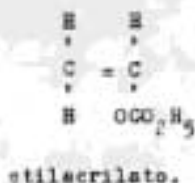
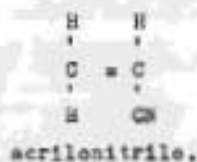
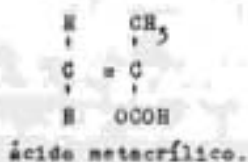
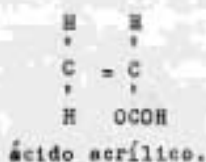
Este tipo de resina acetálica es producido a partir del trioxano vaporizado y un catalizador gaseoso. Como un 2 % de un segundo monómero tal como el óxido de etileno es copolimerizado dentro de la cadena para mejor estabilidad.

La rigidez, fuerza, tenacidad y dureza del copolímero, se deben al trioxano, ya que es térmica, química y mecánicamente estable bajo un amplio margen de temperaturas, cargas y todas las condiciones ambientales. Comparado con otros plásticos, tiene excelentes propiedades eléctricas, baja sensibilidad a la humedad y resistencia a álcalis y solventes.

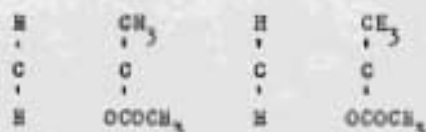
Los copolímeros de acetal son suministrados comercialmente en una amplia variedad de formulaciones que van desde resinas de elevada fluidez para moldeado por inyección, hasta las de peso molecular elevado destinadas para el proceso de extrusión.

ACRÍLICOS.

Hasta 1950, el término "acrílico" se refería solamente a los plásticos bastante rípidos hechos por la polimerización de ésteres del ácido acrílico o ácido metacrílico. En años recientes, sin embargo, ha habido un rápido crecimiento en las fibras acrílicas, hules y resinas para recubrimientos. En muchos casos, el componente acrílico en estas áreas puede o no ser un éster acrílico o metacrílico; frecuentemente es acrilonitrilo. Comercialmente, un "plástico acrílico" es el término empleado para describir a una lámina termoplástica rígida, o un material moldeado por inyección hecho en un 90 % de metil metacrilato, y el resto son fabricados de un éster de ácido acrílico o metacrílico. La estructura de los monómeros acrílicos más importantes se muestra a continuación:



Estos ésteres son hechos directamente sin la preparación previa del ácido. La fórmula desarrollada del polimetil metacrilato es la siguiente:



POLIMETILMETACRILATO.

Como se puede ver en la estructura anterior, la cadena principal - del polímero está compuesta completamente de átomos de carbono. Otros - polímeros éteres son hechos por el enlaceamiento de ácidos dibásicos - con alcoholes dibásicos, resultando en la cadena del éster grupos que - son hidrolizables por álcalis o la humedad del medio.

Los éteres acrílicos no tienen la longitud de la cadena reducida - por tales ataques y mantienen su rigidez; por ejemplo cuando se usan en - las cajas para baterías con ácido sulfúrico ó álcali. Además la mitad - de los átomos de carbono en la cadena del metacrilato son cuaternarios, - es decir los átomos de carbono alternados están unidos por sus cuatro - valencias a carbonos, lo cual, los hace más resistentes al ataque quí - ce.

HISTORIA Y DESARROLLO DE LOS POLÍMEROS ACRÍLICOS Y ÉSTER METACRÍLICO.

Fue hasta el año de 1873 cuando fueron preparados el metil, etil, - y alil acrilato, y solo el último fué polimerizado. Sin embargo, Kahl - baum reportó la polimerización del metil metacrilato en 1860, incluyen - do algunas observaciones que pueden ser interpretadas en términos del - efecto inhibitor del oxígeno molecular. En un tubo sellado, el monómero - permaneció aparentemente invariable por seis meses, pero de allí en ade - lante se transformó en una masa sólida clara; primero se formó un jarabe - y luego se solidificó. A diferencia del poliestireno, el polímero metil - acrilato al ser calentado se vuelve café y en destilación de 320° C -- arriba se des - monomero de metil metacrilato.

En relación al cambio del índice de refracción con la polimerización Kahlbaum llenó una celda de vidrio con forma de un prisma con ángulo cero líquido. Cuando este fué expuesto a la luz solar ocurrió rápidamente la polimerización en la capa del fondo, pero una capa superior solidificó más lentamente.

El nombre del químico alemán Otto Rohm ha sido asociado con los polímeros de ésteres acrílicos por cerca de media centuria, empezando con su disertación doctoral en 1901. Los polímeros de ésteres acrílicos de los alcoholes más bajos son blandos a temperaturas ordinarias, y Rohm contempló su uso como substitutos del hule. En una patente de E.U. él solicitó vulcanizar ésteres poliacrílicos con azufre y al mismo tiempo descubrió que los ésteres acrílicos pueden ser derivados del ácido láctico. Se encontraron muchas dificultades en la polimerizaciones acrílicas, pero se lograron muchos avances con los descubrimientos de Rohm. Fué hasta 1927 cuando la firma Rohm and Haas empezó una producción de polimetil acrilato en Darmstadt, bajo el nombre comercial de Acryloid, que era sugerido para acabados superficiales y lacas, y el Plexiglas, para usarse como un vidrio de seguridad. Los trabajos de Rohm y colaboradores sobre acrilato no revelaron ningún plástico rígido u orgánico que se asejara al vidrio, de estas series de monómeros. Este problema quedó para Hill de la Imperial Chemical Industries, quien descubrió que los polímeros del éster metacrilato, especialmente los polímeros de metil metacrilato, eran rígidos, ópticamente claros, plásticos propuestos para reemplazar al vidrio en aplicaciones tales como ventanillas de aeroplanos. Rohm and Haas había polimerizado ésteres acrílicos entre placas de vidrio a las cuales se les aplicaba calor para dar placas ahuecadas claras, que se usaban internamente en los cristales de seguridad. Cuando el metil metacrilato es aplicado por esta técnica, en vez de dar

un cristal de seguridad, las dos piezas de cristal se separan después de completarse la polimerización del metil metacrilato en vaciado de la sira fué mucho más rápida que la del estireno, y las láminas formadas eran mucho mejores que las de poliestireno respecto a rigidez, claridad y estabilidad.

PREPARACION DE LOS ACRILICOS.

Las primeras resinas acrílicas comerciales fueron polímeros de metil metacrilato, introducidas por varias compañías en E.U.U., Alemania, e Inglaterra. Dependiendo de la aplicación final, la polimerización puede ser en masa, en suspensión, en solución e en emulsión. La polimerización en masa se emplea en la fabricación de láminas, barras o tubos y se le denomina "vaciado".

La polimerización en masa a partir del monómero de metil metacrilato al polímero es acompañada por un cambio de densidad desde 0.95 a 1.19. Los primeros acrílicos que salieron al comercio fueron láminas y barras vaciadas. Los polvos para moldear son hechos cortando un bloque vaciado o por polimerización en suspensión. La polimerización en solución se usa para producir resinas de bajo punto de fusión que se emplean como adhesivos y recubrimientos. La polimerización en emulsión se usa para preparar pinturas.

HISTORIA DE LOS CELULOSICOS.

A diferencia de otros plásticos sintéticos comunes, los celulóxi- ces no se producen por polimerización de un monómero, sino por la modi- ficación química de la celulosa, la cual es un polímero natural.

El desarrollo del nitrato de celulosa, el más antiguo de los plás- ticos sintéticos, data desde 1838 cuando Braconnet en Francia realizó - las primeras experiencias sobre este tema. Más tarde en 1845, Schoen- bein en Alemania, y en Inglaterra un metalúrgico nacido en Birmingham - de nombre Alexandre Parkes también experimentaron con el nitrato de ce- lulosa. Pero fue realmente el norteamericano John Wesley Hyatt a quien- se le acreditó el descubrimiento del primer plástico sintético al que - se le llamó CELULOIDE.

El nitrato de celulosa se inventó con el afán de substituir a --- otros materiales tales como el shelas, gutta-percha, yeso, marfil, etc. que eran empleados para la fabricación de bolas de billar, botones, ar- tículos para tocador, etc.. El descubrimiento se debe a John W. Hyatt, - quien encontró la combinación apropiada del nitrato de celulosa con al- canfor para lograr un plástico resistente, colorido y fácil de fabricar al cual se le dió el nombre de CELULOIDE (Piroxilina). Este fue el prin- cipio de los celulóxicos.

Las primeras aplicaciones del celuloide fueron en la fabricación de artículos de joyería. El celuloide al principio era inyectado dentro del molde por medio de un extrusor de pistón, o moldeado por compresión. - Posteriormente, con una nueva técnica de moldeo desarrollada por Hyatt, se fabricaron una gran variedad de jorquettes, sonajeros para beber, produg- tos de tocador y artículos de decoración. El celuloide substituyó al -- marfil con el cual se fabricaban las teclas de los pianos, y fue usado - hasta 1940. Substituyó al shelas en la fabricación de placas dentales -

usándose hasta que fue substituido por acrílico y otras resinas.

En 1887 Eastman Kodak Co., empleó película de nitrato de celulosa para desplazar las placas de vidrio. Actualmente aún se fabrican lentes y cajas para cámaras en plástico. Los plásticos y la fotografía han crecido juntos.

El primero que usó el nitrato de celulosa en película fue el reverendo Hannibal Goodwin. Sus patentes registradas en 1887, fueron adquiridas por Anaco y vendidas más tarde a la Eastman Kodak Company.

El acetato de celulosa fue descubierto en Europa en 1844. A. Eichengrün y T. Becker despertaron interés sobre el tema con sus patentes alemanas de 1903. Un químico americano, W.W. Miles, desarrolló en 1905 fibras de acetato de celulosa por un proceso nuevo. George Eastman --- quien en 1889 había introducido película de nitrocelulosa, introdujo en 1908 películas de seguridad de acetato de celulosa.

Los hermanos suizos, Henry y Camille Dreyfus, fueron quienes iniciaron la producción comercial de películas y lentes de acetato de celulosa en 1910, asimismo, fue empleado en la construcción de aeroplanos y constituyeron además la British Celanese Limited. La War Industries Board le pidió a Camille Dreyfus que arrancara una planta americana, la American Celanese y Chemical Co., la que más tarde llegó a ser la Celanese Corporation of America en 1927. Esta planta, para acetato de celulosa fue terminada y puesta en funcionamiento en 1925 produciendo fibra y estambres de acetato de celulosa.

En 1925 el laboratorio de la Eastman Kodak Co. se concentró a trabajar con el único objetivo de substituir el nitrato de celulosa por acetato en todas sus películas.

En 1915, la Merchants Manufacturing Co. se convierte en el fabricante de celuloide más grande. Fue comprada por E.I. du Pont de Nemours

and Company (Du Pont) y fue cuando estos últimos hicieron entrada a --
las plásticos.

La Fibeloid Company, que en 1894 empezó a fabricar collares y pu__
das fue comprada por Monsanto empezando estas en el terreno de los plás__
ticos. Otras compañías que hicieron su aparición en la industria del --
plástico, via celuloide, fueron Celanese Plastics Co., Foster Grant Co.
Hercules Powder Co., y Nixon Nitration Works.

En 1936 se empezó a fabricar etil celulosa, en 1937 propionato de--
celulosa, y en 1938 butirato. Hercules empieza en 1939 la producción de
acetato de celulosa y etil celulosa para el moldeo de artículos.

Detroit Macoid empezó la fabricación de acetato para extrusión que
se usaba en muebles y automóviles.

En 1938, Pearson Seal Co., trabajando con General Electric Co., in__
trodujo un tacón de acetato de celulosa que podía ser clavado. Este ta__
cón fue substituido en los años 50 por poliestireno de alto impacto.

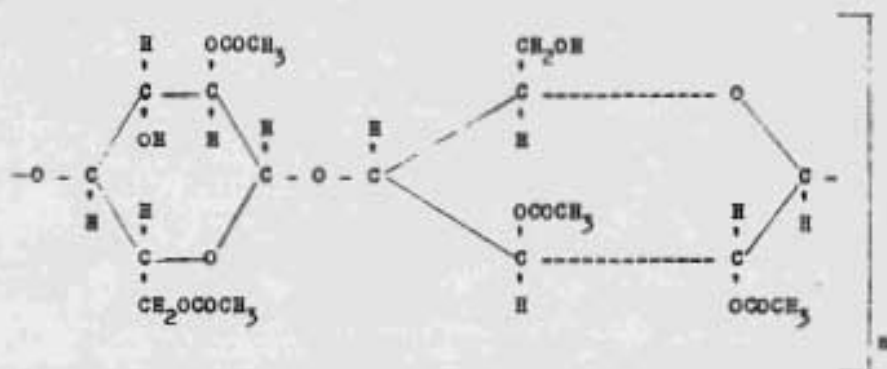
Como cualquier alcohol, la celulosa forma ésteres. Los ésteres --
plásticos de la celulosa orgánicos son: Triacetato, Butirato, Acetato, --
y Propionato. El triacetato se considera por separado ya que no es real__
mente un termoplástico.

Acetato de celulosa.

Los ésteres de acetato de celulosa se producen por la reacción --
química de la celulosa con ácido y anhídrido acético, en presencia de --
ácido sulfúrico como catalizador. Si se desea obtener triacetato, este--
se precipitado con ácido acético diluido. Si se desea un acetato secun__
dario, el triacetato es hidrolizado parcialmente por adición de agua an__
tes de la precipitación. El acetato es centrifugado y secado. El triac__
tato se caracteriza por tener un elevado punto de ablandamiento por lo--

cual no se puede extraer al moldear.

La estructura molecular desarrollada del acetato de celulosa es la siguiente.



ACETATO DE CELELOSA.

El acetato fue el primer celulósico apropiado para moldear. Los primeros artículos que se moldearon fueron unos peines. Este celulósico -- viene en colores translúcidos y transparentes y colores con efectos especiales. Las composiciones para moldear están hechas de hojuelas de acetato con plastificante, pigmento y tinte. Los plastificantes normalmente son ésteres orgánicos, líquidos de elevado punto de ebullición y baja presión de vapor, agregados en una proporción que va de 10 a 70 partes por 100 partes de acetato. Es compatible, a diferencia del nitrato con una gran variedad de plastificantes tales como el dietil y dimetil-seftalatos, tricresol, crecil y difenil fosfatos.

El acetato tiene una dureza y una resistencia al impacto sobresalientes. Posee buena resistencia a la decoloración o deterioración al ser expuestos directamente a la luz solar.

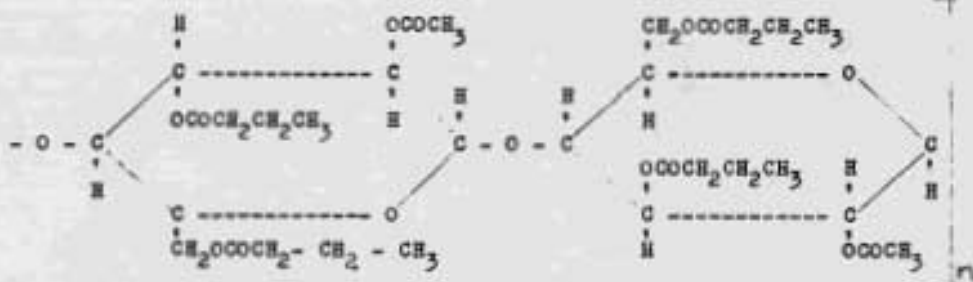
Las propiedades del acetato dependen del plastificante, aditivos y la cantidad de grupos acetílicos, o contenido acetílico. Un acetato con

un contenido relativamente elevado de acético (39 % a 41 %), por ejemplo, posee resistencia a la humedad y resistencia al interperme en un grado muy elevado. Por otra parte, los artículos moldeados con acetato, con cantidades pequeñas de plastificante, pueden ser expuestos al agua hirviendo por periodos de tiempos cortos sin que sufra ninguna distorsión ni decoloración.

Acetato butirato de Celulosa.

Este es un éster producido por el tratamiento de las fibras celulósicas con ácido butírico y anhídrido butírico, así como ácido acético y anhídrido acético en presencia de ácido sulfúrico. Los grados comerciales de este plástico varían en su contenido de grupos butíricos y acéticos. De un 34 % a 39 % de los primeros y de un 13 % a 15 % de los segundos. Este celulósico posee una superficie lustrosa y arradable al tacto. Se caracteriza por su combinación de propiedades como tenacidad, transparencia y resistencia a la interperme. Los plastificantes que se emplean en el butirato son los de mayor peso molecular, o sea de mayor punto de ebullición, lo cual contribuye en la gran estabilidad dimensional que posee este plástico. El butirato es considerado como el más fuerte y resistente de los celulósicos.

El butirato es compatible con una mayor cantidad de plastificantes que el acetato. La estructura molecular de butirato es la siguiente:



ACETATO BUTIRATO DE CELULOSA.

Según pruebas realizadas, el butirato puede resistir una exposición a la interperie aproximadamente como de 5 años sin sufrir daño. Esta es una formulación especial.

El butirato de celulosa no es compatible con los demás celulósicos con excepción de ciertas formulaciones de propionato.

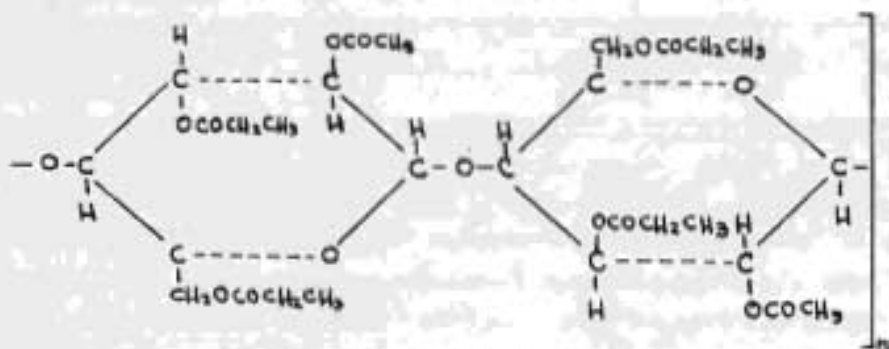
Propionato de Celulosa.

El propionato acetato de celulosa es producido por el tratamiento de las fibras de celulosa con ácido propiónico y anhídrido y ácido acético, en presencia de ácido sulfúrico. Los grados comerciales para moldeo y extrusión tienen un porcentaje del 39 % al 47 % de grupos propiónicos y de un 2.5 % a 9 % de grupos acetilicos. Se caracteriza por requerir menos de la mitad de plastificante del requerido para fabricar el acetato de celulosa de una resistencia a la flexión comparable.

Es compatible con una cantidad considerablemente grande de plastificantes. Se adapta mejor al moldeo por inyección y a la extrusión. Posee excelentes características de flujo, lo cual lo hace moldeable a una temperatura de 80° F.. Es un éster inusualmente estable; no emite olor a ácido propionico al ser moldeado ni en la pieza terminada. Su --

retención del plastificante es excelente. Tiene mejor resistencia a la interperie que el acetato, y es compatible con el butirato de celulosa, pero no con el acetato.

La estructura molecular del propionato es la siguiente:



Acetato Propionato de Celulosa

Nitrato de Celulosa.

Se produce por medio del tratamiento de la celulosa seca y una mezcla de ácidos nítrico y sulfúrico. Los nitratos de celulosa con un contenido del 11 % de nitrógeno se usan para la fabricación de hojas; con un 12 % de nitrógeno se emplean para fabricar lacas. La esterificación completa para producir trinitrato de celulosa, no se hace comercialmente. No puede ser inyectado debido a su elevada sensibilidad al calor. El moldeo por compresión de este debe efectuarse con un estricto control de temperatura.

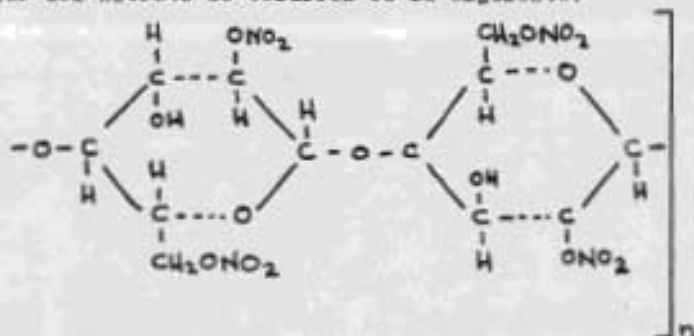
A diferencia del nitrato de celulosa, los demás celulósicos no presentan un gran riesgo al fuego.

El plástico comercial es el dinitrato de celulosa, y el alcanfor es el plastificante por excelencia para producirlo. Debido a su naturaleza inflamable, el nitrato de celulosa se produce en lotes pequeños.

de 25 Kg. o menos.

La esterificación completa proporciona un contenido de nitrógeno - final de 14.16 %. El nitrato empleado en explosivos contiene aproximadamente un 13 % de nitrógeno.

El nitrato de celulosa es el más tenaz de todos los termoplásticos. Esta cualidad junto con su fácil fabricación con las ventajas principales de este material, además de su excelente estabilidad dimensional y fácil maquinación. Su principal desventaja es su elevada inflamabilidad, por lo cual se emplean plastificantes que contengan cloro y fosfato y actúan estos como retardantes de la flama, pero esto reduce la resistencia del producto terminado. Otras de las desventajas son la tendencia a decolorarse y volverse quebradizo ante la luz solar. La estructura molecular del nitrato de celulosa es la siguiente:



NITRATO DE CELULOZA.

FLUOROPLASTICOS.

Los fluoroplásticos son polímeros de hidrocarburos parafínicos en los cuales todos los átomos de hidrógeno, o parte de ellos, han sido substituidos por átomos de fluor. Otro halógeno, cloro por ejemplo pueden también formar parte de la estructura.

Por orden decreciente del número de átomos de fluor y el aumento de procesabilidad, los fluoroplásticos son los siguientes: Politetrafluoroetileno (Teflón); Etilen-Propilen-Fluorados; los Clorotrifluoroetilenos; y Fluoruro de polivinilideno.

Muchas de las propiedades de los fluoroplásticos pueden explicarse en función de sus estructuras: los átomos de carbono forman una cadena recta que está entera y simétricamente rodeada por átomos de fluor, unidos al carbono fuertemente.

Estas cadenas son difíciles de romper por la acción química o calórica. El polímero tiene un elevado peso molecular; consiste de bloques de largas moléculas, habiendo un número de estas que va desde 10 000 hasta 100 000. Las fuerzas intermoleculares son bajas en comparación con la fuerte resistencia intramolecular.

POLITETRAFLUOROSTILENO (TEFLON) ETILEN PROPILEN FLUORADOS.

De la familia de los fluoroplásticos, estos dos son los únicos que están formados únicamente por fluor y carbono.

La compañía Du Pont reportó el descubrimiento del teflón como un "accidente de una sólida investigación".

Los primeros estudios de la química del fluor condujeron a los refrigerantes de freon. El Dr Roy Plunkett fue asignado para producir otro tipo de freon, usando como intermediario el tetrafluoroetileno. El descubrimiento del teflón fue hecho en 1938 con una producción piloto

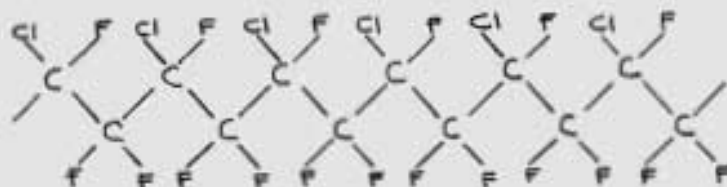
siendo comercializado hasta 1942. Fue el primer fluoreplástico descubierta, y el primer termoplástico orgánico verdaderamente resistente a las temperaturas elevadas.

Los monómeros a partir de los cuales se producen el teflón y el etilen propilen fluorados, son gases incoloros de bajo punto de ebullición y se fabrican por la pirólisis del cloro difluorometano (freon 22)

Los monómeros son polimerizados bajo presión para producir los polímeros respectivos:



POLITETRAFLUOROETILENO.



POLIMONOCLOROT trifluoroetileno.

El fluor es un elemento extremadamente activo, pero una vez que reacciona tiende a formar compuestos de gran estabilidad. Entre los compuestos orgánicos, ya sea naturales o los hechos por el hombre, el enlace carbono-fluor, es uno de los más fuertes. El resultado de este enlace, unido a la configuración de la cadena, son las características de estabilidad térmica y la inercia química del polímero.

El polímero de tetrafluoroetileno es un homopolímero; es decir, no lo contiene unidades de monómero de TFE. El Fluoroetileno-propileno, cuando como polímero, lleva fracciones de unidades monoméricas de hexa-

fluoropropileno insertados en una cadena similar a la del TFE. La relación C a F es la misma para las dos resinas, y la estabilidad térmica y eléctrica inherente del enlace C-F es casi la misma. Las principales diferencias entre estas resinas son que la densidad y el punto de fusión del FEP son menores y estas diferencias se derivan del grupo CF_3 pendiente. Comparándolo con el TFE, el cual tiene un punto de fusión bastante elevado, el FEP se considera un termoplástico normal, y puede ser manejado por los procesos típicos de flujo de masa fundida de extrusión y moldeo por inyección.

Las polimerizaciones generalmente se llevan a cabo en agua y, dependiendo de las condiciones usadas, el polímero puede ser obtenido como un sólido granular o como una dispersión acuosa.

Las resinas teflón son suministradas como varios polvos de moldeo-polvos de extrusión, y dispersiones acuosas.

Numerosos fabricantes convierten estas resinas en artículos moldeados, hojas, barras, tubos, cinta, alambre recubierto, telas recubiertas e impregnadas, etc..

Las resinas de fluorocarbono FEP fueron puestas en el mercado en 1958. Estas resinas pueden extruirse y moldearse por inyección en equipo convencional para moldear plásticos. Son particularmente apropiadas para ferrar cable y alambre, recubrimientos de poco espesor para alambre, y formas complejas de fácil fabricación. Las resinas FEP son también termosellables, y aptas para servicio continuo a $205^{\circ}C$.

GLOBOTRIFLUOROMETILANO (CTFE).

Este fluoroplástico fue desarrollado durante la segunda guerra mundial por el Dr. William Miller de Columbia University Corporation lo comercializó bajo el nombre de Kel-F a fines de 1940. Inicialmente fue --

extruido y moldeado por Plax Corporation para juntas y sellos.

El CTFE es una resina termoplástica producida en formulaciones variada de combinaciones de monómeros que contengan cloro y difieren de los otros miembros de los fluoroplásticos en que su estructura molecular contiene cloro.

Las resinas de CTFE tienen una flexibilidad inherente, resistencia a la radiación y excelente soldabilidad. Sus estructuras son tales que la cristalización es retardada durante ciclos de enfriamiento rápidos -- después de su exposición a temperaturas elevadas, tendiendo así a mantener la tenacidad, flexibilidad y claridad de la resina.

Estas resinas son normalmente suministradas en forma de homopolímeros o coplimerizadas con fluoruro de vinilideno, con el fin de mejorar su procesabilidad a temperaturas de 300°F (260°C), sin una degradación excesiva. Para aplicaciones especiales los CTFE se suministran con un 25 % de plastificante.

FLUORURO DE POLIVINILIDENO (VF₂).

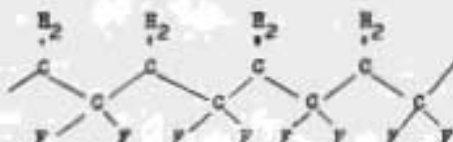
Este fluoroplástico fue descubierto y patentado por Du Pont a principios de 1940. Fue desarrollado comercialmente por Pennsalt Chemical Corporation, quien asignó esta tarea al Dr. William Barabart en 1950. Fue introducido comercialmente como Kynar (nombre comercial) en 1962.

Comercialmente es ofrecido como polvo, granos, y una dispersión -- formada de un 44 % de resina en dietilftalato y diisobutil cetona. El PVF se polimeriza a partir del fluoruro de vinilideno. En un proceso -- completamente integrado el mineral de fluor es extraído y convertido en HF, este HF es usado para la fluorinación del metil cloroformo y el producto obtenido ($\text{CH}_2\text{CF}_2\text{Cl}$) es pirolizado para producir el monómero de fluoruro de vinileno.

El fluoruro de polivinilideno posee un balance único de propiedades físicas, eléctricas y químicas que no se encuentran en cualquier otro polímero. En comparación con los demás fluoroplásticos este tiene mucho mayor resistencia mecánica, superior resistencia a la abrasión, y substancialmente reducido flujo frío (creep). Estas propiedades físico-mecánicas son conservadas en un intervalo de temperaturas de uso desde -80° a 300°F (-62° a 148.8°C).

El PVF_2 tiene también excelentes propiedades aislantes, aunque tiene una constante dieléctrica y un factor de disipación mayores que el TFE y el FEP, debido a su estructura molecular propia. Como una resina fluorocarbonada, posee un elevado grado de inercia a una gran variedad de agentes químicos. Sin embargo, debido a que todavía retiene átomos de hidrogeno en su estructura, no es químicamente inerte como los polímeros completamente fluorados.

La fórmula molecular de esta resina es la siguiente:



ETILEN TETRAFLUOROETILENO (ETFE).

Esta es una nueva resina resistente a las temperaturas elevadas. Es fácilmente procesada por los métodos convencionales de extrusión y soldes por inyección. Es un primo del TFE y es un copolímero de etileno y tetrafluoroetileno.

Con esta resina pueden fabricarse piezas con un espesor de pared de (10 mils) sin dificultad. Además pueden inyectarse piezas con pesos mayores a 5 Kg...

El ETFE se ha producido en una planta piloto por la Du Pont Co. -- desde los principios de 1970. Se empezó a producir en escala comercial a mediados de 1970.

Este es el primer fluoreplástico que puede ser reforzado, no solamente cargado, con fibra de vidrio. Debido a que la resina se enlaza -- con las fibras, aumenta la resistencia, la rigidez, la temperatura de - distorsión por calor, y la estabilidad dimensional. Las propiedades químicas y eléctricas se aproximan a las de las resinas sin reforzar, mientras que el coeficiente de fricción es más bajo. Puede ser moldeado por los métodos convencionales con ciclos de moldeo rápidos.

CLORURO DE POLIVINILO

Las resinas vinílicas fueron descubiertas por Megnault en 1838. Hauman produjo sólidos en 1872, y Ostromisenky patentó en 1912 unos productos de vinilo semejantes al hule.

La Carbide y la Carbon Chemical fueron los primeros en demostrar públicamente sus productos de vinilo en la exposición de Chicago de 1933. Estos productos fueron unos discos fonográficos.

El doctor Waldo Seaman de Goodrich logro importantes desarrollos en la plastificación del PVC para usarlo en compuestos soldados desde 1927 hasta 1933. También trabajó en los plásticos y contribuyó a su producción y uso.

Las primeras aplicaciones que se le dieron al PVC desde 1927 hasta 1933 fueron soluciones impregnantes, y como base para lacas, compuestos impermeables a la humedad para muros. Fueron también fabricados marcos para fotografías, cajas para cigarrillos, cajas para relojes, etc.. Por el año de 1931, los compuestos de vinilo se usaron, para la fabricación de discos fonográficos, siendo aun fabricados debido a su bajo nivel de ruido y su elevada resistencia mecánica.

En 1934, se empezó la fabricación de recipientes para alimentos, cosméticos y farmacéuticos. En este mismo año fueron fabricadas por primera vez hojas rígidas de PVC y se usaron comercialmente en viseras para el sol en los automóviles.

En 1936, el PVC fue usado para la encuadernación de libros, así mismo, Artur A. Doolittle y G.M. Powell de la Carbide y Carbon Chemical desarrollaron los primeros copolímeros de PVC para soluciones alcohólicas aplicándose dichas soluciones para recubrir las latas de cerveza y en muchas otras aplicaciones en grandes volúmenes.

En 1936 se usó una nueva resina vinílica (polivinil-butiral) para unir dos capas de vidrio, las cuales se usaban a su vez como cristales de seguridad en los automóviles. Esta invención corresponde a H.F. No. 2.070.000 de Union Carbide.

En año después se desarrollaron tipos elastoméricos de PVC por medio de la adición de solventes de un elevado punto de ebullición, al material rígido. Esto abrió un nuevo campo de aplicación en el aislamiento de cables y alambres, obteniéndose en algunos casos, mejores resultados que con el hule.

En 1940, John Helly y Ralph Wiley de Dow Chemical, introdujeron el cloruro de vinilideno (Saran). Este nuevo producto fue usado en forma de película, hoja, en impermeables, cortinas, cinturones, tirantes, y zapatos.

En 1946, fueron introducidas las muñecas de plástico por la Norman Dolle Incorporated.

En 1950, fueron introducidas por Searlite Co. las cajas de cartón para leche recubiertas con vinilo, y en 1952, fueron introducidos los salvavidas o botes pequeños para albercas por la United States Fibre and Plastics y por Silver Corporation.

En 1960 llegaron a ser muy populares las láminas de vinilo. A mediados de este año, las botellas de PVC abrieron mercado que no podía ser satisfecho por las poliolefinas. Las primeras aplicaciones fueron para envasar tintes para el pelo y oxígeno.

CARACTERÍSTICAS.

La popularidad del PVC se debe principalmente a cuatro factores: sus buenas propiedades físicas, su capacidad para formar compuestos, para una amplia variedad de aplicaciones; su facilidad de procesamiento; y su bajo costo en relación con otros termoplásticos.

Las propiedades comunes a todos los miembros de la familia del PVC son, excelente resistencia química y al agua, resistencia a la abrasión, fuerza, e ilimitadas posibilidades de coloración.

Los polímeros de PVC pueden dividirse en dos grupos en base al proceso de fabricación, o polimerización: polímeros de emulsión y polímero de suspensión, estos últimos llamados también polímeros granulares.

Polimerización por Emulsión.

Por medio de este proceso se produce una dispersión coloidal de -- partículas de PVC en una fase acuosa. Estas partículas, de aproximada__ mente 0.5 micrones de diámetro pueden utilizarse directamente de la - dispersión, o latex, puede ser o no plastificada, o puede ser secada para la formación de polvo para la fabricación de plastisoles, plastigeles, u organosoles. Los procesos que emplean resinas de PVC obtenidas por es__ te proceso son los de moldeo rotacional, recubrimientos por pulveriza__ ción, etc..

Polimerización por Suspensión.

El monómero en forma de gotitas son suspendidas en agua y son cri__ tadas bajo un estricto control de temperatura y presión. La resina poli__ merizada es subsecuentemente secada, mezclada, y preparada para ser dis__ tribuida al mercado. El proceso de suspensión es empleado para fabricar resinas de PVC de uso general, con un tamaño de partícula que varía en__ tre 90 y 130 micrones. La mayor aplicación de las resinas de suspensión son a los procesos de extrusión, calandreado de película, aislamiento - de cables, tubería, y moldeo por inyección.

No existe una gran diferencia química entre los dos diferentes ti__ pos de polímeros, es decir entre los polímeros de emulsión y los granu__ lares. Hay diferencias considerables en la estructura de sus partículas

las cuales dan diferentes condiciones de procesamiento particularmente con respecto a la interacción entre el plastificante y el polímero.

Las propiedades de los productos terminados no son muy afectadas por las diferentes técnicas de fabricación entre los polímeros. Solo -- hay una importante excepción: los polímeros de suspensión deberían ser usados siempre donde las propiedades eléctricas son de importancia.

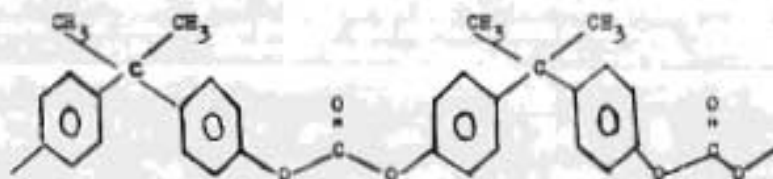
Las características de procesamiento son influenciadas por el peso molecular, el tamaño de partícula, y la naturaleza de un segundo componente, si se usa. Las propiedades físicas pueden ser afectadas por el peso molecular, las temperaturas de procesamiento, y la estructura química de un copolímero. Otras propiedades tales como la resistencia al agua, resistencia química, y la interacción entre polímero y sistemas estabilizadores, pueden ser afectadas por trozos de residuos químicos que fueron usados durante su fabricación. Por ejemplo: en el caso del color, los polímeros de emulsión generalmente dan compuestos más amarillos que los de suspensión. Por otra parte, los polímeros de emulsión son estabilizados más rápidamente con sistemas estabilizadores no tóxicos.

La introducción de acetato de vinilo y cloruro de vinilideno en -- los polímeros afecta a los polímeros de diferentes maneras. Una de las principales variaciones es la disminución de las temperaturas de procesamiento, de manera tal que estos materiales son ampliamente usados para la fabricación de hojas rígidas. Aumenta la solubilidad; disminuye la estabilidad térmica, al aumentar la proporción del segundo componente.

POLICARBONATO.

En Alemania, H. Schnell, siguiendo el camino del formaldehído, reportó sus resinas de policarbonato en 1956, y Mayer empezó su comercialización en 1959. En EE.UU., General Electric estuvo también trabajando en este problema y usó bisfenol A para la producción de su policarbonato. Mobay Chemical también empezó a producirlo bajo licencia de -- Farbenfabriken Bayer.

Pueden producirse diferentes tipos de policarbonatos; pero el que ha tenido más éxito comercial es un tipo basado en bisfenol A (4,4' dihidroxí difenil propano). Este policarbonato particular es un miembro de la familia poliéster, y tiene la siguiente estructura:



La compañía Bayer produce policarbonato a partir de bisfenol A y ácido carbónico.

Se piensa que el carbonato, relativamente flexible, unido a la estructura rígida del benceno, imparte muchas de las buenas propiedades que hacen al policarbonato un termoplástico de ingeniería sobresaliente. Los policarbonatos son superiores como plásticos de ingeniería; -- son rígidos, y conservan su extraordinaria estabilidad dimensional e invariables sus propiedades a través de un amplio intervalo de temperaturas; son excepcionalmente resistentes al impacto además de ser transparentes y resistentes a las quemaduras.

En la etapa de masa fundida, el policarbonato es cerrado por la-

humedad. Por lo tanto la resina debe estar esencialmente seca (menos que un 0.02 % de humedad) durante el proceso de reblandecimiento. Los granulos de pellicarbenato pueden secarse en tolvas secadoras deshumidificadoras por las que circula aire caliente a temperaturas entre 250° y 260° F.

NYLON.

El nylon fue desarrollado por el Dr. Wallace H. Carothers en 1950- en compañía del químico Julian Hill en el laboratorio de E. I. du Pont- de Nemours. Ellos produjeron una fibra sintética llamada "superpolímero". La comercialización del nylon es acreditada a Elmer R. Bolton. Fue pue- to primeramente en el mercado en 1938 y la primera aplicación comercial fue, en la fabricación de cerdas para brochas. Los filamentos para me- dias fueron anunciados en 1939 y ofrecidos comercialmente en 1940.

Teóricamente, debido a la variedad de ácidos dibásicos, diaminas y amino- ácidos que pueden producirse, son posibles un número considerable de ny- lones. Sin embargo, en la práctica, la disponibilidad y coste de los in- gredientes para la formación de los nylones y las propiedades del pro- ducto terminado son los factores que determinan que nylones son acep- tables comercialmente.

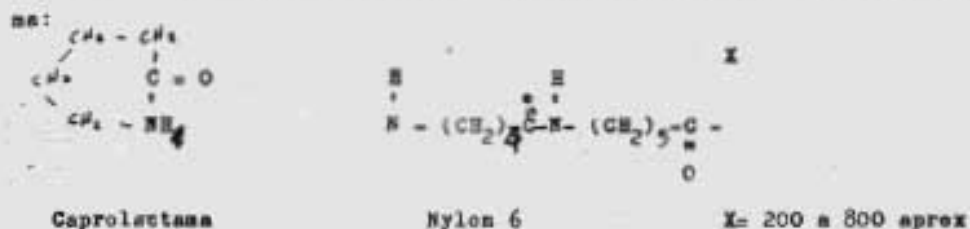
Los nylones pueden formarse por cuatro caminos:

- 1.- La polimerización de lactamas.
- 2.- Condensación de una diamina con un ácido dibásico lineal.
- 3.- Autocondensación de aminoácidos.
- 4.- Polimerización de ácidos de aceites vegetales con poliamidas.

La nomenclatura normalmente usada para los nylones de diaminas de cadenas rectas y ácidos dibásicos, enumeran el número de carbonos en la diamina, seguido por el número de carbonos en el ácido dibásico. Por lo cual, el nylon de la hexametildiamina (6 carbonos) y ácido adípico (6 car- bonos) es el nylon 6/6. Cuando el nylon se hace a partir de un aminoá- cido o su derivado, el nombre proviene de los carbonos de la unidad me- mérica, por ejemplo, la caprolactama (6 carbonos) produce poliesprolac- tama (nylon 6).

NYLON 6.

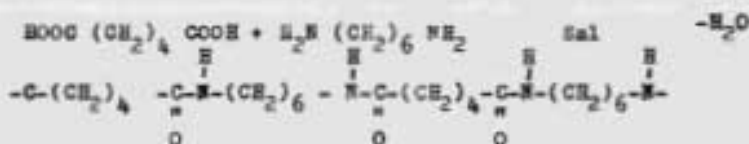
Este tipo de Nylon se forma de la polimerización de la caprolacta.



El peso del polímero es controlado por el tipo y cantidad de catalizador y finalizador usados, y del tiempo de polimerización.

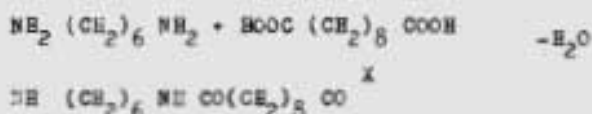
NYLON 6/6.

Es producido por la reacción de condensación de cantidades iguales de hexametileno diamina y ácido adípico:

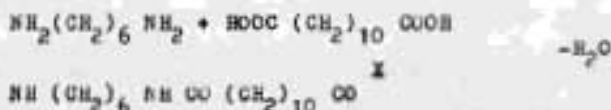


NYLON 6/10 y 6/12.

Estos dos tipos de nylones tienen propiedades físicas y mecánicas similares, y son productos de las reacciones de condensación de la hexametilendiamina y de ácidos dibásicos de 10 y 12 carbonos, ácido sebácico y ácido dodecanoico, respectivamente.



NYLON 6/10.

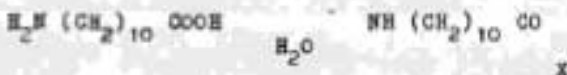


NYLON 6/12.

A medida que la longitud de la cadena de átomos de carbono aumenta disminuye la tendencia a la absorción de humedad, por eso, estos dos tipos de nylones poseen características de absorción de agua más bajas -- que los nylones 6 y 6/6.

NYLON 11.

Fue desarrollado y vendido por primera vez en Europa. Es producido por la autocondensación del ácido 11 amino undecanoico, el cual se deriva del aceite de castor.



NYLON 12.

Es polimerizado de la lauril lactama por un proceso similar al usado para la obtención del nylon 6; el anillo de la lactama es abierto -- por calor y un catalizador para formar la cadena del polímero.



El nylon 12 es el tipo que absorbe menos humedad de todos los tipos usados comercialmente.

Por medio de trabajos experimentales se ha desarrollado una molécula de 13 carbonos, pero esta resina está todavía en investigación.

Los diferentes tipos de nylones varían en su grado de resistencia, al calor, solventes, fuerza, flexibilidad y absorción de humedad etc.,-

pero en términos generales, las características comunes de todas las resinas de nylon son:

- Tenacidad en un amplio intervalo de temperaturas.
- Resistencia a la abrasión.
- Estabilidad a temperaturas elevadas.
- Resistencia a los agentes químicos y solventes.
- Ligeros en peso.

El nylon fue el primer termoplástico de ingeniería en el campo de los plásticos.

Modificaciones.

Se han desarrollado numerosas modificaciones a partir de los homopolímeros de nylon. Esto se hace con el fin de obtener resinas con puntos de fusión menores, mayor transparencia, flexibilidad y/o solubilidad y en algunos casos mayor tenacidad. Por ejemplo, el copolímero 50/50 hecho de los homopolímeros 6/6 y 6/10, es altamente transparente y fluye a temperaturas más bajas que los homopolímeros de los que fue hecho. Por otro lado, también es posible producir termopolímeros a partir de amidas logrando un elevado grado de flexibilidad junto con solubilidad en un sistema alcohol-agua.

La variación más común en la familia del nylon es el peso molecular, dependiendo este del método de procesamiento por el cual se genera el polímero. Esta modificación afecta las características de procesamiento de la resina y en menor grado las propiedades físicas de la misma. Otras propiedades, particularmente las relacionadas con la tenacidad son mejoradas al aumentar el peso molecular, aunque la viscosidad aumenta. Para el moldeo por inyección se prefieren resinas de bajo peso molecular, ganando con esto ciclos de moldeo más cortos y se sacrifica tenacidad. Por otro lado, muchas operaciones de extrusión requieren de

resinas de mucho mayor peso molecular y por lo tanto mayor viscosidad; esto permite a un tubo extruido o a una película solidificarse antes de la distorsión. Las resinas para extrusión, por lo tanto, tienen el mayor peso molecular y en algunos casos, la mayor tenacidad.

HISTORIA DEL POLIETILENO

El polietileno fué descubierto hace más de 300 años. Fué producido por la naturaleza millones de años antes que lo hiciera el hombre. La primera investigación sistemática de la aplicación de presiones elevadas al proceso de polimerización fué realizada por dos científicos de Harvard: el profesor James Bryant Conant y el profesor Percy Bridgeman en 1920. La invención del polietileno se derivó de los estudios iniciados por ICI en Inglaterra en 1931. En este programa trabajaron muchos hombres, tales como W.W. Perwin, J.C. Swallow, E.W. Fawcett, R.O. Gibson.

El éxito se logró en 1936, después de numerosas fallas. Afortunadamente una fuga en el aparato empleado en la experimentación, causó una caída de presión suficiente para permitir la polimerización del etileno y descubrir así entre de los plásticos más importantes. Du Pont y Union Carbide, entraron en la producción del polietileno en 1941 para responder a las demandas del tiempo de guerra. El doctor E. Stain contribuye al desarrollo del polietileno en la compañía Du Pont.

Karl Ziegler en Alemania, desarrolló subsecuentemente un catalizador que eliminó la necesidad de usar presiones elevadas que se empleaban anteriormente en la producción de polietileno. Concurrentemente, Al Clark, J.P. Hagen, R.L. Banks desarrollaron en Phillips Petroleum un proceso para producir polietileno de alta densidad. Un proceso alternativo fué desarrollado por la Standard Oil Co., de Indiana. El polietileno de peso molecular superelevado fué desarrollado subsecuentemente por Allied Chemical Co.

Después de la II Guerra Mundial, el polietileno proporcionó utili
dad para fabricar botellas para detergentes, empaque, aislamiento de --
cables, mangos de brochas para pintar, artículos caseros, juguetes, ar-
tículos para laboratorio, y productos industriales.

Toda esta gama de artículos fueron desarrollados con este acombro-
no material.

En 1960, el moldeo rotacional desarrolló al polietileno en aplica-
ciones en artículos de gran tamaño, que anteriormente no se podían fa-
bricar en plástico.

POLIETILENO.

Las resinas del polietileno comprenden un grupo de materiales de diferentes densidades, pesos moleculares e índices de fluidex con un rango de propiedades altamente útil. El polietileno se divide en dos grupos: baja densidad (con densidad de 0.940 g/cm^3 y menor y alta densidad) (con densidad mayor de 0.940 g/cm^3 hasta 0.965 g/cm^3).

Historicamente, el polietileno llegó a ser un producto comercial importante como un resultado de una reacción a presión elevada estudiada por la Industrias Químicas Imperial (I.C.I.) en Inglaterra durante los años 30. Este, polietileno de I.C.I. llamado de "alta presión" o "baja densidad" y mas tarde polietileno "convencional" fué producido del monómero del etileno (un gas derivado del gas natural o del cracking del aceite crudo) en una reacción a elevada presión con oxígeno como catalizador.

Unos 20 años más tarde, los trabajos de ICI fueron desarrollados por tres grupos investigadores diferentes: Phillips, Ziegler, y la Oil Standard Co. de Indiana. Estos polímeros nuevos se conocieron como "baja presión" o polietileno de alta densidad.

Actualmente el polietileno se obtiene en parte a altas presiones por el procedimiento descubierto en 1933 por Faxiott y Gibson en Inglaterra. El polietileno de alta presión resultante es blando, de tacto semejante a la cera, tiene una zona de fusión relativamente baja.

POLIPROPILENO.

El profesor Giulio Natta, fué el ganador del premio Nobel en química en 1954. En 1954 trabajando en el Politechnic Institute en Milán fué el primero en polimerizar el propileno. Su distinguido trabajo es de especial importancia porque probó el potencial para hacer cadenas poliméricas de un modelo preconcebido, creando otro suceso culminante en los plásticos. El polipropileno ofreció entonces temperaturas más elevadas que el polietileno, mejor resistencia al agrietamiento, capacitándolo para ser usado en lugares donde otras poliolefinas estuvieron limitadas.

El polipropileno junto al polietileno, poliestireno y PVC, es uno de los plásticos de mayor consumo en el mundo.

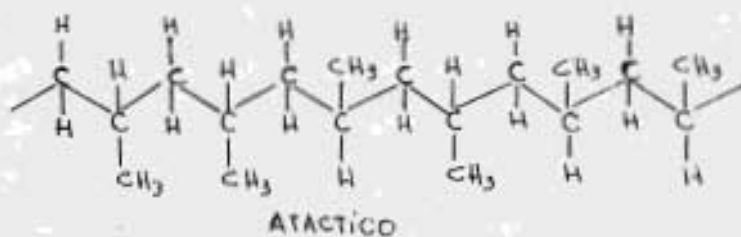
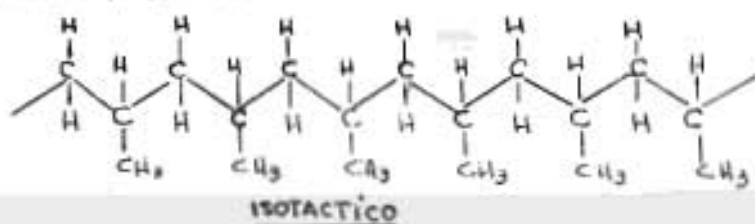
El polipropileno es el más ligero de todos los plásticos comerciales, teniendo una densidad de 0.905, presenta además una elevada resistencia a la tensión, mayor rigidez (sún a temperaturas elevadas que el polietileno de alta densidad). Es fácil de soldar presentando las piezas hechas de polipropileno, una superficie suave y resistente al ataque de muchos agentes químicos.

Esta resina es producida por catalizadores estereos selectivos, los cuales ordenan la configuración molecular de las cadenas del polímero de manera tal que el polímero resultante tiene una estructura uniformepredominantemente regular. La estructura ordenada del polipropileno facilita a las moléculas cristalizar en paquetes compactos produciendo una resina de alta resistencia, dureza y resistencia al calor.

En la fabricación del polipropileno, pueden variarse el catalizador y las condiciones de polimerización para producir dos tipos diferentes: isotáctico y atáctico.

El polímero comunmente usado es el isotáctico, el cual se caracteriza por una estructura espacial regular donde los grupos metilo de las unidades monoméricas del polipropileno ocupan la misma posición relativa en el espacio a lo largo de la cadena, la cual en el estado cristalizado, presenta una configuración como espiral. Posee además, un alto grado de cristalinidad, un punto de fusión excepcionalmente elevado, gran rigidez, dureza y resistencia al calor.

A continuación se describen las fórmulas moleculares de los dos tipos de polipropileno:



Cuando mayor es la proporción isotáctica en el polipropileno -- polimerizado, mayor es el grado de ordenación, lo que se traduce en una buena resistencia al calor (se funde a 165°C), y buenas propiedades

des mecánicas.

El polipropileno atáctico no ha sido hasta ahora usado comercialmente. Los principales grupos de materiales usados en combinación con el polipropileno comprenden a los estabilizadores, retardantes a la flama, y cargas.

ESTABILIZADORES.

La estructura del polipropileno, con hidrógenos terciarios existentes en cada monómero a lo largo de la cadena, hacen al polímero en su forma natural vulnerable al ataque degradable por el oxígeno y la luz solar. Por esta razón se han desarrollado los estabilizadores para el polipropileno con el fin de que conserve el balance de sus buenas propiedades mecánicas a un bajo costo.

Los antioxidantes fenólicos tienen como función reaccionar con los radicales peroxi del polímero para formar radicales más estables, y de esta manera parar el ataque oxidante a la cadena.

Para la protección del polímero contra la acción del medio ambiente se le adhieren absorbedores de luz U.V.. Estos absorbedores son incoloros y transforman la radiación U.V. en luz inofensiva de longitud de onda mayor. Los editivos comunes de este tipo son los benzofenones, benzotriazoles, salicilatos, y feniltricianas.

RETARDANTES A LA FLAMA.

La mayor aplicación de polipropileno retardante a la flama esta en el moldeado de componentes eléctricos. El polipropileno ha sido hecho en formulaciones retardantes a la flama por la adición de compuestos orgánicos de antimonio o de cloro.

CARGAS.

Varlos aditivos inorgánicos, incluyendo asbestos y fibra de vidrio, se incorporan al polipropileno, especialmente a las resinas empleadas en el soldo por inyección, con el fin de alterar el balance de las propiedades mecánicas, tales como la rigidez, resistencia al impacto, resistencia a la tensión, etc.

Ningún termoplástico posee la combinación de bajo precio, inercia química, baja densidad y buenas propiedades mecánicas que le permitan ser usado en un gran número de diversas aplicaciones, que el polipropileno.

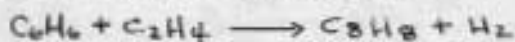
POLIESTIRENO Y COPOLIMEROS (ESTIRENO - METACRILATO , ESTIRENO -
ACRILONITRILO)

En 1839 E. Simon publicó en *Annales* un artículo titulado "Über den flüssigen storax (styrax liquidus)" donde daba a conocer al mundo científico el producto de sus estudios al destilar resinas naturales: "el aceite volátil, para el cual propuso el nombre de estírol, está compuesto de un número igual de átomos de carbono e hidrógeno como lo muestran muchos análisis, y es, en consecuencia un isómero del benceno:" Este artículo es el primero que hace mención del estireno denominándosele con un nombre propio.

Otros investigadores ya habían realizado experiencias semejantes a las de Simon, en 1831 Bonastre, y en 1786 William Nicholson.

La materia prima a partir de la cual estos primeros investigadores lograron aislar e identificar al estireno, era un bálsamo proveniente de incisiones en los árboles *Liquanbar orientalis*, originarios del Asia Menor.

En 1866, M. Berthelot logró sintetizar por primera vez el estireno haciendo pasar una mezcla de benceno y etileno a través de un tubo al rojo vivo para efectuar la reacción:



En 1925 Kaugatu' Chemical Co. había iniciado la producción industrial de estireno, debiendo suspenderla mas tarde debido a las grandes dificultades técnicas encontradas.

En 1929, en Alemania la I.G. Farbenindustrie, encabezada por el doctor Wulff, empezó a producir el monómero de estireno a partir de carbón como materia prima, aplicándolo en la fabricación de Buna-S, el cual a su vez se emplea para la fabricación de neumáticos.

Durante la Segunda Guerra Mundial, la súbita demanda de un sustituto del hule natural para la fabricación de neumáticos de vehículos militares favoreció el desarrollo de tecnologías más eficientes en la producción de estireno, el cual, copolimerizado con butadieno, daba origen a un hule sintético de excelentes propiedades.

El poliestireno fué puesto al mercado por primera vez en EE.UU. en 1936 por Naugatuck Chemical Co. bajo el nombre comercial de viton. En esa misma época, Alemania exportaba estireno bajo los nombres comerciales de Tralitul y Neoglex.

Las boquillas para instrumentos musicales de la Arnold Brilhart fabricadas de poliestireno en 1940, y las armónicas Finn Magnus en 1944, fueron productos de mucha importancia comercial.

El poliestireno de alto impacto se abrió camino comercial en 1946 desplazando a los gabinetes de radio que se venían fabricando de terciopelo. En 1960, se empezaron a fabricar marcos para fotografías que antiguamente se fabricaban de shalac moldeado.

En 1948 fueron desarrollados los monofilamentos de poliestireno. En 1949, se desarrollaron formulaciones estabilizadas contra la luz, y en Suiza, fueron desarrolladas variedades de poliestireno resistente al calor, por Munson.

En 1968, la Plastic Industries Incorporated ofrece una silla hecha totalmente de poliestireno de alto impacto.

En 1968, la Plastic Industries Incorporated ofrece una silla hecha totalmente de poliestireno de alto impacto.

En los años 60, el desarrollo de máquinas para la inyección de espumas de poliestireno, amplió grandemente su uso en muebles y componentes estructurales.

DESCUBRIDORES

ABS. U.S. Rubber Company, 1948.

ACETATO DE CELULOSA. P. Schutzenberger, 1865.

NITRATO DE CELULOSA J.W. Hyatt, 1838.

CLORURO DE POLIVINILO H.V. Regnault, 1835.

TETRAFLUORETILENO (TEFLON) Dr. Roy Plunkett, 1938.

CLOROTRIFLUORETILENO Dr. William Miler, 1940.

FLUORURO DE POLIVINILIDENO Dr. William Barnhart, 1950.

ACRILICO (POLIMETILMETACRILATO) Kahlbaum, 1880.

POLIETILENO (BAJA DENSIDAD) E.W. Fawcett, R.O. Gibson, 1931.

" (ALTA DENSIDAD) Ziegler, 1953.

POLIPROPILENO Giulio Natta, 1954.

NYLON Dr. Wallace, H. Carothers, 1950.

POLIESTIRENO Simon, 1839.

POLIACETALES A. Butlerev, 1859.

POLICARBONATOS A. Einhorn, 1898.

CAPITULO II
PRINCIPALES TECNICAS DE OBTENCION

ABS

Las resinas de acrilonitrilo-butadieno-estireno son sistemas de dos fases consistentes en la inclusión de hule en una matriz continua. Esta matriz es un copolímero estireno-acrilonitrilo (SAN) y el hule es un copolímero estireno-butadieno (SBR) o bien un copolímero acrilonitrilo-butadieno (Buna N).

Un verdadero terpolímero de ABS por inserción implica sujetar una mezcla de estireno-acrilonitrilo a condiciones de polimerización en presencia de un hidrocarburo huleo, tipo butadieno, previamente polimerizado.

Las técnicas de inserción usadas por los diferentes fabricantes pueden clasificarse en tres grandes categorías:

1.- Inserción en Látex

Este método implica la necesidad de escoger entre dos alternativas extremas:

a).- Los monómeros de estireno y acrilonitrilo polimerizan en presencia de un polímero de butadieno y se insertan en él, encontrándose este último en forma de grumos en una suspensión acuosa.

b).- Los grumos de copolímero SAN son insertados en el copolímero de butadieno mediante una íntima mezcla de los dos látices.

2.- Inserción en BAN

Este método consiste en la inserción de cadenas de estireno-acrilonitrilo en un tronco de copolímeros butadieno-acrilonitrilo (BAN). Los hules BAN del tipo comercial se caracterizan por su bajo contenido de acrilonitrilo (15 a 30 %), en comparación con los hules nitrilos convencionales del tipo Buna N, con un contenido de acrilonitrilo del 30 al 45 %.

Los hules SAN son granulados, dispersándoseles en una mezcla de monómeros de estireno y acrilonitrilo, la cual a su vez se somete a polimerización por inserción a una temperatura de 90°C.

3.- Mezclas de Polímeros por inserción

Este método es una combinación en dos etapas de polimerización por inserción y mezcla de látices. Primeramente se inserta un polímero de acrilonitrilo-estireno en un compuesto de butadieno previamente polimerizado. Posteriormente el látex de este polímero se mezcla mecánicamente con látices que contienen grases de SAN y estireno-butadieno.

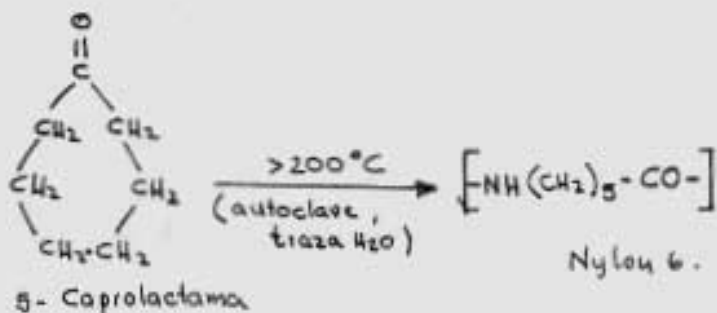
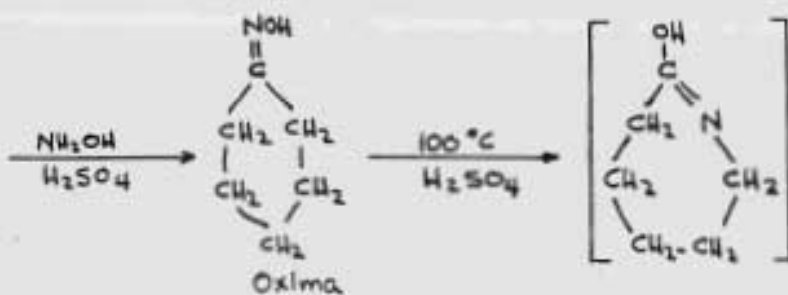
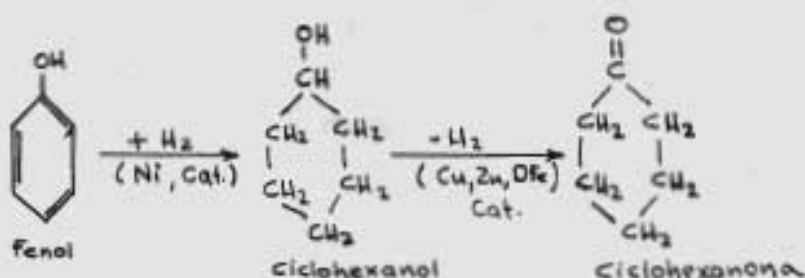
El siguiente diagrama ilustra los dos tipos básicos de ABS que han sido desarrollados comercialmente: Las mezclas mecánicas y los polímeros por inserción.



OLIAMIDAS

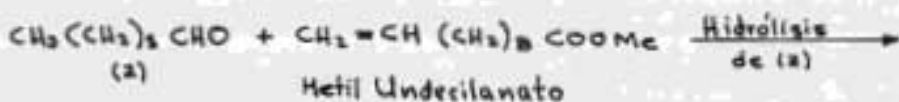
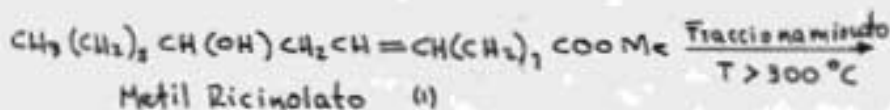
Nylon 6.

El fenol es hidrogenado a ciclohexanol y este es deshidrogenado a ciclohexanona la cual es convertida a su oxima. El rearrreglo de Beckmann de oxima da 5-caprolactama la cual es convertida en un polimero lineal por calentamiento bajo presión.



NYLON 11

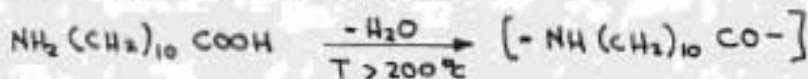
En la obtención de esta resina, el aceite de castor por metanolisis produce metil ricinolato el cual se fracciona térmicamente en n-heptaldehído y metil undecilenato, los cuales se separan por destilación fraccionada y el ester se hidroliza para producir ácido undecilénico el cual se somete a reacción con un solvente no polar y en la presencia de aire con bromuro de hidrógeno para producir ácido 11- aminoundecanoico. Este ácido, recristalizado de agua caliente, se calienta a 200-220°C a presión atmosférica, se remueve el agua y se obtiene una masa fundida de polímero.



Ácido Undecilénico



Ácido 11-Bromoundecanoico

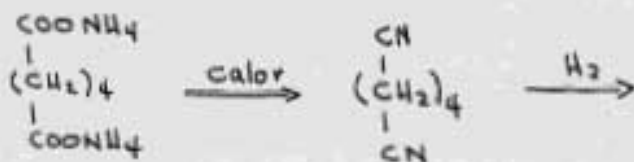
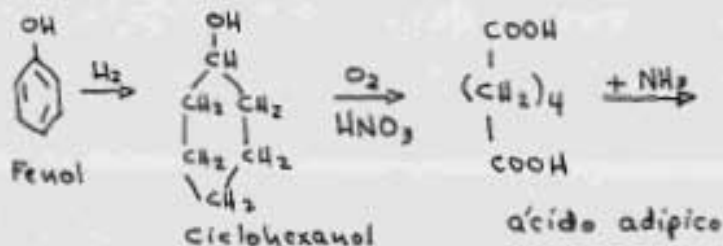


Ácido 11-aminoundecanoico

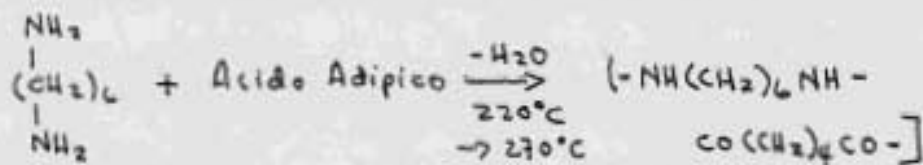
Nylon 11

NYLON 6-6

En la obtención de este nylon se parte del fenol, el cual es hidrogenado para producir el ciclohexanol mismo que se oxida para producir ácido adípico el cual es transformado en la sal de amonio. La deshidratación del adipato de amonio produce adiponitrilo el cual es hidrogenado para la obtención de la hexametilen diamina. Posteriormente, se usan cantidades equivalentes de ácido adípico y hexametilendiamina para formar una solución de adipato de hexametilendiamina el cual se calienta bajo presión reducida y en ausencia de oxígeno, obteniéndose entonces un polímero lineal.



Adipato de amonio Adiponitrilo



Hexametilendiamina.

Nylon 6/6

NYLON 6-10

La preparación de esta poliamida se asemeja a la del nylon 6-6, pero para este caso se usa ácido sebáico en lugar del ácido adípico.

POLIETILENO DE BAJA Y ALTA DENSIDAD

Poliétileno de Baja Densidad:

La polimerización del etileno gaseoso se realiza en presencia de pequeñas cantidades de oxígeno como catalizador, a una presión de 2000 atmósferas y una temperatura de 200 C en fase gaseosa.

Poliétileno de Alta Densidad:

a).- Proceso Ziegler.- El etileno gaseoso se conduce, manteniéndolo aislado del aire, a una suspensión de compuestos organometálicos que contienen trietil aluminio y tetracloruro de titanio en una fracción de bencina. Agitando y evacuando constantemente el calor producido el polietileno flocula, formando finalmente una masa que se separa y libera de los restos de catalizador que aún pueda contener. La polimerización se realiza casi a la presión atmosférica y a una temperatura de 50 a 75 C ;son incluidos también los terminadores de cadena (oxígeno, hidrógeno, acetileno) para controlar el peso molecular.

b).- Proceso Phillips.- En este proceso se usa como catalizador el óxido de cromo parcialmente reducido soportado en sílica (Si O_2) activada o alúmina y suspendido en ciclohexano. La polimerización se realiza a 400-500 Lbf/in² y a una temperatura de 100-175 C. El catalizador se separa del polímero por centrifugación. Para mejorar la resistencia al agrietamiento ambiental, el etileno se copolimeriza con un 2-5 % de buteno-1.

POLIPROPILENO

Por polimerización continua, el monómero altamente purificado se alimenta en estado líquido y a baja presión (casi la atmosférica) en un solvente inerte (nafta) en el cual está suspendido un catalizador estereoespecífico del tipo Ziegler-Natta. El catalizador es usualmente tetracloruro de titanio con trietil o dietil aluminio. Un tercer componente (co-catalizador) y un agente terminador de cadena (hidrógeno) pueden emplearse para controlar el peso molecular. La polimerización se realiza entre los 30-100 °C y a una presión de 20 lbf/in² o menor.

ACETATO DE CELULOSA

La celulosa en forma de hilos o de pulpa hinchada y deshidratada por pretratamiento con ácido acético es esterificada con anhídrido acético en presencia de ácido acético y un catalizador (H_2SO_4 Conc. ó $HClO_4$). La reacción, la cual es exotérmica y requiere de enfriamiento para restringir la degradación, produce triacetato de celulosa al cual se le adiciona una cantidad adecuada de agua para que por medio de la hidrólisis se obtenga la composición requerida.

PROPIONATO, ACETATO-BUTIRATO, ACETATO-PROPIONATO.

Estos celulósicos se preparan por el mismo método, es decir, por reacción de la celulosa pretratada y esterificada con los anhídridos apropiados.

NITRATO DE CELULOSA

El nitrato de celulosa se prepara por nitración directa de la celulosa química. Se emplea como plastificador el alcanfor.

NOTA

Como se explicó anteriormente, cuando se obtiene el acetato de celulosa el contenido acetílico es de un 43%; algunos grupos acetílicos son removidos por hidrólisis. Los grados plásticos de acetato de celulosa contienen de un 38 a 40 % de grupos acetílicos.

Los grados plásticos del acetato-butirato de celulosa contienen de un 26 a 39 % de grupos butirílicos y de un 12 a 15 % de acetílicos.

El propionato de celulosa para producción de plásticos contiene de un 39 a 47 % de grupos propionílicos y de 2 a 9% de acetílicos.

CLORURO DE POLIVINILO

El cloruro de polivinilo se obtiene a nivel industrial por medio de dos técnicas de polimerización: Suspensión y Emulsión.

a).- Polimerización en Suspensión.

Este proceso consiste en polimerizar el monómero de cloruro de vinilo mezclándolo con un agente dispersante como la gelatina o el alcohol polivinílico, un agente iniciador que puede ser el capriloil peróxido, tricloroetano para controlar el peso molecular y agua. Esta mezcla se somete a una temperatura de 50 °C y una presión de 100 Lb/in² en un reactor. La temperatura se conserva constante durante la polimerización hasta que la presión empieza a caer debido al consumo del monómero. Cuando la presión ha caído hasta 10-20 Lb/in² el exceso de monómero se deshaloja y el polímero se enfría y seca.

b).- Polimerización en Emulsión.

Debido a su baja solubilidad en agua (0.09 % a 20 °C) el cloruro de vinilo puede ser polimerizado en emulsión. La polimerización se puede realizar rápidamente en un medio libre de oxígeno usando alquil sulfonatos secundarios e sales álkalis de alquil sulfatos como emulsificadores. El uso de sistemas iniciadores "Redox" ha hecho posible una reacción rápida a temperaturas tan bajas como de 20 °C. Se emplean como iniciadores típicos el persulfato de sodio, persulfato de potasio y peróxido de hidrógeno mientras que los sulfitos y las sales ferrosas son usados como agentes reductores. Se emplean también modificadores para controlar el peso molecular de la reacción. El tiempo de reacción es de 1 a 2 horas.

Este método de polimerización se caracteriza por la obtención de un polímero en un estado finamente dividido y de peso molecular más elevado.

POLIESTIRENO

Este polímero se prepara industrialmente por tres métodos: masa, solución y suspensión. La polimerización en masa tiene la ventaja de su aparente simplicidad y da un polímero de elevada claridad y muy buenas características de aislamiento eléctrico. Sin embargo, hay severos problemas debido a la reacción exotérmica y a la amplia distribución de peso molecular del polímero obtenido. La polimerización en solución reduce la exotermia pero conduce a problemas de recuperación de solvente. El solvente puede también actuar como un agente transportador de cadena y causar una reducción del peso molecular. La polimerización por suspensión evita muchos de estos problemas pero existe alguna contaminación del polímero a causa del agua y del agente de suspensión.

a).- Polimerización en Masa.

En este proceso el estireno es prepolimerizado por calentamiento (sin iniciadores) en un recipiente de prepolimerización a 80 °C durante dos días hasta alcanzar una conversión de 33-35 % de polímero. La mezcla monómero-polímero es entonces corrida dentro de una torre como de unos 25 pies de altura. La torre está equipada con chaquetas de enfriamiento y calentamiento e internamente con serpentines de calentamiento y enfriamiento. La parte superior de la torre se mantiene a una temperatura como de 100 °C, el centro como a 150 °C y el fondo como a 180 °C. La elevada temperatura en el fondo no solamente asegura una elevada conversión sino que además por ebullición separa del polímero los residuos de estireno. La base de la torre forma la tolva de un extrusor desde el cual emerge el polímero como filamentos los cuales son enfriados, desintegrados y espaciados.

b).- Polimerización en Solución.

Utilizando este método, los problemas de transferencia de calor y el movimiento físico de las masas viscosas son reducidos, presentándose por otro lado solamente los problemas de recuperación de solvente. La polimerización se realiza mezclando el estireno y el solvente, los cuales son bombeados juntos a un primer reactor el cual está dividido en tres zonas de calentamiento. En la primera zona la solución se calienta para empezar la polimerización pero debido a la reacción exotérmica, en la segunda y tercera zona del primer reactor y en las tres zonas de un segundo se emplean serpentina de enfriamiento para desalojar el calor del sistema. Para cuando la mezcla reaccionante ha alcanzado el tercer reactor la reacción de polimerización ha empezado a retardarse por lo que la mezcla es recalentada.

Desde el tercer reactor el polímero se pasa a través de un desvolatilizador en forma de filamentos delgadas. A una temperatura de 225°C el solvente, residuo de monómero y algunos polímeros de muy bajo peso molecular, se remueven, se condensan y se recirculan.

c).- Polimerización en Suspensión.

Este método de polimerización del estireno es ampliamente usado comercialmente. En este proceso el monómero es suspendido en gotitas de un diámetro de 1/32-1/64 Pulg., en un fluido que generalmente es agua. La reacción se inicia con iniciadores solubles en el monómero tal como peróxido de benzilo.

Es necesario recubrir las gotitas con un agente de suspensión tal como el alcohol polivinílico para prevenir su adherencia. El control de la cantidad y el tipo del agente de suspensión, así como la agitación tiene un pronunciado efecto en las partículas resultantes.

El monomero que no reacciona es removido por destilación y el polimero se lava y seca.

La desventaja de este proceso es que alrededor de un 70 % del recipiente donde se polimeriza es ocupado por agua, además la necesidad de una etapa de secado la cual podría causar decoloración por degradación así como la necesidad de convertir las pequeñas esferas formadas en formas más grandes convenientes para su manejo. Además, la polimerización en suspensión no puede fácilmente ser convertida en un proceso continuo.

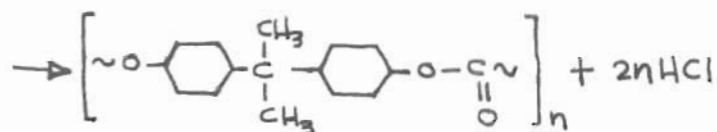
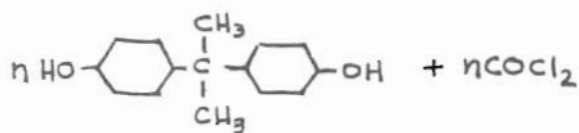
POLITETRAFLUORETILENO

Existe muy poca información en relación a la polimerización del tetrafluoretileno, describiéndose a continuación una de las técnicas usada por la compañía Du Pont; se introducen en un reactor una solución formada de 0.2 partes de persulfato de amonio, 1.5 partes de borax y 100 partes de agua; se introducen posteriormente 30 partes de monómero. El reactor se agita durante una hora a una temperatura de 80 C y se pone a enfriar después obteniéndose un 86 % de polímero.

El politetrafluoretileno es hecho comercialmente por dos procesos, uno produce un polímero llamado "granular" y el segundo produce una dispersión del polímero de tamaño de partícula mucho más fino y peso molecular más bajo. Un método para producir el último involucra el uso de una solución acuosa de peróxido ácido disuccínico al 0.1 %. La reacción se realizó a una temperatura de 90 C.

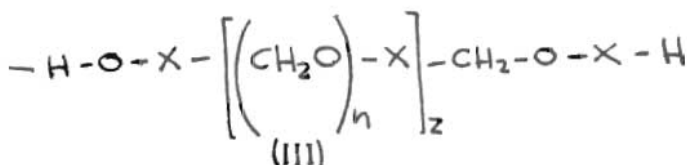
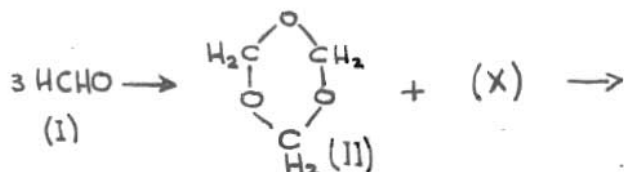
La forma de obtención del politetrafluoretileno en Alemania consiste en operaciones intermitentes en recipientes a presión. El monómero gaseoso reacciona en un medio acuoso a través de la presencia de peróxidos como iniciadores. La velocidad de reacción se controla automáticamente por la temperatura, usando un sistema de enfriamiento independiente.

2.- El segundo procedimiento, denominado fosgenación, consiste en disolver el Bisfenol A en diez veces su peso de piridina y agitado vigorosamente a una temperatura de 25-35°C, el fósgeno es entonces burbujeado dentro de la solución y en unos cuantos minutos el hidrocloreto de piridina empieza a precipitar. A medida que el polímero se forma, la viscosidad de la solución aumenta y eventualmente llega a ser muy grande por la agitación. El polímero es entonces recuperado por la adición de un solvente, tal como el alcohol metílico, el cual disuelve al hidrocloreto de piridina pero precipita el polímero.



COPOLIMERO ACETALICO

Copolimerizante trióxano (II), el trímero cíclico del formaldehído (I), con pequeñas cantidades de éteres anulares, o formales cíclicos (X) mediante un catalizador adecuado, pueden obtenerse según el siguiente esquema copolímeros acetálicos (III):



En cuanto a este tipo de enlaces de los altos polímeros, puede decirse que se caracteriza, en primer lugar, por la molécula no ramificada de polioximetileno con sus enlaces C-O repetidos, así como los enlaces C-C (X) introducidos por el comonomero, distribuidos en la cadena del polímero en forma estadística. Los grupos semiacetilizantes producidos durante la polimerización, resultan degradados, por hidrólisis alcalina, hasta la primera unidad comonomera provista de enlace C-C existente en la molécula. Gracias a ello se logra una estabilización de las macromoléculas frente a una depolimerización oxidativa y térmica.

MONOPOLIMERO ACETALICO

Para la polimerización de esta resina se parte del formaldehído al cual debe tener un alto grado de pureza. Los agentes iniciadores de la polimerización pueden ser ácidos de Lewis, aminas, fosfinas, arminas, etc.. El más común de estos iniciadores es la trifenil fosfina usada en unas 20 p.p.m. en base al medio inerte (heptano). La difenilamina se emplea como estabilizador del polímero en una concentración de 100 p.p.m..

CAPITULO III
PROPIEDADES DEL ABS.

CARACTERÍSTICAS.

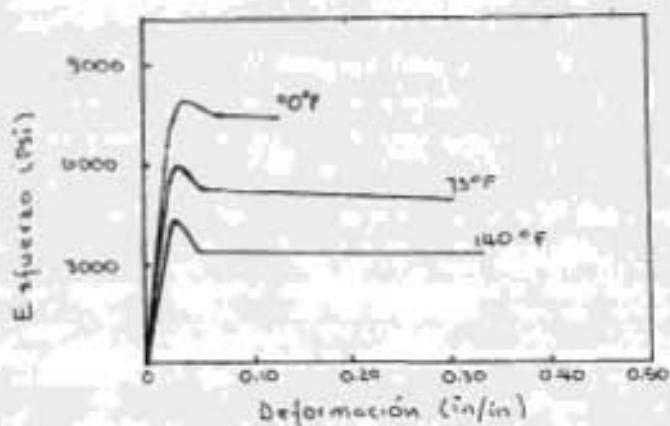
En la fabricación de un coltsero de ABS, la cantidad y tipo de butadieno usado es un factor clave ya que a mayor contenido de hule mayor resistencia al impacto pero menor resistencia a la tensión. Las propiedades del ABS son también afectadas por la relación entre el estireno y el acrilonitrilo así como el grado y la forma en el cual el estireno y el acrilonitrilo son insertados en el butadieno. Al insertar más estireno-acrilonitrilo, se obtiene un ABS más rígido.

Las palabras resistente, duro y rígido han sido usadas para describir los artículos fabricados de ABS. Los plásticos anteriores al ABS no reunían las características de rigidez y resistencia al impacto. Las resinas de ABS además de hacerlo, combinan un buen balance de otras propiedades, incluyendo, resistencia al calor, superficie sólida, estabilidad dimensional, resistencia química, buenas propiedades eléctricas y - fácil de procesar y maquinarse.

El ABS es uno de los pocos termoplásticos capaces de aceptar recubrimientos metálicos permanentes. Primeramente la pieza a metalizar es sometida a un baño acondicionador en una solución oxidante. El ácido ataca rápidamente la fase huleosa del ABS y con mayor lentitud la matriz o fase continua de SAN, de manera que al retirarse la pieza del baño se han producido bajo su superficie orificios capilares que forman verdaderas cavernas y laberintos tan pequeños que solo pueden ser observados mediante la ayuda del microscopio. Posteriormente se deposita sobre esta superficie preparada una delgada capa de plata o paladio que genera núcleos catalíticos activos sobre los cuales puede depositarse un baño electrolítico de cobre o de níquel que primero rellena la pieza a metalizar y después forma sobre ella una capa del espesor deseado.

PROPIEDADES MECANICAS DEL ABS.

Resistencia a la Tensión.- La mayor parte de las resinas de ABS presentan valores de resistencia a la tensión entre 5,000 y 7,000 PSI. En la siguiente figura se muestra una curva típica de Esfuerzo-Deformación en ABS para diferentes temperaturas:



PROPIEDADES DE ESFUERZO-DEFORMACION EN TENSION DEL LUSTRAH ABS-461

En la primera región de la curva, la deformación es directamente proporcional al esfuerzo aplicado. Si el esfuerzo aplicado cesa, el material se comporta elásticamente y recobra su longitud original. En la segunda región de la curva, después del límite elástico, el material se comporta como un fluido viscoso hasta llegar al punto de ruptura. Si el esfuerzo cesa después del límite elástico, el material sufre una deformación permanente.

La resistencia a la tensión y la rigidez del ABS aumentan al disminuir la temperatura ambiente, disminuyendo también la ductibilidad o elongación.

El ABS es capaz de sufrir grandes deformaciones locales al aplicarle un esfuerzo, originando una elevada elongación anterior a la ruptura de la pieza. Esta habilidad del material contribuye a la buena resistencia del mismo. Un plástico que tenga una elongación a la tensión elevada es más resistente que otro de un valor más bajo.

MODULO DE ELASTICIDAD.

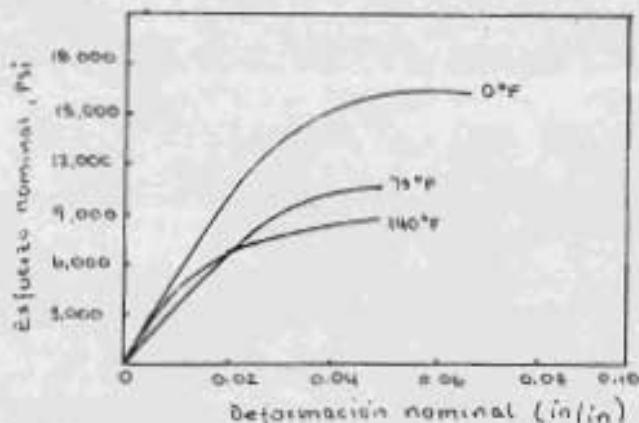
El módulo de elasticidad en tensión se determina en la región elástica de la curva esfuerzo-deformación, y los valores correspondientes para el ABS fluctúan entre 200,000 y 400,000 PSI.

RESISTENCIA A LA FLEXION.

Para un grado semiflexible de ABS, la resistencia a la flexión en el límite elástico es de aproximadamente 4 000 PSI y para grados más rígidos es como de 9 000 PSI o mayor.

El módulo de elasticidad en flexión se determina en la sección anterior al límite elástico de la curva esfuerzo-deformación.

La siguiente figura muestra una curva típica de esfuerzo-deformación en flexión para ABS.



PROPIEDADES DE ESFUERZO-DEFORMACION
EN FLEXION DEL LUSTRE ABS-461

RESISTENCIA A LA COMPRESION.

Esta propiedad es de gran importancia sobre todo en aplicaciones tales como piezas que servirán de soportes, cojinetes, y ruedas que soportan cargas.

El cambio dimensional de las resinas normales de ABS que se registra después de aplicar una carga de 2 000 PSI durante 24 horas a una temperatura de 122°F (50° C) es aproximadamente de 0.2 a 1.7 %.

El esfuerzo de compresión en el límite elástico es el esfuerzo de compresión en el primer punto observable en una prueba de compresión donde la deformación por compresión del espécimen se incrementa sin haber aumentado el esfuerzo de compresión aplicado.

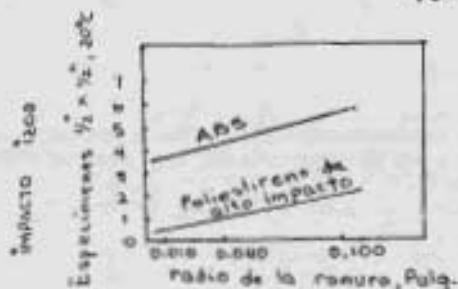
Propiedades de compresión en los diferentes tipos de ABS:

MATERIAL	ESFUERZO DE COMPRESION EN EL LIMITE ELASTICO.	DEFORMACION POR COMPRESION EN EL LIMITE ELASTICO.	MODULO DE COMPRESION SIBILIDAD
	(PSI)	(%)	(PSI)
Lustram ABS - 261	12 500	4.5	390 000
Lustram ABS - 461	10 000	4.5	320 000
Lustram ABS - 761	7 500	4.5	260 000

RESISTENCIA AL IMPACTO.

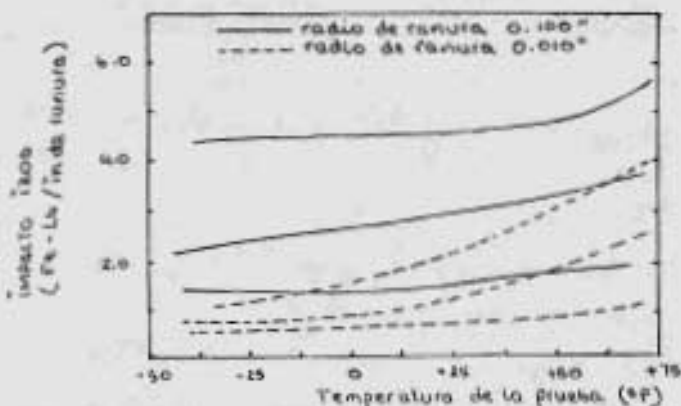
Una de las características más importantes del ABS es su capacidad para resistir choques e impactos. Independientemente del método de prueba usado, la resistencia al impacto es excepcionalmente buena, sin disminuir rápidamente a temperaturas bajas.

En la siguiente gráfica podemos ver como varía la resistencia al impacto (prueba Izod) como una función del radio de la ranura:



RESISTENCIA AL IMPACTO COMO FUNCIÓN DEL RADIO DE LA RANURA.

En la siguiente figura podemos ver la variación de la resistencia al impacto para dos radios de ranura:



RESISTENCIA AL IMPACTO 1200 DEL LUSTRAN ABS A DOS RADIOS DE RANURA

RESISTENCIA A LA FATIGA.

Esta es la propiedad del material de sufrir esfuerzos y/o deformaciones cíclicas hasta la aparición de fisuras y/o la ruptura del eje.

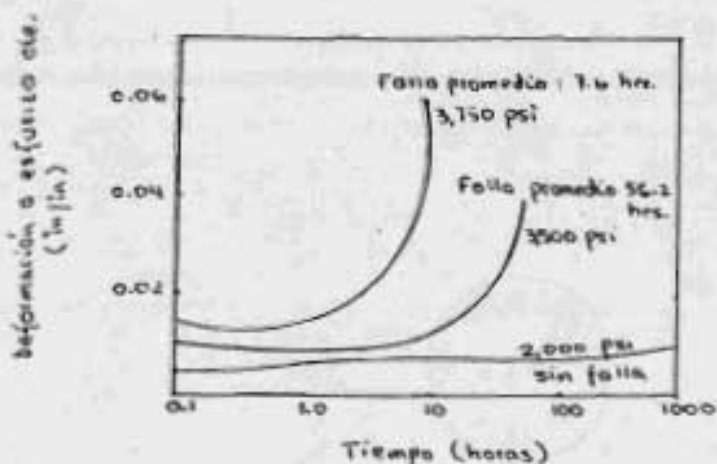
cisen. El ABS al igual que otros termoplásticos, presenta un límite de resistencia a la fatiga, es decir, un valor de esfuerzo o deformación debajo del cual el material no fallará durante un número muy grande de ciclos (superior a 10^7). La resistencia del ABS a la fatiga en un amplio intervalo de temperaturas, le ha permitido substituir a otros materiales (como la resina acetálica y nylon de uso general), en aplicaciones donde esta propiedad es crítica.

DEFORMACION A ESFUERZO CONSTANTE (Resistencia a la falla o flujo frío).

Los termoplásticos y en particular el ABS, sujetos a esfuerzos constantes durante determinado período de tiempo experimentan una deformación en función de la temperatura de prueba, la magnitud del esfuerzo aplicado y anisotropía del espécimen. La aplicación de una carga producirá una deformación instantánea seguida de otra que variará en función del tiempo. En toda curva de deformación contra tiempo a carga constante, se pueden identificar tres regiones:

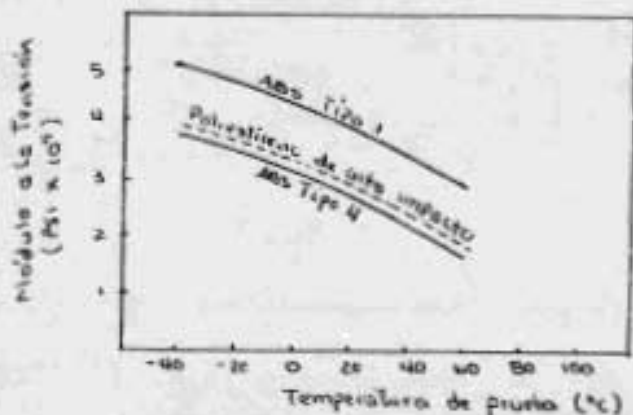
- a).- Deformación primaria: la velocidad de deformación disminuye respecto al tiempo y la muestra puede recuperar su forma original al cesar la aplicación de la carga.
- b).- Deformación secundaria: la velocidad de deformación es constante y se ha producido un alargamiento irreversible.
- c).- Deformación terciaria: la velocidad de deformación tiende a aumentar rápidamente en tanto que la fractura se vuelve inminente.

A continuación se presenta la curva de deformación a tensión constante del lustran ABS-761 a varios niveles de tensión, a una temperatura de 73 F y 50" de H.R.



Módulo de elasticidad o Módulo flexural (Rigidez).

El módulo de elasticidad es una medida de la dureza o rigidez de un material. El módulo disminuye al aumentar la temperatura. Los ABS tienen una rigidez relativamente alta.



Los termoplásticos se deforman permanentemente cuando se les aplican cargas pesadas, por lo tanto se prefiere un plástico con un módulo elevado.

ESTABILIDAD DIMENSIONAL.

Esta es una de las características del ABS y se deriva de una combinación de propiedades las cuales incluyen la resistencia al calor, baja de absorción de agua, y resistencia a la falla o flujo frío.

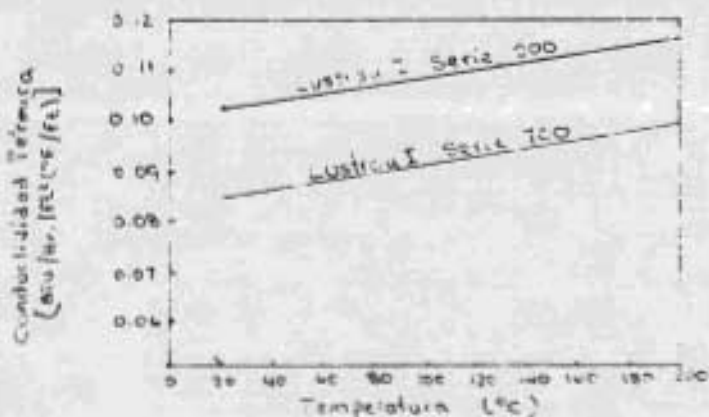


PROPIEDADES TERMICAS DEL ABS.

Las propiedades térmicas tales como la conductividad térmica, calor específico, coeficiente de expansión lineal y temperatura de deflexión bajo carga se ven afectadas por la historia de fabricación del material, la anisotropía y la presencia de cargas o rellenos.

Conductividad Térmica.-

La falta de electrones libres que hace a los plásticos buenos aislantes eléctricos, también los hace buenos aislantes térmicos. La conductividad térmica del ABS varía en función de la temperatura como se aprecia a continuación:



Conductividad Térmica vs Temperatura.

Calor Específico.-

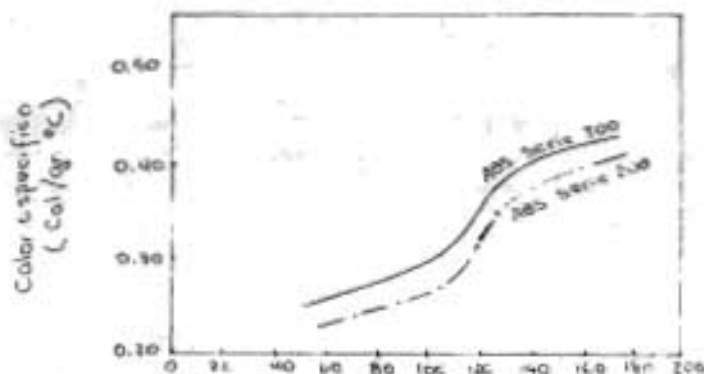
La importancia de conocer el calor específico del ABS radica básicamente en la necesidad de estimar los requerimientos de energía en los procesos de moldeo por inyección y extrusión. La siguiente figura muestra valores típicos para el ABS:

Coefficiente de Expansión Lineal.-

Esta prueba tiene por objeto conocer la expansión lineal reversible provocada térmicamente en un espécimen. La importancia de esta propiedad radica en estimar la posibilidad de que una pieza moldeada, laminada a un sustrato metálico o laminada en sus bordes, pueda desarrollar esfuerzos térmicos internos que lleguen a ocasionar fractura del material.

Temperatura de deflexión bajo carga.-

Esta es una medida de la tendencia del plástico a reblandecerse bajo la acción del calor. Dependiendo del tipo de resina y de la magnitud de la carga, la temperatura de deflexión varía entre 150-255° F (65° C - 124° C)



Calor específico del ABS.

PROPIEDADES ELECTRICAS.

Los plásticos en general y específicamente el ABS, son buenos aislantes en tanto que, a diferencia de los metales, no presentan electro-nes libres en su estructura.

Constante Dieléctrica y Factor de Disipación.-

La constante dieléctrica de un material aislante es la relación de la capacitancia de un capacitor con dicho aislante a la capacitancia -- del mismo capacitor con el aire.

Es decir, si la capacitancia original del capacitor es:

$$C_o = \frac{Q}{V_o}$$

C_o = Capacitancia original, Coulomb/volt
 Q = Carga eléctrica, coulomb
 V_o = Diferencia de Potencial, volts.

y la capacitancia con el aislante o dieléctrico es:

$$C = \frac{Q}{V}$$

C = Capacitancia con el dieléctrico.
 V = Dif. de Potencial con el dieléctrico.

la constante dieléctrica K es:

$$K = \frac{C}{C_o}$$

El factor de disipación o factor de potencia de un aislante eléctrico es la relación de la conductancia del capacitor (G) a su corriente de carga ($2\pi fc$). En consecuencia, el factor de disipación es una medida de la diferencia de fase entre la corriente total y la corriente de carga, y se expresa como la tangente del ángulo de pérdida (Δ).

$$\Delta = \text{factor de disipación} = \frac{G}{2\pi fc}$$

f = frecuencia del campo aplicado.

El factor de pérdida es el producto de la constante dieléctrica y el factor de potencia. Ambas propiedades son poco afectadas por la ---

temperatura y la humedad y sus valores permanecen casi constantes en un intervalo muy amplio de frecuencia.

Resistividad Volumétrica.

La resistividad volumétrica de un material se define como la relación del gradiente de potencial (V/t) en la dirección del flujo de corriente a la densidad de corriente (I/A)

$$P = \frac{V}{I} \frac{A}{t} = R \frac{A}{t}$$

- P - resistividad volumétrica.
- V - diferencia de potencial.
- I - intensidad de la corriente.
- A - área de los electrodos de medición.
- t - espesor promedio de la muestra.
- R - resistencia de la muestra.

En términos generales las propiedades eléctricas del ABS son poco afectadas por la temperatura y la humedad y se conservan casi constantes en un amplio intervalo de frecuencias.

La resistividad volumétrica de los diferentes tipos de ABS varía entre 1.2 a 3.7×10^6 ohm - cm.

PROPIEDADES QUÍMICAS Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DE COMPORTAMIENTO.

Las resinas de ABS son casi completamente inafectadas por agua, sales inorgánicas, álcalis y muchos ácidos. Son solubles en aldehídos, cetonas, ésteres y algunos hidrocarburos clorados. Son insolubles en la mayoría de los alcoholes e hidrocarburos solventes, aunque el contacto permanente con alguno de estos puede ocasionar un reblandecimiento.

Las resinas de ABS son muy resistentes a las manchas, debido en parte a su baja absorción de agua y a la carencia de plastificantes hidrofílicos.

Absorción de humedad.

Muestras sumergidas en agua a temperatura ambiente durante un año se vieron afectadas en sus propiedades mecánicas y su contenido de humedad fué menor del 1 %.

Resistencia al interperismo.

El ABS pigmentado de negro ofrece una excelente resistencia a la interperie. Resinas sin pigmentar y tonos claros pueden verse ligeramente afectados en apariencia y propiedades.

Resistencia al fuego y a la flama.

El ABS al quemarse sufre una combustión lenta sin desprender gotas de material fundido. Su resistencia a la flama puede mejorarse incluyendo en la formulación original compuestos de halógenos como inhibidores de la combustión.

Efecto de la temperatura.

Muchas de las resinas de ABS conservan razonablemente sus propiedades de resistir al impacto a temperaturas del orden de -40°F . por otra parte, la buena propiedad de estas resinas para ser empleadas en forma de al vacío se debe en parte a su resistencia a la tensión a temperatura de formado de 300°F o mayores.

CAPITULO IV

PROPIEDADES DE LOS POLIACETALES

PROPIEDADES MECANICAS DEL HOMOPOLIMERO ACETALICO.

Resistencia a la tensión.

El homopolimero acetálico es un termoplástico que ofrece solidez. Sus propiedades de resistencia se demuestran con claridad en los diagramas fuerza-alargamiento. El comportamiento de las piezas de esta resina a medida que aumenta la temperatura es similar al de la mayoría de los materiales industriales: el alargamiento aumenta a medida que la fuerza disminuye, de acuerdo a la siguiente figura:

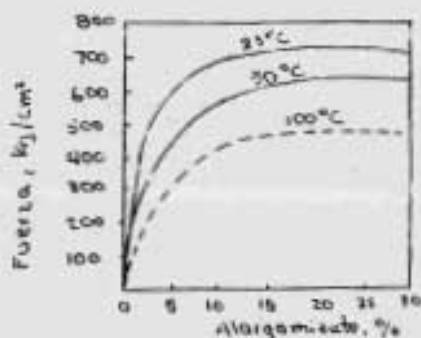


DIAGRAMA FUERZA - ALARGAMIENTO EN TENSION.

El diagrama de fuerza-alargamiento para este material en ambos, -- compresión y tensión y el módulo de flexión son los mismos para las deformaciones pequeñas:

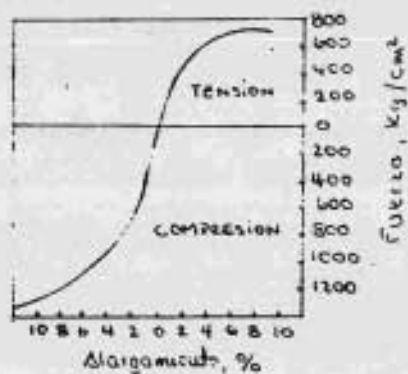
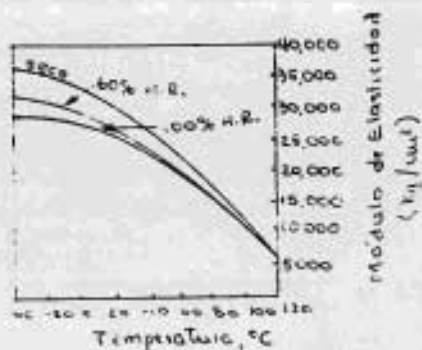


DIAGRAMA FUERZA-ALARGAMIENTO EN TENSION Y COMPRESION A 23 °C



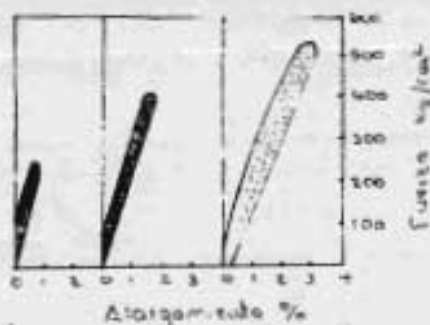
MODULO DE ELASTICIDAD EN FUNCION DE LA TEMPERATURA.

Rigidez y recuperación elástica (resiliencia).

La rigidez inherente de la resina acetálica la hace un material -- idóneo para su adopción en aquellos casos en que se requiere una resistencia de carga sin deformación del material. La humedad apenas influye en su resistencia a la tracción (menos del 10 %). Sus propiedades -- son buenas a temperaturas elevadas. Las piezas de este material tienen un alto grado de resistencia y rigidez incluso a 120°C que es una temperatura inferior en 58°C de la temperatura de la fusión del polímero -- (178° C).

La resina acetálica es rígida, sin embargo las piezas fabricadas con ella tienen una recuperación elástica muy buena, cuando desaparece la carga. La recuperación elástica es completa bajo cargas pequeñas -- (ver la siguiente figura). Bajo cargas superiores, aunque sean inferiores a la fuerza necesaria para su ruptura, ocurre alguna deformación permanente. Su propiedad de recuperación excelente hacen a la resina acetálica un material excelente para montajes por presión así como para resortes.

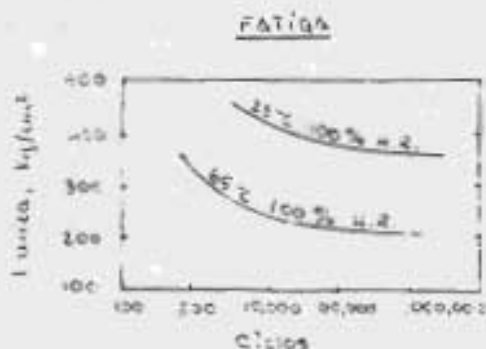
La resina acetálica es uno de los materiales termoplásticos más -- fuertes y rígidos, con valores de resistencia a la tensión de 10,000psi a la temperatura ambiente, y un módulo de elasticidad en flexión de -- 410,000 psi. La retención de estas propiedades es buena aún a temperaturas elevadas, siendo la resistencia a la tensión de 6,000 psi y el módulo de elasticidad de 180,000 psi a 200° F (93° C).



RECUPERACION DE LA RESINA ACEFALICA.
Fibras sometidas a 5 ciclos a 25%,
suprimiendo la carga a final de cada ciclo.

Resistencia al impacto y a la fatiga.

La resistencia a la fatiga de esta resina le clasifica en un lugar privilegiado entre los termoplásticos. Su capacidad para resistir en fuerzas cíclicas es sobresaliente. La aplicación repetida de estas fuerzas periódicas demuestran que este material puede resistir casi indefinidamente una carga de 350 kg/cm^2 , de acuerdo a la siguiente figura



Esta propiedad hace que la resina acetálica sea el material ideal para la construcción de engranajes, muelles y otras piezas sujetas a sufrir presión y vibración.

Su resistencia a impactos individuales o repetidos es sobresaliente. Estas resinas no tienen las marcas de impactos permanente. Las resinas que presentan la mejor resistencia al impacto son las de mayor peso molecular.

La resina acetálica no requiere de plastificantes para obtener su resistencia y por consiguiente no se resquebraja a bajas temperaturas. Su resistencia al impacto a -40°C es inferior solo en un 20% de la que tiene a temperatura ambiente. Es importante tener en cuenta la necesidad de eliminar las aristas y redondear los ángulos vivos, sustituyéndolos por filetes y radios para reforzar las piezas. Este punto se demuestra por la gran diferencia de valores LEOD entre probetas con entalladura y sin entallar.

Propiedades para engranajes.

a).- Resistencia a la fatiga.

Las propiedades mecánicas de la resina acetálica la hacen ser un material ideal para su aplicación en la fabricación de engranajes. Tiene un alto coeficiente de fatiga y, por lo tanto, puede soportar las fuerzas a gran velocidad, a que están sometidos los dientes de un engranaje. Hay en uso miles de engranajes en resina acetálica que ofrecen excelentes resultados de servicio bajo una gran variedad de factores, tales como peso, velocidades y condiciones ambientales. A su alta resistencia a la fatiga no le afectan ni la humedad ni los aceites lubricantes.

b).- Estabilidad dimensional.

La baja absorción de humedad por este material le da una excelente estabilidad. Después que el equilibrio ha sido alcanzado a la temperatura ambiente, el polímero incrementa sus dimensiones solamente en 1 mil/in yendo de una humedad relativa desde 0 a 50%, y solamente 4 mil/in cuando es totalmente sumergido en agua.

La buena estabilidad dimensional, rigidez en secciones delgadas, la posibilidad para operar con lubricación inicial o sin lubricación alguna, hace la resina acetálica un material ideal para engranajes, paracomutadores, instrumentos de medida, aparatos fotográficos y para telecomunicación y máquinas calculadoras. El elevado límite elástico de este termoplástico permite utilizarlo en los casos en que es necesario aplicar severas condiciones, tal como resistir una gran fuerza en un momento determinado.

Las aplicaciones de engranajes tienen requisitos muy variados y muchos perfiles de dentadura de engranajes han dado resultados satisfactorios de servicio. La experiencia que se obtiene un buen rendimiento con un diente de 20, puesto que este tipo de diente proporciona fuerza con poco desgaste.

Propiedades de fricción y cojinetes.

Las piezas moldeadas con la resina acetálica ofrecen una superficie dura, brillante y lisa con un tacto como granito. Su coeficiente de fricción, sin lubricación, es muy bajo comparado con el acero (0.1 - 0.3) con lubricación es todavía más bajo. Los coeficientes de fricción permanecen virtualmente los mismos sobre un amplio rango de temperaturas, cargas, y velocidades superficiales.

Con cargas y velocidades ligeras, la fricción de rodamiento sin lubricación entre dos piezas de poliacetal, es muy baja. Sin embargo, --

aumentando las cargas y la velocidad, la fricción puede aumentar rápidamente hasta producir desgaste y chirriar audiblemente. Lubricando las superficies poliacetal/poliacetal, pueden evitarse estos problemas. Cuando se requiere tener superficies de alta resistencia, una con otra en materiales plásticos, y no utilizar lubricación, se aconseja utilizar la resina de nylon y poliacetal, pues su comportamiento es superior, en este caso, al poliacetal/poliacetal.

Resistencia a la abrasión.

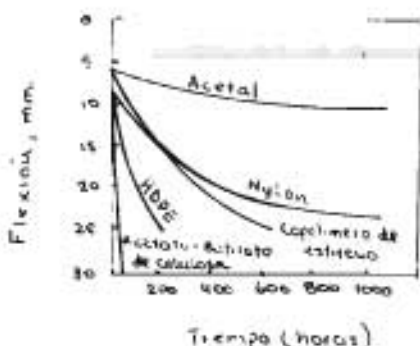
La resina acetálica posee muy buena resistencia a la abrasión, principalmente debido a su dureza y sus excelentes propiedades de fricción. La evidencia práctica del comportamiento de este material respecto a la abrasión y erosión la tenemos en su sobresaliente rendimiento en piezas sin lubricar tales como cojinetes y engranajes, cadenas de transmisión, bombas impelentes, pistones para aparatos cierra puertas y piezas para máquinas calculadoras y otras utilizadas en el comercio.

En aquellos casos en que se necesite utilizar la resina acetálica contra partes metálicas, es necesario cuidar que la superficie metálica en contacto con la poliacetálica sea lo más pulida posible. Una superficie de 32 millonésimas de pulgada parece ser la más satisfactoria.

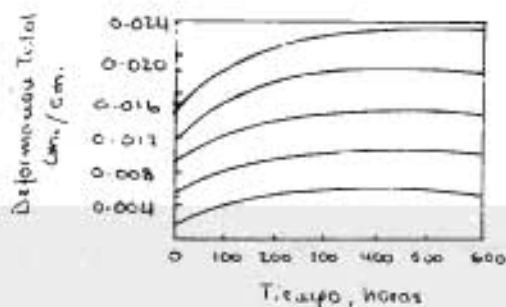
Resistencia a la deformación.

Generalmente todos los materiales plásticos que se someten a una carga continua, sufren con el tiempo una deformación. La resina acetálica, sin embargo, tiene una resistencia extraordinaria si se le compara con otros termoplásticos, especialmente a temperaturas de 65° C y superiores, ver la siguiente figura:

Comparaciones de resistencia a la deformación:



Deformación total bajo una fuerza en función del tiempo, a 71°C y 80% H.R.



Así tenemos que la resina acetálica combina su resistencia a la deformación con su resistencia mecánica, lo cual hace que este material sea el más apropiado para aquellas aplicaciones en que sea necesaria una resistencia constante, como tornillos de fijación autorroscentes o en montajes.

PROPIEDADES TÉRMICAS.

La resina acetálica ha sido utilizada durante muchos años en una variedad de artículos expuestos al aire o líquidos a temperaturas elevadas. Las pruebas de laboratorio sugieren limitar las temperaturas de servicio a 80°C para un uso continuo en el aire durante 8,800 horas y a 65°C para el mismo período de tiempo sumergido en agua dulce.

Durante servicios intermitentes en el aire (por ejemplo: bajo el cofre del motor de un automóvil), la resina acetálica puede resistir temperaturas máximas de 121°C . Incluso la temperatura de 150°C , la puede tolerar durante períodos breves, solo para casos en que este sea una posibilidad pero no cuando ocurre regularmente (por ejemplo: en hornos de curado de pinturas). Similarmente, la resina acetálica puede tolerar una exposición intermitente en agua caliente bajo temperaturas excediendo 65°C . Por ejemplo: diversas piezas de resina acetálica han sido ensalladas en autoclave, en 100 ciclos de 15 minutos de duración y vapor a 120°C sin que se haya observado una disminución sensible en su resistencia y dureza.

PROPIEDADES ELÉCTRICAS.

La resina acetálica es un excelente dieléctrico. Su factor de disipación así como su constante dieléctrica son francamente bajos en un amplio campo de frecuencias y temperaturas. El volumen de resistividad es alto y no cambia apreciablemente debido a la absorción de humedad; como consecuencia la resina acetálica tiene buenas propiedades eléctricas tales como humedad o bajo inmersión completa en agua (ver la siguiente tabla). Estas propiedades eléctricas junto con sus propiedades mecánicas excepcionales, hacen a la resina acetálica el material apropiado para aplicaciones eléctricas tales como terminales para sistemas de telecomunicación donde se requiere solidez, resistencia a la abra

sión, y buen rendimiento a temperaturas relativamente altas.

Características Eléctricas de la Resina Acetálica.

<u>PROPIEDAD.</u>	<u>ASTM.</u>	<u>VALOR.</u>
Constante dieléctrica (23°C y H.R. de 50%)	D - 150	10 ² ₄ cps = 3.74 10 ² ₄ cps = 3.71 10 ⁶ cps = 3.69
(23°C Saturación)	D - 150	10 ⁴ cps = 3.97
Factor de disipación (23°C y 50% de H.R.)	D - 150	10 ² ₄ cps = 0.0034 10 ⁴ ₄ cps = 0.0023 10 ⁶ cps = 0.0048
(23°C Saturación)	D - 150	10 ⁴ cps = 0.006
Rigidez Dieléctrica (corto tiempo)	D - 149	230 Kw/mm (esp.0.03 mm) 47.5 Kw/mm(esp.0.05 mm) 23 Kw/mm (esp.1.8 mm)
Resistividad Transversal	D - 257	6 x 10 ¹⁴ ohm-cm. a 23°C y 0.2 ⁰ hum. 2 x 10 ¹⁵ ohm-cm. a 23°C y saturación.
Resistencia Eléctrica Superficial.	D - 150	10 ¹⁶ ohms.
Resistencia al Arco	D - 495	125 segundos para perfo- rar probeta de 10' mil.

PROPIEDADES QUIMICAS.

La resina acetálica se caracteriza por una excepcional resistencia a los disolventes orgánicos. De hecho, a temperaturas inferiores a 70°C ningún disolvente corriente ataca a la resina acetálica. Esta propiedad junto con una absorción de humedad muy baja, confieren a esta resina -- una excelente resistencia, a temperatura ambiente, a los ataques que pudiera provocar las diversas sustancias alimenticias (tales como té, -- salsas de tomate, vinagre, margarina, jugo de limón y jugo de remola__cha), así como los aceites industriales y tinta de máquina de escribir.

A temperaturas más elevadas, puede sufrir una ligera decoloración, por ello se aconseja hacer ensayos preliminares.

En general, se puede decir que la utilidad de la resina acetálica en presencia de ácidos fuertes, bases o agentes oxidantes, es limitada.

A continuación se presentan dos tablas donde se expone la acción de varias sustancias sobre la resina acetálica.

Resistencia de la resina acetálica a las siguientes sustancias.-

(condiciones de ensayo: 9 meses a 60°C, salvo indicación contraria).

<u>CLASES.</u>	<u>PRODUCTO UTILIZADO EN EL ENSA IO.</u>
Hidrocarburos alifáticos	gasolina, keroseno.
Hidrocarburos aromáticos	benceno, tolueno.
Alcoholes	etanol, etanol.
Eteres	dioxano.
Esteres	acetato de etilo, cloruro de metilo.
Cetonas	acetona.
Aldehidos	butiraldehído.
Hidrocarburos halogenados	CCL ₄ "Freon".
Terpenos cíclicos	aguarrán.
Aceites grasos	aceite de lino (12 meses a 35°C)
Ácidos grasos	ácido oleico (12 meses a 35°C).
Bases orgánicas débiles	piridina, anilina
Amidas	dimetil formamida.
La mayoría de sales minera les.	NaCl a 10%, NH ₄ Cl a 40%.
Detergentes fuertes	Igepal a 50% (12 meses a 35°C)
Oxidantes débiles	Permanganato de potasio al 10%.

<u>CLASES.</u>	<u>PRODUCTO UTILIZADO EN EL ENSAYO.</u>
Acidos orgánicos débiles	acético y cítrico al 5% (12 meses a 35°C).
Agentes de blanqueo diluidos	una parte de cloro por 200 partes de solución lavadora (2 500-5 000 lavados a máquina).

Substancias que atacan a la Resina Acetálica.

<u>CLASE.</u>	<u>PRODUCTO.</u>	<u>CONDICIONES DE ENSAYO.</u>
Acidos minerales fuertes.	Nítrico 10 %	9 meses 23°C.
	Clorhídrico 10 %	3 meses 23°C.
	Fosfórico 10 %	3 meses 60°C.
	Sulfúrico 1 %	12 meses 35°C.
	Sulfúrico 30 %	6 meses 23°C.
Acidos orgánicos fuertes.	acético 20 %	3 meses 60°C.
Bases azoicas fuertes.	NH ₄ OH 10 %	3 meses 23°C.
	Butilamina	3 meses 60°C.
Fenoles	Fenol	3 meses 60°C.
Detergentes fuertes.	"Igepal" 50 %	6 meses 70°C.
Agentes de blanqueo.	Hipoclorito sódico al 5.25 %	48 horas 25°C.

Todas estas substancias producen modificaciones importantes sobre la resina acetálica en lo que concierne a la resistencia, rigidez, dimensiones, peso o aspecto.

PERMEABILIDAD.

La permeabilidad de la resina acetálica es muy baja, especialmente por lo que respecta a los hidrocarburos aromáticos y halogenados, alcoholes y ésteres. La permeabilidad a las moléculas polares, como agua, alcohol metílico, y acetona es relativamente alta. Sus características de permeabilidad de la resina acetálica la hacen un material adecuado para la fabricación de frascos y recipientes de líquidos.

RESISTENCIA A LOS AGENTES ATMOSFERICOS.

Al igual que la mayoría de los polímeros, la acetálica es afectada por la luz u.v.. Después de una prolongada exposición a una intensa radiación de luz u.v., su resistencia a la tracción y al impacto bajan -- considerablemente. La exposición menos severa e intermitente da lugar a un blanqueamiento de la superficie y si acaso, una pequeña reducción de sus propiedades mecánicas.

INFLUENCIA DEL CALOR Y LA HUMEDAD.

El coeficiente de dilatación lineal térmica para la resina acetálica es de 8.1×10^{-5} cm/cm por $^{\circ}\text{C}$, valor aproximadamente igual al de otros materiales termoplásticos y ceras de seis veces superior a la del acero. Entre su estado seco a la salida del molde y su estado de equilibrio en agua (es decir, 0.22 % de agua a 23°C y una humedad relativa de 50 %), las dimensiones lineales de una pieza de acetálica aumentan solamente de un 0.1 %.

PROPIEDADES DEL COPOLIMERO ACETÁLICO .

Propiedades mecánicas.

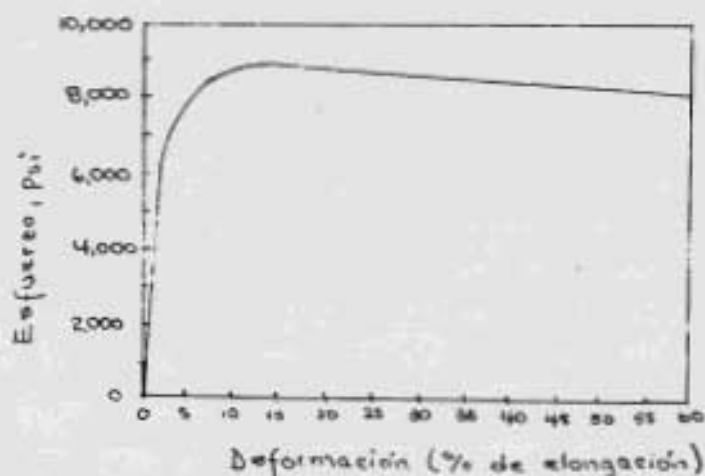
El copolímero acetálico tiene un buen balance de propiedades mecánicas tales como propiedades de tensión elevadas, rigidez y dureza.

Esta resina presenta una resistencia a la abrasión elevada. El coeficiente de fricción contra otra superficie de la misma resina es de -- 0.35. Contra el acero, bronce y aluminio, el coeficiente de fricción es aún más bajo, 0.15. El coeficiente de fricción de esta resina contra el acero es constante sobre su amplio margen de temperaturas, de 70° a 200° F (21° a 93°C).

Debe anotarse que el comportamiento de este termoplástico en períodos de tiempo largos es superior a muchos otros termoplásticos de ingeniería y que su elevada resistencia se conserva a altas temperaturas -- por períodos de tiempo largos y en diferentes condiciones ambientales.-- Esta estabilidad a largo plazo ha sido demostrada en partes para carburadores de automóviles, así como impulsores para bombas y carcavas de las mismas.

Propiedades esfuerzo - deformación.

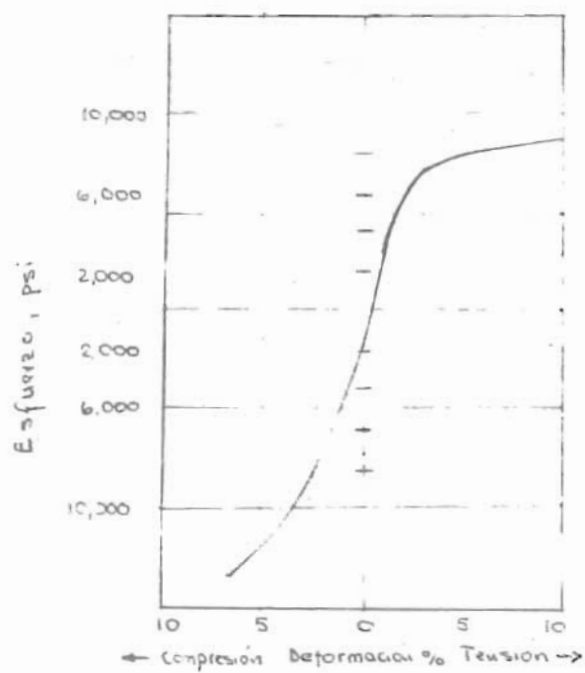
Este copolímero tiene características semejantes al metal, además de su dureza, tenacidad y rigidez, como se puede apreciar en su curva de esfuerzo-deformación: Curva esfuerzo-deformación que ilustra las propiedades semejantes al metal del copolímero acetálico. Bajo carga extrema el copolímero se tuerce o deforma antes de la ruptura verdadera.



El material se comporta elásticamente al aplicarle un esfuerzo hasta de 8,800 psi y la ruptura se presenta a las 8,000 psi, con un valor típico de elongación en la ruptura de 60 %.

Las temperaturas bajas tienen poco efecto sobre la resistencia al impacto siendo esta la misma a -40°F (-40°C) y a la temperatura ambiente.

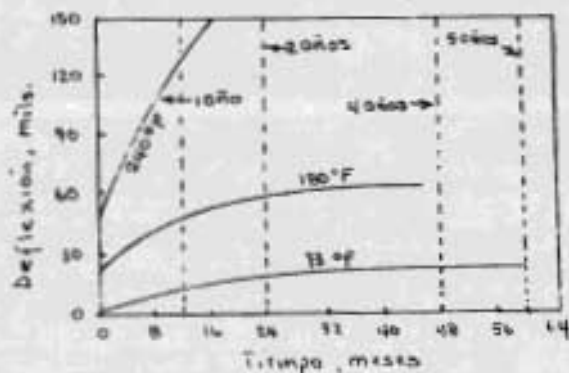
Curva combinada de esfuerzo-deformación para tensión y compresión-
 73°F . ;



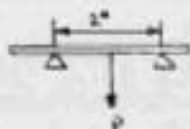
Propiedades mecánicas en esfuerzos de larga duración.-

resistencia a la deformación.

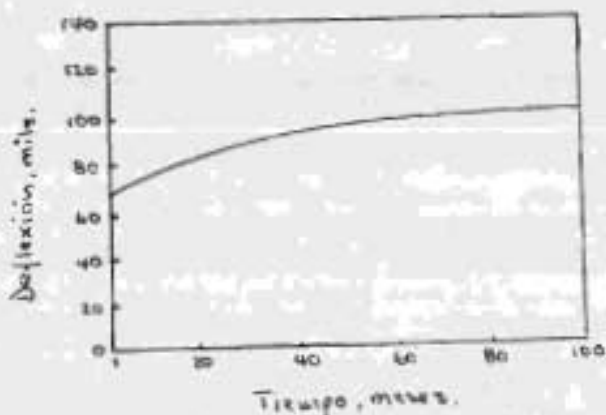
El copolímero acetálico es uno de los termoplásticos de ingeniería más resistente a la deformación, particularmente a temperaturas elevadas y cargas moderadas. Basandose en datos experimentales, se ha comprobado que este polímero puede soportar temperaturas continuas de uso en el aire de 220°F (93.3°C) y el diseñador puede predecir que bajo una carga constante de 500 psi este material no se deformará más de un 5% durante un año. Este material es también muy resistente al relajamiento como puede apreciarse en las siguientes gráficas.



Dimensiones del espécimen
 $5'' \times \frac{1}{2}'' \times \frac{1}{8}''$

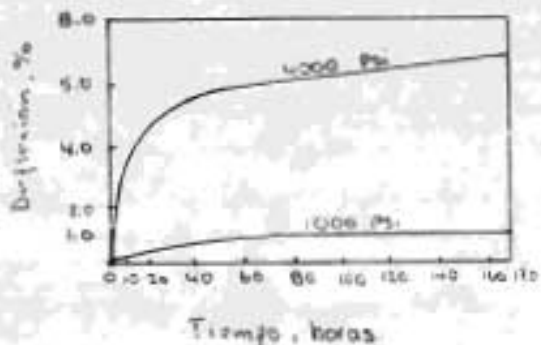


Deformación Flexural (soport. or Esfuerzo)



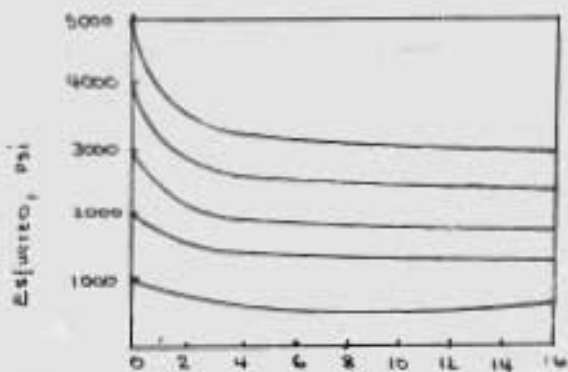
DEFORMACION FLEXURAL A 75°F, 50% U.L. y 5000 PSI. de ESFUERZO.

En lo que respecta a la deformación por compresión puede decirse - que es despreciable a temperatura ambiente. Este comportamiento puede - verse gráficamente en la siguiente figura.

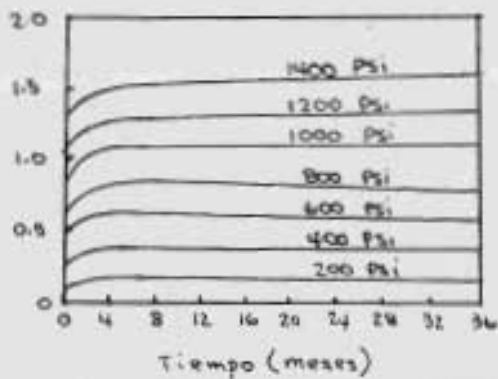


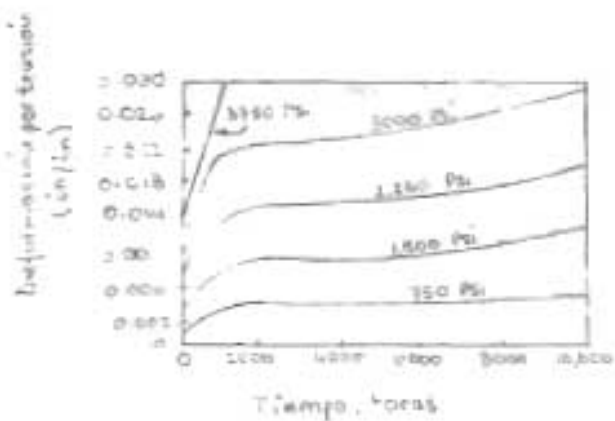
DEFORMACION EN COMPRESION A 100°F

RELAJAMIENTO EN ESFUERZO DE TENSION



DEFORMACION EN TENSION @ 140°F



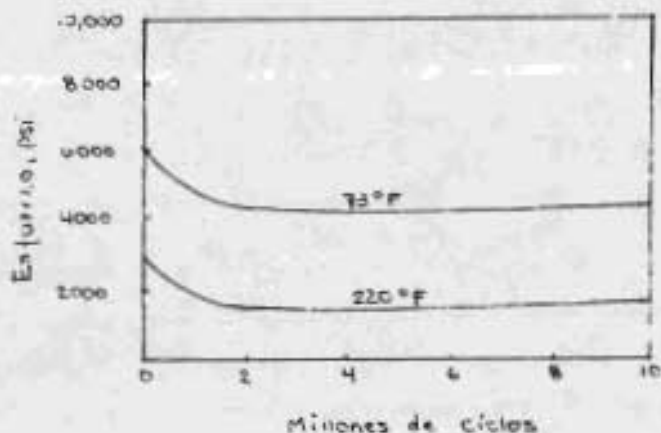


DEFORMATION EN TENSION
@ 68°F, 70% H. R.

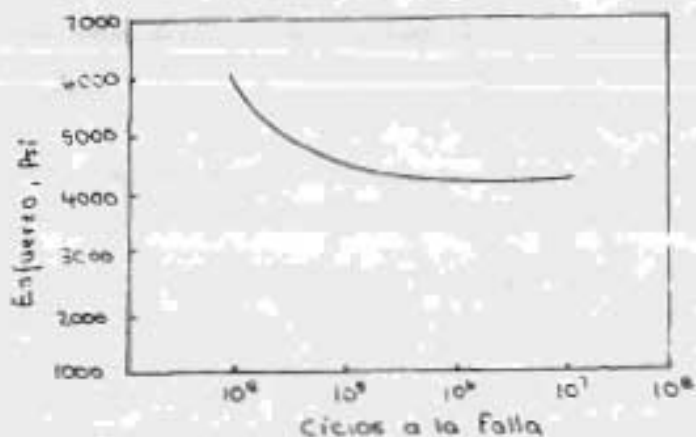
Resistencia a la fatiga.

La fatiga, producida por esfuerzos repetidos, puede ocasionar con el tiempo una falla de una parte en servicio. Es importante en el diseño de ruedas dentadas, por ejemplo, así como en partes de mecanismos recíprocos, diseñar para otorgarle a la pieza la resistencia suficiente para prevenir la falla por fatiga.

La resistencia a la fatiga del copolímero acetalico bajo la acción de esfuerzos de tensión y flexión se describe a continuación



FATIGA EN FLEXION



FATIGA EN TENSION
@ 73°F. 90% H.R. y 1800 CPM

PROPIEDADES ELECTRICAS.

Las propiedades eléctricas de este termoplástico son comparables con las de muchos otros usados en aplicaciones eléctricas: buena resistencia dieléctrica, buen factor de disipación, constante dieléctrica baja sobre un amplio rango de frecuencias y una resistividad volumétrica elevada. Lo más importante en este copolímero es que combina estas propiedades con su excepcional resistencia mecánica y resistencia al calor.

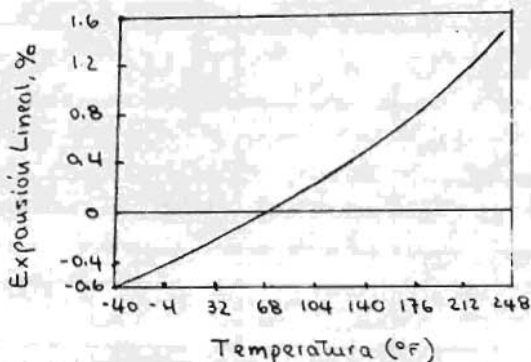
A continuación se resumen las propiedades eléctricas de este termoplástico.

PROPIEDADES ELECTRICAS (75° F. 50 % H.R.).

PROPIEDAD.	METODO ASTM.	UNIDADES.	VALORES	
			COPOLIMERO ESTANDAR	COPOLIMERO CON 2% DE FY
Constante Dieléctrica (Lamina 40 mil.) 10 ² cps. 10 ³ cps. 10 ⁴ cps. 10 ⁶ cps.	D-150		3.7 3.7 3.7 3.7	3.9 3.9 3.9 3.9
Factor de disipación (Lamina de 40 mil.) 10 ² cps. 10 ³ cps. 10 ⁴ cps. 10 ⁶ cps.	D-150		0.0010 0.0010 0.0015 0.006	0.0027 0.0025 0.0025 0.0062
Resistividad Superficial (1/8" Espesor).	D-257	ohm	1.3x10 ¹⁶	3.8x10 ¹⁵
Resistividad Volumétrica (1/8" Espesor).	D-257	ohm-cm	1 x 10 ¹⁴	1.2x10 ¹⁴
Resistencia al arco (1/8" Espesor).	D-495	Segundos	240(arde)	136
Resistencia Dieléctrica (Tiempo corto). Película de 5 mil. Lamina de 90 mil.	D-149	volts/mil	2 100 500	
Factor de disipación (40 mil.) 10 ² cps. 10 ³ cps. 10 ⁴ cps. 10 ⁶ cps.	D-150		0.005 0.005 0.005 0.024	0.011 0.010 0.010 0.024

PROPIEDADES TÈRMICAS.

El copolímero acetálico tiene unas propiedades térmicas inusitadamente buenas. Su elevada resistencia al calor se pone en evidencia en su temperatura de deflexión. El coeficiente de expansión es graficado a continuación:



Las máximas temperaturas de uso sugeridas en el aire es de 200° F (104 .4° C) y de 180° F (82° C) en el agua.

Algunas pruebas han demostrado que este material es capaz de resistir cargas de 500 psi en el aire, deformándose menos del 5 % durante 3 años a una temperatura de 180° F (82° C).

El copolímero acetálico es capaz de resistir una temperatura de 240° F durante un año, sin soportar carga, sin que sus propiedades mecánicas sufran ninguna alteración

PROPIEDAD	METODO ASTM.	UNIDADES	SERIE ESTANDAR	2% FIBRA DE VIDRIO.
Temperatura de flujo	D-569	OF	345	
Punto de Fusión		OF	329	331
Temperatura max. de uso intermitente.				
En aire			280	280
En H ₂ O			212	212
Temperatura max. de uso continuo.				
En aire			220	220
En H ₂ O			180	180
Temperatura de deflexión		OF		
264 psi.		OF	230	325
66 psi.		OF	316	331
Deformación bajo carga (2 000 psi, 1220F)		%	1.0	0.6
Conductividad Termica		BTU/inr/ft ² /°F /in	1.6	
Calor especifico		BTU/lb/OF	0.35	
Coefficiente de expansión termica lineal (Rango -30° C a + 30°C)				
Dirección al flujo			4.7x10 ⁻⁵	2.2x10 ⁻⁵
Dirección transversal			4.7x10 ⁻⁵	4.7x10 ⁻⁵

PROPIEDADES QUÍMICAS.

Este material tiene una resistencia química excelente. Después de una inserción de doce meses en varios líquidos inorgánicos, el copolímero no fue afectado con excepción de ácidos minerales fuertes: sulfúrico nítrico y clorhídrico. Prolongadas inserciones del copolímero en soluciones de hidróxido de amonio al 10 %, peróxido de hidrógeno, y el cloruro de sodio al 10 %, no ocasionan ningún cambio de importancia en las propiedades físicas del copolímero.

No lo afectan los líquidos comunes para lavar, acetona, alcohol etílico, y lacas solventes a temperatura ambiente. A continuación se presenta una tabla donde se describe la resistencia del copolímero a los agentes químicos y la influencia sobre sus propiedades.

MATERIAL	T.(M)	TEMP. (°F)	R. EN EL L.E.	M. EN T.	LONG.	PESO	E.V.
Químicos inorgánicos, Hidróxido de Amonio (10 %).	6	73	0	0	0.3	0.88	DEC.
	12	73	0.7	-16	0.3	1.03	DEC.
	6	180	-0.3	-12	0.4	0.74	DEC.
Peróxido de hidrógeno (3%).	6	73	2	-15	0.3	0.97	N.C.
	12	73	3	-12	0.3	0.88	N.C.
Acido Clorhídrico (10%).	6	73	X	X		X	
Acido nítrico (10%).	6	73	X	X		X	
Cloruro de Sodio (10%).	6	73	2	-12	0.2	0.59	N.C.
	12	73	3	-15	0.2	0.71	SL.DEC.
	6	180	4	-10	0.2	0.49	SL.DEC.
Bicarbonato de Sodio (2%).	6	73	0	-9	0.2	0.77	N.C.
	12	73	6	-9	0.2	0.78	N.C.
	6	180	3	-2	0.4	0.96	N.C.

MATERIAL	T.(M)	TEMP. (°F)	n.EM L.E.	EL	M.EM T.	Loss,	Wt.80	S.V.
Carbonato de Sodio (20 %)	6	180	3		-2	0.2	0.61	N.C.
Hidróxido de sodio (1 %)	6 12	73 73	1 2		2 2	0.2 0.2	0.80 0.84	N.C. N.C.
Hidróxido de Sodio (10 %)	6 12 6	73 73 180	1 -2 -3		-8 -6 -8	0.2 0.2 0.2	0.49 0.73 0.83	N.C. N.C. SL. DEC.
Hidróxido de sodio (60 %)	6	180	-3		-6	-0.1	-0.16	SL. DEC.
Hipoclorito de So- dio (4-5 %)	6	73	-6		-7	0.1	-3.29	Se pica.
Tiosulfato de So- dio (26 %)	6	180	3		-12	0.2	0.61	N.C.
Acido Sulfurico (3 %)	6 12	73 73	0 2		-8 -14	0.4 0.2	0.81 0.82	N.C. N.C.
Acido Sulfurico (30%)	6	73	X		X	X	X	
Agua Destilada	6 12 12	73 73 180	0 4 0		-12 -12 -18	0.2 0.2 -0.1	0.83 0.84 -3.32	N.C. N.C. DEC.
Químicos Organicos								
Acido Acético (5 %)	6 12	73 73	-1 0.6		-15 -16	0.3 0.2	1.05 1.13	N.C. N.C.
Acetona	6 12 6	73 73 120	-4 -17 -19		-20 -48 -48	0.7 1.6 2.1	3.60 3.68 4.45	N.C. N.C. N.C.
Anilina	6	180	-26		-73	4.8	12.1	Tinte ro jino.
Benceno	6	120	-17		-43	1.8	3.93	N.C.
Tetracloruro de carbono	6 12 6	73 73 120	-1 2 -11		-4 -6 -32	0.2 0.1 1.2	0.86 1.39 5.23	N.C. N.C. N.C.
Acido Cítrico (10 %)	6 12	73 73	0 3		-12 -10	0.3 0.2	0.74 1.93	N.C. N.C.

MATERIAL	T. (M)	TEMP. (°F)	M. EN EL L.E.	M. EN T.	LONG.	PESO	E.V.
Eter dietílico	6	73	-15	-26	1.1	2.09	N.C.
Diacetil Formamida	6	180	-19	-63	3.1	7.7	N.C.
Acetato de etilo	6	73	-5	-20	0.6	3.62	N.C.
	12	73	-17	-46	1.6	4.25	N.C.
	6	120	-22	-50	2.1	5.23	N.C.

Significado de las abreviaturas usadas:

T.(M).-Tiempo (meses).

TEMP.(°F).- Temperatura (°F).

M. EN EL L.E..-Resistencia en el Limite Elastico.

M. EN T..- Modulo en Tension.

LONG..- Longitud

E.V..- Efecto Visible.

Dimensiones del especimen usado en las pruebas: $8 \frac{1}{2} \times 1 \frac{1}{2} \times 1 \frac{1}{8}$

La resistencia en el limite elastico inicial es 8,800, el modulo en tension de 410,000; el peso de 13 gramos.

I = no se recomienda.

N.C. = No cambia

DEC. = Decoloración.

SL,DEC. = Ligera decoloración.

CAPITULO V

PROPIEDADES DEL POLIMETILMETACRILATO

CUATRO No. 2 PROPIEDADES ELÉCTRICAS DEL PROPIONATO DE CHLORURO Y OTRAS PROPIEDADES DE IMPORTANCIA.

PROPIEDADES.	ASTM	MÉTODO DE MOLDEO.	TAMAÑO NOMINAL.	UNID.	INTERVALO DE VALORES.
CTR. DIELECTRICA 60 ³ ciclos/seg. 10 ³ ciclos/seg. 10 ⁶ ciclos/seg.	D150	Compresión	1/8" de espesor.	-	4.0-4.2 3.6-3.9 3.4-3.6
FACTOR DE POTENCIA 60 ³ C.P.S. 10 ³ C.P.S. 10 ⁶ C.P.S.	"	"	"		0.006-0.007 0.006-0.010 0.010-0.040
RESISTIVIDAD VOLUMÉTRICA.	D257	"	"	Ohm-cm.	10 ¹² -10 ¹⁵
RESISTENCIA DIELECTRICA	D149	"	"	Volts. mil.	800-1 500
ÍNDICE DE REFRACCION.	D542	"	1/8 x 4		1.47-1.49
COEF. LINEAL DE EXPANSION TÉRMICA.	D696	-	-	in/in/°C	12 - 16x10 ⁻⁵
FLAMABILIDAD.	D635	Inyección	1/8x1/2x5	in/min.	1.0-1.3

CUADRO No. 3 RESISTENCIA QUIMICA DEL PROPIONATO DE CELULOSA. PRUEBAS DE RESISTENCIA QUIMICA (METODO ASTM D543-60T Y UN TIEMPO DE INMERSION DE 24 HORAS).

REACTIVO.		EFFECTO.	REACTIVO.		EFFECTOS.
ACIDOS:			BASES:		
Sulfurico	10 %	no cambia.	Hidróxido de Sodio	10 %	leve ataque a la superficie.
Nítrico	10 %	ataque superficial	Hidróxido de Sodio	1 %	no cambia
Acético	5 %	no cambia	Hidróxido de Amonio	10 %	leve ataque a la superficie
Clorhidrico	10 %	no cambia	Carbonato de Sodio	2 %	no cambia
SOLVENTES ORGANICOS:			SOLUCIONES ACUOSAS:		
Tetracloruro de Carbono		se hincha	Agua		no cambia
Gasolina (blanca)		no cambia	Cloruro de Sodio	10 %	no cambia
Lysol Aerosol		no cambia	Peróxido de Hidrógeno	3 %	no cambia
El propionato despues de 24 horas de inmersión, es soluble en:			Se hincha despues de 24 horas de inmersión en:		
Acetona.			Benceno, temperatura ambiente.		
Benceno, 80°C.			Alcohol etílico.		
Acetato de Butilo.			Tolueno.		
Acetato de Etilo.					
Dicloro Etileno.					
Metil Celosolve.					
Tetrahidrofurano.					

CAPITULO VII

PROPIEDADES DEL POLITETRAFLUORETILENO

PROPIEDADES DEL TEFLON

I.- El material químicamente más inerte que se conoce

Las únicas sustancias químicas y solventes comerciales capaces de afectar las resinas "teflón" son los metales alcalinos fundidos y ciertos compuestos químicos halogenados a temperaturas y presiones elevadas.

II.- El material orgánico más resistente al calor.

Las resinas "teflon" TFE pueden someterse a servicio continuo a -- temperaturas hasta de 260°C, y aún mayores durante breves períodos. Las resinas FEP pueden usarse continuamente a temperaturas hasta de 205°C.

III.- Excelente aislante eléctrico.

Sus propiedades dieléctricas son esencialmente constantes a todas las frecuencias y en toda la gama de temperaturas de servicio del "teflon".

IV.- El más resbaloso de todos los productos sólidos.

El "teflon" no exhibe características de adherencia/resbalamiento-- sus coeficientes de fricción estático y dinámico son iguales y equivalentes a los de hielo sobre hielo.

V.- Tenaz hasta bajas temperaturas.

El "teflon" se ha usado con éxito a -265°C (en servicio con helio líquido). El "teflon" es flexible en secciones delgadas y rígido en secciones gruesas.

VI.- Casi nada se le adhiere.

Nada se adhiere con firmeza apreciable a las superficies de "teflon" que no hayan sido tratadas. Pueden obtenerse hojas y cintas de "teflon" tratadas por un lado, o por ambos, para utilizarse con adhesivos convencionales.

VII.- No se quema.

El Teflon es completamente ininflamable en todas las pruebas normales.

VIII.- No es afectado por la intemperie.

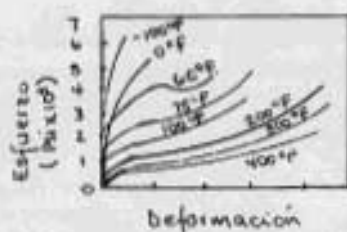
No es afectado por la exposición al sol, humedad o temperaturas de congelación. No absorbe absolutamente humedad alguna.

IX.- Algunos aditivos mejoran sus propiedades.

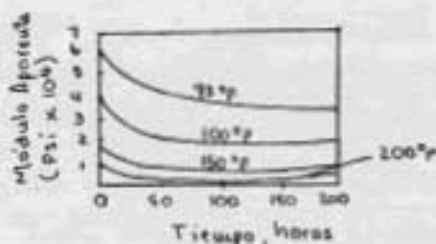
Ciertos materiales de relleno y agentes de refuerzo pueden usarse para mejorar algunas de las propiedades mecánicas del teflon de modo que satisfagan sus requisitos individuales. Entre los aditivos típicos figuran el grafito, fibras de vidrio, bronce y sulfuro de molibdeno. En general el empleo de aditivos aumenta la rigidez, dureza, resistencia a la compresión y resistencia a la deformación bajo carga.

A continuación se presenta una tabla de propiedades del "teflon", además de la explicación gráfica de algunas de sus propiedades mecánicas.

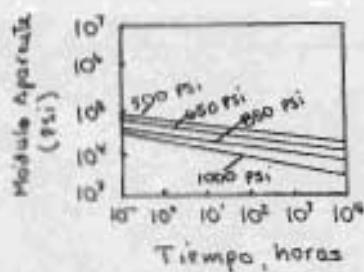
<u>PROPIEDADES.</u>	<u>ASTM.</u>	<u>"TEFLON" TFE.</u>	<u>"TEFLON" FGD</u>
Gravedad Específica	D792	2.13 - 2.2	2.12 - 2.17
Volumen Específico (in ³ /lb)	D792	13.2 - 12.6	12.8 - 13.0
Resistencia a la Tensión PSI	D638, D651	4 500	2 700-3 100
Módulo de Elasticidad en Tensión 10 ⁷ psi.	D747	300	0.5
Fuerza de Compresión PSI	D695	1 700	-
Resistencia al Impacto 120D, Ft-Lb/in.	D256	3.0	No rompe
Dureza, Rockwell	D758	D50 - D65	55 D
Calor Específico Cal/°C/gm	-	0.25	0.28



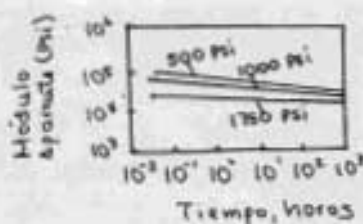
Influencia de la temperatura en el comportamiento Esfuerzo-Deformación del Teflón (TFE)



Plastodeformación en Tensión del TFE en una escala lineal (carga constante de 500 psi)



Plastodeformación en tensión del TFE a varios esfuerzos (75°F)



Plastodeformación en compresión del TFE medida a temperatura ambiente.

<u>PROPIEDADES.</u>	<u>ASTM.</u>	<u>"TEFLON" TFE.</u>	<u>"TEFLON" FFD.</u>
Expansión Térmica $10^{-5}/^{\circ}\text{C}$	D696	10	5.5
Resistencia Térmica (continua) $^{\circ}\text{C}$.	--	288	205
Temperatura de Distorsión $^{\circ}\text{C}$	D648	120(66 p.a.1.)	-
Resistencia Dieléctrica	D149	600	600
Constante Dieléctrica			
60 ciclos	D150	2.1	2.1
1 000 ciclos)	D150	2.1	2.1
100 000 ciclos	D150	2.1	2.1
Factor de Disipación			
60 ciclos	D150	0.000 2	0.000 3
1 000 ciclos	D150	0.000 2	0.000 3
100 000 ciclos	D150	0.000 2	0.000 7
Resistencia al Arco, seg.	D495	300	300
Absorción de Agua, 24 hrs.%	D570	0.01	0.01
Flamabilidad	D635	NO	NO
Efecto Luz Solar	--	NO	NO
Efecto ácidos Débiles		NO	NO
Efecto ácidos Fuertes		NO	NO
Efecto Alcalis Débiles		NO	NO
Efecto alcalis Fuertes		NO	NO
Efecto Solventes Orgánicos		NO	NO
Maquinabilidad		Excelente.	Excelente.

CAPITULO VIII
PROPIEDADES DEL PVC.

El Valor K.

Una de las más importantes variables en los polímeros de PVC es el peso molecular. Como el peso molecular promedio es difícil de determinar exactamente, el valor K, que se obtiene directamente de la medida de la viscosidad, comúnmente se usa como una medida del peso molecular.

El valor K es calculado de acuerdo a Fikentacher de la medida de la viscosidad relativa a 25°C. Es independiente de la concentración pero varía con el solvente en el cual se determina la viscosidad. A continuación se tabulan algunos valores para un determinado material usando dos solventes diferentes: (Para Shell "Carina")

Grado de Carina	16	22	26	36
Valor K en Ciclohexanona	70	62	70	70
Valor K en Diclороetileno	66	57	66	66

La viscosidad relativa se mide de una solución de 0.4-0.5 gm. de polímero en 100 ml. del solvente considerado.

En cualquier serie particular de polímeros el valor K determina -- las temperaturas de procesamiento y las propiedades mecánicas. A los valores más altos de K le corresponden las mayores temperaturas de procesamiento y para estos polímeros se obtienen mejores propiedades mecánicas. Los valores K para varios polímeros de I.C.I. se dan a continuación:

	<u>POLÍMEROS DE EMULSION.</u>		<u>POLÍMEROS GRANULARES.</u>				
Referencia	H65/33	H55/34	D65/6	D65/8	D55/3	R46/82	R65/81
Valor K	65	55	65	65	55	46	65

Determinado de la medida de viscosidad relativa a 25°C de una solución de 0.5 gramos de polímero en 100 ml. de dicloroetileno.

Los polímeros de emulsión de un valor dado de K pueden ser procesados a temperaturas más bajas, y dan propiedades físicas ligeramente más pobres, que los polímeros granulares.

Las temperaturas requeridas para procesar los polímeros granulares con un valor K de 65 pueden ser tan altas para los fabricantes con equipo antiguo, que debe seleccionarse otro polímero. Para láminas rígidas se usaría un polímero de emulsión con un valor un poco bajo de K debido a las temperaturas de procesamiento un poco bajas.

PVC Rígido.

Cuando se habla de PVC rígido, se está haciendo mención de la resina misma de PVC, es decir, libre de plastificantes. El uso de PVC rígido se ha canalizado a dos áreas principales. El mayor porcentaje de PVC rígido es aplicado a la extrusión de tubería, pudiendo ser esta tubería de presión o tubería conduit. La otra área de aplicación de la resina de PVC es en la construcción. En el caso del moldeo por inyección han tenido las resinas de PVC una gran aceptación.

Compuestos de PVC.

Una de las principales características de los polímeros de PVC es su capacidad para la formación de compuestos. Un compuesto de PVC está formado básicamente por cuatro ingredientes: resina de PVC, plastificantes, estabilizador y lubricante. Algunos otros materiales pueden ser agregados por razones especiales tales como cargas, colorantes, agentes antiestáticos, absorbedores de luz U.V., etc.. Como, se mencionó anteriormente, el PVC se puede copolimerizar con acetato de vinilo lográndose

se con esto una notable mejoría en las propiedades de flujo para los -- procesos de extrusión e inyección; otra de las ventajas que se logra -- con los copolímeros es que se mejora la claridad, las propiedades de eg lución y la capacidad para aceptar cargas.

Tipos de Plastificadores.

Una vez hecha la selección del polímero, el siguiente paso consis_ te en la selección del plastificador. El plastificador, por supuesto, - convierte al polímero de resina semejante a un cuerno en su dureza, en un compuesto flexible y es la base de toda la tecnología del PVC flexi_ ble.

La mayoría de los plastificantes son líquidos con elevados puntos- de ebullición, los cuales cuando se funden junto con las resinas bajo - la influencia de calor y presión, forman productos sólidos de naturale_ za semejante al hule.

Un verdadero plastificante tiene compatibilidad considerable con - los polímeros, normalmente del orden de cuando menos 150 partes en 100- partes del polímero.

Los plastificantes pueden ser divididos en varios grupos. Un grupo I: contiene los ésteres del anhídrido ftálico. Estos plastificantes se caracterizan por temperaturas razonablemente bajas, y su facilidad de - incorporación a las resinas. La desventaja es que no dan compuestos con buena resistencia a la flama como los plastificantes del grupo II, los- fosfatos, que forman el grupo más popular de plastificantes. Estos plag_ tificantes tienen la ventaja de que son más baratos. En el primer gru_ po los más populares son el dioctil ftalato (DOP) y el diisooctil fta_ lato(DIOP), y en el segundo grupo lo son el tricresil fosfato (TCP) o tritolil fosfato. Un grupo III de plastificadores lo forman los adipa-

tos, los sebacatos y los acetatos. Estos se aplican a temperaturas bajas.

El IV grupo lo forman los poliésteres de los ácidos adípico y sebácico.

Propiedades de los compuestos plastificados

Las propiedades de los compuestos plastificados variarán de acuerdo a la cantidad y tipo de plastificador usado. Una referencia del efecto del tipo de plastificador se da a continuación:

Propiedades de los plastificadores (100 partes de polímero: 50 partes de plastificador).

	TRITOLIL FOSFATO	DIOCTIL FTALATO	DIOCTIL SEBACATO
Resistencia a la Tensión	3720	2770	2750
Módulo al 100% de elongación	2350	1600	910
Densidad	1.37	1.28	1.24
Blandura	25	35	30

La superioridad de las propiedades físicas de los fosfatos es claramente marcada así como las excelentes propiedades a bajas temperaturas de los sebacatos. Los ftalatos tienden a combinar estas dos propiedades y la resistencia a la tensión, aunque más baja que los compuestos de fosfato.

La cantidad de plastificador usada tiene un marcado efecto sobre las propiedades del compuesto. A continuación se dan algunos detalles para el dioctil ftalato:

<u>PLASTIFICANTE</u> <u>(Phr)</u>	<u>RESISTENCIA A LA</u> <u>TENSION PSI.</u>	<u>MODULO AL 100%</u> <u>DE ELONGACION.</u>	<u>BS SOFT</u> <u>NESS N°</u>	<u>S.I.C.</u> <u>800 C/S</u>
20	3 600	-	-	-
30	2 750	2 030	-	-
40	1 980	1 200	23	6.2
50	1 270	480	37	6.9
60	-	-	49	-
70	-	-	60	-
80	-	-	71	-

Como puede verse, la resistencia a la tensión, el módulo y la flexibilidad, son rápidamente reducidas al aumentar el contenido de plastificante. Algunas otras propiedades tales como la resistencia al desgarro son afectadas de la misma manera. Se deduce por lo tanto que la cantidad de plastificante estará determinada por la aplicación final, pudiendo ser esta de un 40-50 por 100 de resina para compuestos para cables, y de un 60-70 partes por 100 de resina para calandreado.

Estabilizadores.

El estabilizador de uso general más común es el carbonato de plomo el cual infiere excelente estabilidad tanto al calor como a la luz. Este estabilizador, sin embargo solo puede usarse, en los compuestos opacos y donde la toxicidad no es de importancia. El estearato de plomo -- puede usarse en los compuestos de carbonato solo requieren de un 4 a 6 phr., mientras que los de estearato requieren solamente de 1 a 3 phr..

Los estearatos de cadmio, litio, calcio y bario producen compuestos translúcidos, a excepción del estearato de cadmio que produce compuestos transparentes. Todos los compuestos requieren de 1 a 3 phr. con excepción del estearato de bario que requiere de 4 a 6 phr..

Lubricantes.

Los lubricantes son generalmente ceras, ésteres y estearatos metálicos, que se adicionan al PVC para facilitar el flujo de la masa fundida durante el procesamiento. Los lubricantes internos compatibles con el PVC reducen las fuerzas intermoleculares entre las cadenas del polímero, mientras que los lubricantes externos emigran a la superficie de los compuestos. Los modificadores de impacto tales como el polietileno-clorado, ABS, reducen la fragilidad del PVC rígido no modificado.

Cargas.

Las cargas son usadas extensamente en los compuestos de PVC, con el objeto de reducir los costos. Una pequeña cantidad de arena calcinada, sin embargo, mejorará las propiedades eléctricas. Otra ventaja es que reduce la contracción, se aumenta la dureza, y la reducida resiliencia en las aplicaciones para pisos son de importancia. El efecto en las propiedades al incrementar la cantidad de carga es tabulado a continuación.

Efecto del contenido de cargas en la Resistencia a la Tensión.

TIPO DE CARGA	PARTES POR CIENTO.						
	0	10	20	30	40	50	60
Yeso Precipitado	1 700	1 420	1 350	1 200	920	750	510
Arena	1 700	1 780	1 710	1 450	1 200	890	1 110
Carbón Negro	1 700	1 900	1 920	1 550	1 750	-	-
Oxido BSA	1 700	1 615	1 590	1 580	1 370	1 250	1 070

Todas las propiedades varían considerablemente de acuerdo a la cantidad y el tipo de carga. Generalmente, sin embargo, la elongación disminuye rápidamente, densidad y la dureza aumentan. Tanto las cargas de fibra de vidrio como las fibras sintéticas aumentarán la resistencia al impacto del PVC rígido. Las cargas de asbesto es reforzante, y reduce la contracción de los piezas. La arena proporciona buenas propiedades eléctricas en los compuestos para alambres o cables.

Todas las cargas absorben plastificante en una mayor o menor proporción y este debe ser tomado en cuenta en la formulación de los diferentes compuestos.

El punto importante que se debe recordar cuando se adicionan cargas, sin que exista un cambio aparente de las propiedades, es que la densidad se eleva rápidamente.

Colorantes.

Pigmentos y colorantes se han desarrollado especialmente para los compuestos de PVC.

La mayoría de los compuestos, que no son transparentes y no contienen una gran cantidad de carga, necesitan una adición de 1.0 a 10.0 phr de dióxido de titanio para sacar los colores completos.

Propiedades del PVC rígido.

La expresión PVC rígido se emplea para definir al homopolímero de PVC conteniendo solamente estabilizador o lubricante. Sin embargo este término se extiende algunas veces a los productos ligeramente plastificados, conteniendo hasta unas 20 partes de plastificante por 100 de resina, los cuales son llamados PVC semirígidos.

Las principales propiedades del PVC rígido son su resistencia química (particularmente los tipos de alto impacto), rigidez y ligereza. Los tipos estándar de PVC no tienen particularmente elevada resistencia al impacto. Ciertos polímeros acrílicos pueden usarse para mejorar la resistencia al impacto y las propiedades de procesamiento del PVC.

Aunque estos polímeros son para composiciones de PVC rígido, también pueden usarse en PVC semi-rígido y flexible. Para impartir propiedades similares aunque no en la misma magnitud. Las principales ventajas de estos materiales incluyen buena resistencia al impacto, mejora la resistencia a la deformación, por calor, las propiedades de procesamiento, tales como las de formado al vacío.

A continuación se presenta la variación de la resistencia al impacto del PVC rígido en función del contenido de modificador:

<u>MODIFICADOR</u> <u>(Ea-220)</u>	<u>RESISTENCIA 1/200 AL IMPACTO</u> <u>(Ft - Lb/ in de ranura)</u>
0	0.7
20	2.0
25	2.6
30	12.7
40	17.6

Mezcla: 2.0 partes de estabilizador por 100 de resina

1.0 partes de lubricante por 100 de resina.

La resistencia al impacto del PVC rígido depende del peso molecular o el valor K. Esta variación se ilustra en la siguiente tabla:

<u>POLIMERO.</u>	<u>VALOR K.</u>	<u>DENSIDAD.</u>	<u>RESIST. AL IMPACTO (10⁶ ergs/cm²)</u>
Tipo A	66	1.41	15.5
Tipo B	55	1.37	7.3

La variación de la resistencia al impacto y a la tensión, con la temperatura para dos diferentes grados de impacto del PVC rígido se tabula a continuación:

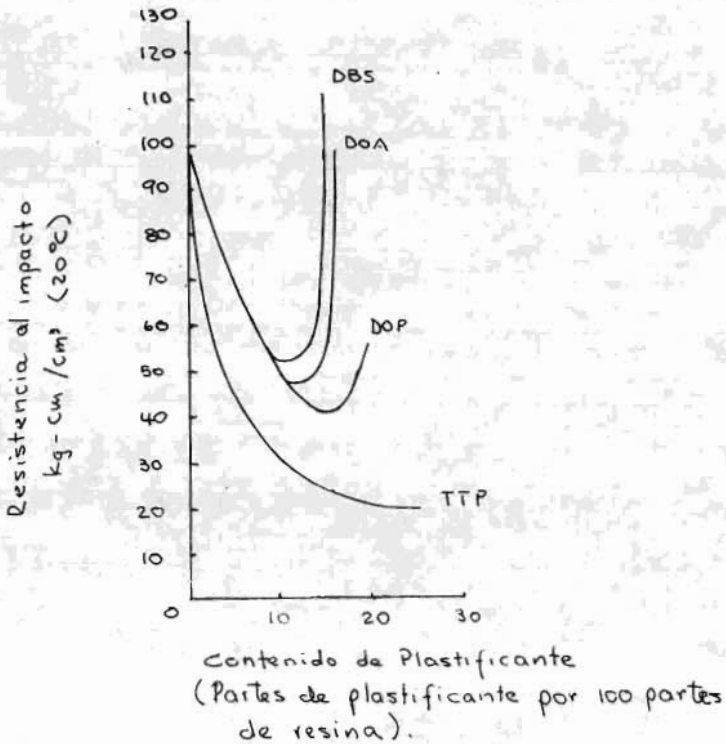
<u>TEMPERATURA (°C).</u>	<u>RESISTENCIA AL IMPACTO</u>		<u>RESISTENCIA A LA TENSION</u>	
	<u>IMPACTO NORMAL</u>	<u>IMPACTO ALTO</u>	<u>IMPACTO NORMAL</u>	<u>IMPACTO ALTO</u>
-40	0.3	1.0	12 200	10 400
0	0.4	4.0	8 900	7 000
25	0.9	18.0	6 400	5 500
60	4.0	16.0	4 100	2 900
82	16.0	19.0	2 300	1 500

Algunas propiedades típicas del PVC rígido se dan en la sig. tabla

<u>PROPIEDAD</u>	<u>TIPO A.</u>	<u>TIPO B.</u>	<u>TIPO C.</u>
Densidad.	1.36	1.34	1.34
Resistencia a la tensión	6 700	6 000	6 000
Resistencia a la Compresión	9 500	8 000	-
Resistencia a la Flexión	13 500	11 000	-
Calor Específico	0.25	0.25	0.25
Coef. de Expan. Térmica Lin.	5×10^{-5}	5×10^{-5}	$5 \times 10^{-5} (°C)$
Conductividad Térmica	3.5×10^{-5}	4.5×10^{-5}	
Calor de Distorsión (°C a 264 pol)	71	65	
Punto de Ablandamiento (°C)	76	78	

PVC semi-rígido.

. Las propiedades de los compuestos de PVC con un contenido de plastificante hasta de unas 20 partes por 100 de resina son de especial interés. A continuación se dan algunos detalles de estas variaciones para un polímero de una viscosidad relativa de 2.5:



EFECCIÓN DEL CONTENIDO DE PLASTIFICANTE EN LA RESISTENCIA AL IMPACTO.

- DBS Dibutil sebacato
- DOA Dioctil adipato
- DOP Dioctil ftalato
- TTP Tritolil fosfato

Propiedades eléctricas.

A continuación se describen las propiedades eléctricas del PVC rígido. La caída de voltaje está dentro de los límites de 450-500 volta/mil.

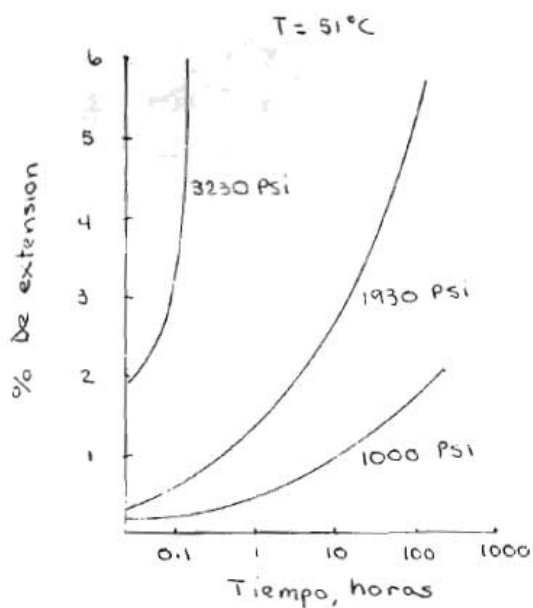
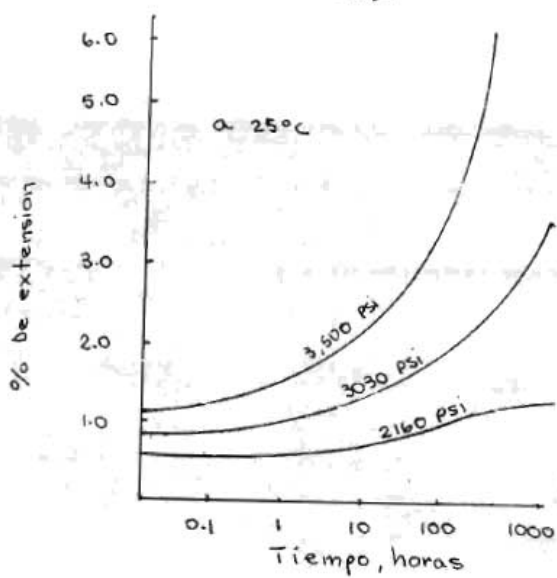
<u>TEMP. (°C).</u>	<u>RESISTIVIDAD VOLUMETRICA (Ohm-cm.).</u>	
	(Tipo A).	(Tipo B).
23	1×10^{14}	1×10^{14}
40	1×10^{14}	2.5×10^{13}
60	1×10^{14}	7×10^{12}
80	1×10^{14}	2×10^{12}
90	1×10^{14}	9×10^{11}
100	1.5×10^{13}	5×10^{11}

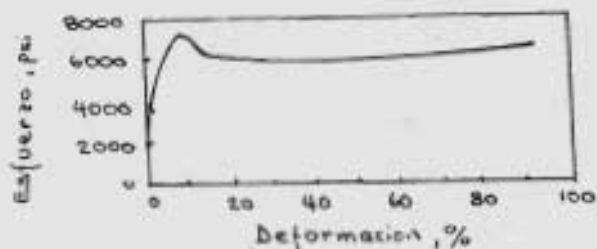
<u>TEMPERATURA.</u>	<u>FACTOR DE POTENCIA 800 CPS.</u>	
	Tipo A	Tipo B
23	0.02	0.02
40	0.01	0.01
60	0.12	0.07
80	0.10	0.12
90	0.10	0.14
100	0.13	0.15

Plastodeformación (creep).

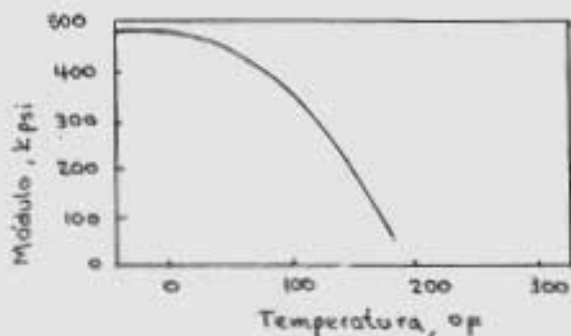
La plastodeformación del PVC es similar a la del acero. Una extensión elástica se presenta cuando se aplica primeramente la carga. A continuación se grafica estas variaciones.

-165-





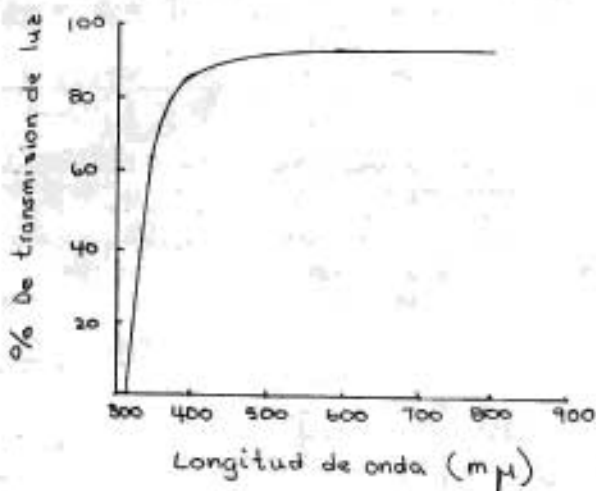
Esfuerzo en tensión Vs Deformación del PVC rígido. La rapidez de prueba aquí fue de 2 in/minuto.



Módulo en tensión Vs Temperatura para el PVC rígido.
Temperatura de deflexión bajo carga de 175 °F a 264 Psi.

Transmisión de Luz.

La transmisión de luz del PVC no plastificado es similar a la de los acrílicos. Algunos resultados son graficados a continuación:



Transmisión de luz del PVC no plastificado.

Propiedades químicas.

<u>REACTIVO.</u>	<u>20°C.</u>	<u>60°C.</u>
Acetaldehído 100 %	U	U
40 %	S	M
Acetona	U	U
Amoniaco líquido (100 %)	M	M
Hidroxido de Amonio (88 %)	S	S
Anilina 100 %	U	U
Cloruro de Bario	S	S

<u>REACTIVO.</u>	<u>20° C.</u>	<u>60° C.</u>
Benzaldehido	S	S
Bromo Líquido	U	U
Acido Brómico 10 %	S	-
Acido Butírico 20 %	S	M
	U	U
Butanol Primario	S	S
Secundario	S	U
Acido Cloroacético 100 %	S	S
Acido Clorhídrico 1 - 20 %	S	S
Cloro Gaseoso	S	S
Gas Humedo	S	-
Líquido	U	U
Clorobenceno	U	U
Cloroformo	U	U
Acido Clorosulfúrico	S	U
Acido Cromico	S	S
Acido Cítrico, Sat.	S	S
Fluoruro de cobre 2 %	S	S
Cianuro de cobre	S	S
Gresol	M	U
Acido Gresaílico	S	S
Fluoruro Cuprico	S	S
Ciclohexanol	U	U
Jugo de Frutas	S	S
Aceite Lubricante	S	S
Furfural	U	U
Glucosa	S	S
Glicerina	S	S

<u>REACTIVO.</u>	<u>20°C.</u>	<u>60°C.</u>
Glicol	S	S
Heptano	S	S
UPI 40 %	S	S
	M	M
HBr 10 %	S	-
Peróxido de Hidrógeno	S	M
Keroseno	U	U
Acido Láctico 10 %	S	M
90 %	U	U
Nitrobenceno	U	U
Acido Oleico	S	S
Acido Perclórico hasta 70 %	S	S
Ciclohexanona	U	U
Dibutil Ftálato	S	S
Diétilen Glicol	S	S
Acido Diglicólico	S	S
Dióctil Ftálato	U	U
Acetato de Etilo 100 %	U	U
Alcohol Etilico	S	S
Sulfato Férrico	S	S
Cloruro Ferroso	S	S
Sulfato Ferroso	S	S
Formaldehido 40 %	S	S
Acido Formico 50 %	S	M
	S	U
Alcohol Metilico 10 %	S	S
Bromuro de Nitrilo	M	U

<u>REACTIVO.</u>	<u>20° C.</u>	<u>60° C.</u>
Metil Etil Cetona	U	U
Metil Isobutil Cetona	U	U
Cloruro de Metileno 100 %	U	-
Leche	S	S
Aceites Minerales	S	S
Melasa, comercial	S	S
Nafta	S	S
Naftaleno	U	U
Acido nítrico 1 - 30%	S	N
70%	S	N
98%	U	-
Petrol, alifático	S	
Fenol 90 %	S	N
Fósgeno, líquido	U	U
Acido Fosfórico	S	S
Tricloruro de Fósforo	U	-
Acido Picrico 1 %	S	-
Bicromato de Potasio	S	S
Cromato de Potasio 40 %	S	U
Hidrox. de Potasio Conc.	S	S
Alcohol propílico	S	S
Cianuro de plata	S	S
Solución Jabonosa	S	S
Acetato de Sodio	S	S
Bisulfito de Sodio	S	S
Clorato de Sodio Sat.	S	S
Cromato de Sodio	S	S
Fluoruro de Sodio	S	S

<u>REACTIVO.</u>	<u>20°C.</u>	<u>60°C.</u>
Hipoclorito de Sodio	S	S
Cloruro Metálico	S	S
Cloruro Estálico	S	S
Dióxido de Azufre, seco	S	S
Dióxido de Azufre, húmedo	S	S
Dióxido de Azufre, líquido	M	U
Acido Sulfúrico 90 %	S	S
Tolueno	U	U
Tricloroetileno	U	U
Trietanolamina	S	S
Urea hasta 30 %	S	S
Vinagre	S	M
Xileno	U	-
Cloruro de Zinc Sat.	S	S
Sulfato de Zinc	S	S

CLAVES:

S = Satisfactorio.

M = Medio.

U = No satisfactorio.

Estudio de las propiedades de los compuestos de PVC.

Cuando se habla de los compuestos de PVC, se habla de la resina -- intermezclada con aditivos tales como estabilizadores, lubricantes y -- plastificantes. Aparte de estas sustancias los compuestos de PVC pue-- den llevar incorporados otras sustancias tales como modificadores de -- impacto y cargas. Las propiedades de los compuestos de PVC dependen del tipo y proporción de plastificante incorporado, modificador de impacto y carga.

ESTABILIZADORES.

La función primaria del estabilizador es la de estabilizar al polí-- mero contra la degradación.

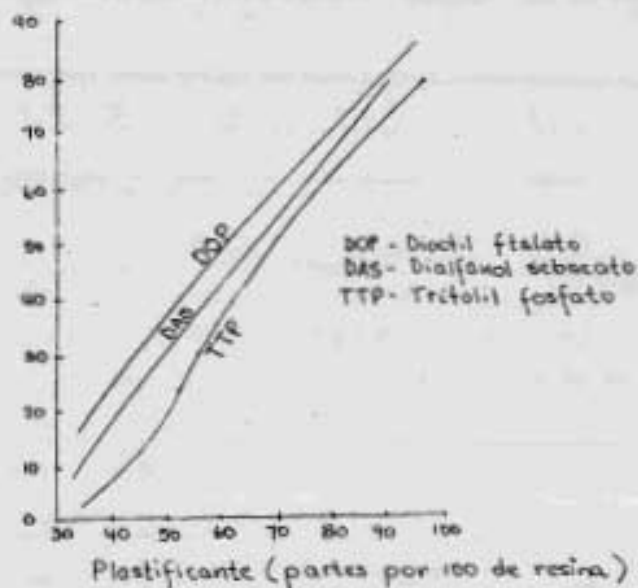
El PVC es sensible al calor, es decir, la temperatura a la cual eg-- te llega a estar lo suficientemente blando o plastificado, es muy cer-- cana a la temperatura de descomposición térmica. El producto de la des-- composición térmica es el ácido clorhídrico el cual no solo actua como-- catalizador acelerando la degradación, liberando más ácido clorhídrico-- sino que también ataca a la maquinaria.

La estabilización puede realizarse de dos maneras:

El estabilizador reacciona con el ácido clorhídrico liberado formando -- productos de reacción estables. La segunda manera consiste en estabili-- zar la cadena después de que el ácido ha sido liberado.

PLASTIFICANTES.

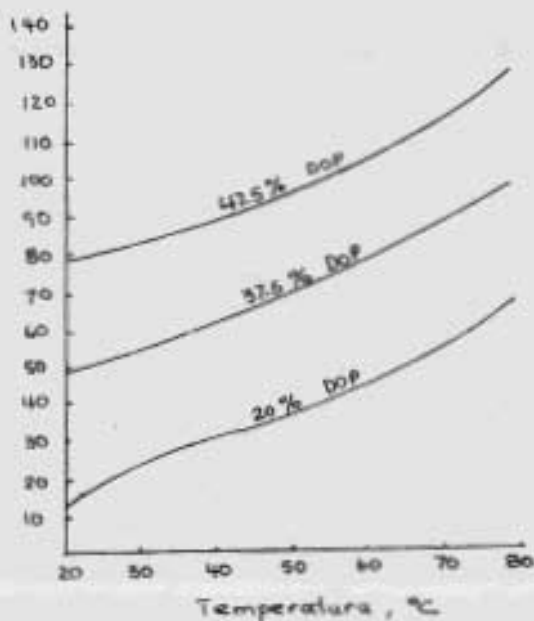
Cuando hablamos de compuestos plastificados de PVC, la blandura o -- su opuesta la dureza, dependerá de la cantidad y tipo de plastificante -- usado



Gráfica de la blandura Vs Contenido de Plastificante

La blandura varía considerablemente con la temperatura. Esta variación dependerá del contenido de plastificante. Al aumentar la temperatura la diferencia en la dureza entre diferentes plastificantes llega a ser más aparente. Algunos resultados en relación a esto se ilustra a continuación.

Usando las dos curvas anteriores es posible determinar el plastificante a usar para dar una cierta blandura a una temperatura dada.

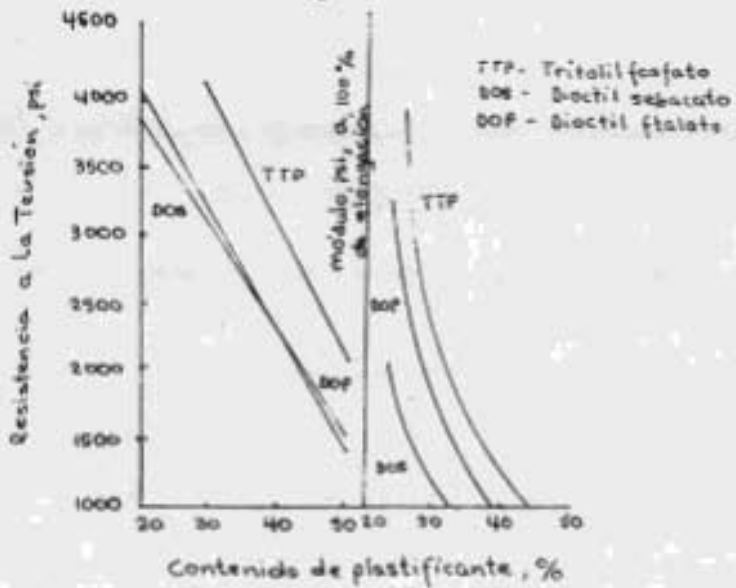


Blandura vs Temperatura

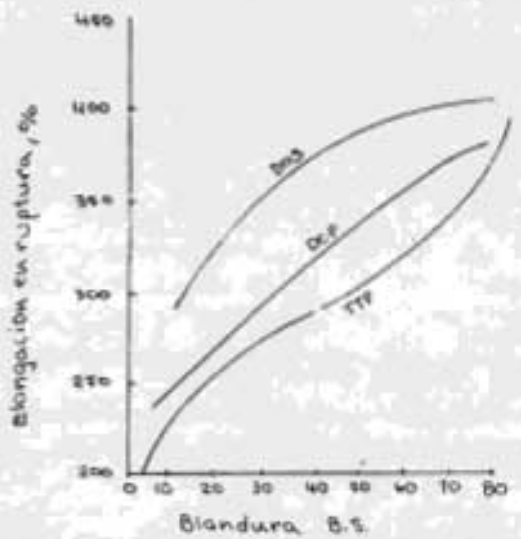
Propiedades físicas en función del contenido de plastificante.

Es obvio que las propiedades físicas variarán considerablemente con la variación del contenido de plastificante.

Al aumentar la proporción de plastificante, disminuyen la resistencia a la tensión, desgarramiento, módulo y a la abrasión, mientras que aumentan la elongación y la flexibilidad a bajas temperaturas. La mayoría de las curvas de variación son líneas rectas y normalmente los valores esperados pueden predecirse.



Resistencia a la Tension y Módulo vs. Contenido de plastificantes



Elongación en la ruptura vs Blandura

Además del cambio de las propiedades físicas al incrementar el contenido de plastificante, hay también la cuestión de la "transpiración" o exudación si el nivel de compatibilidad es excedido.

Composiciones con plastificantes mezclados.

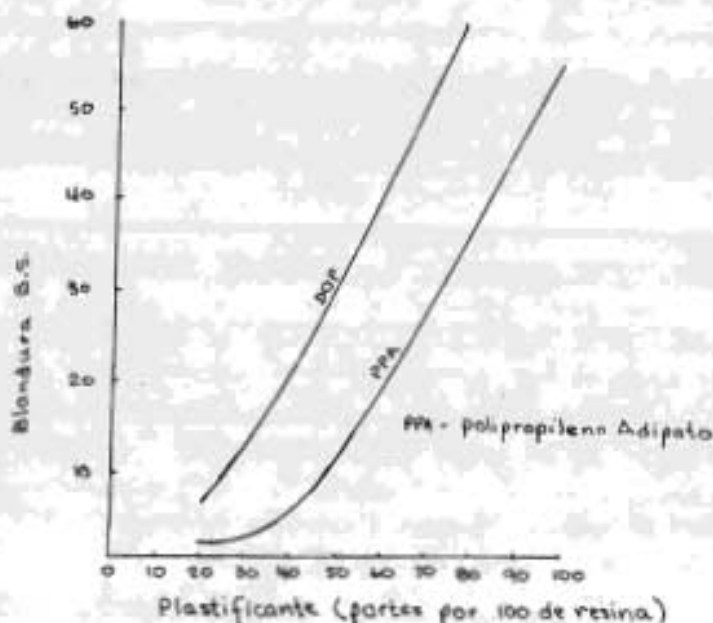
Existen dos razones principales para mezclar dos, y en ocasiones tres, plastificantes. La primera para obtener una combinación balanceada de propiedades, que no son posibles con un solo plastificante. Los mejores ejemplos de esto son el desplazamiento parcial de fosfatos consecabatos para dar buenas propiedades a bajas temperaturas, y el desplazamiento parcial de ftálatos con fosfatos para dar resistencia a la flama satisfactoria. La mezcla de plastificantes mejora las propiedades de procesamiento, eléctricas, resistencia química.

La otra razón para usar mezclas de plastificantes es la de reducir el costo de los compuestos que contienen plastificantes caros. Este es el caso del desplazamiento de TTP con TAP.

PLASTIFICANTES POLIMERICOS.

Anteriormente se estudió la influencia del contenido de plastificante (monomérico) en las propiedades físicas. Estos plastificantes tienen un peso molecular entre 300 y 600. En esta sección se verá lo relativo a los plastificantes poliméricos, llamados así por su elevado peso molecular, que oscila entre 1,000 y 8,000.

A continuación se presenta una gráfica de la variación de la blandura en función del contenido de plastificante polimérico:



Los plastificantes monoméricos son generalmente desde el punto de vista de la volatilización, resistencia a la extracción por líquidos, y la migración. No hay número de plastificantes poliméricos de efectividad variable que pueden usarse para evitar estos defectos.

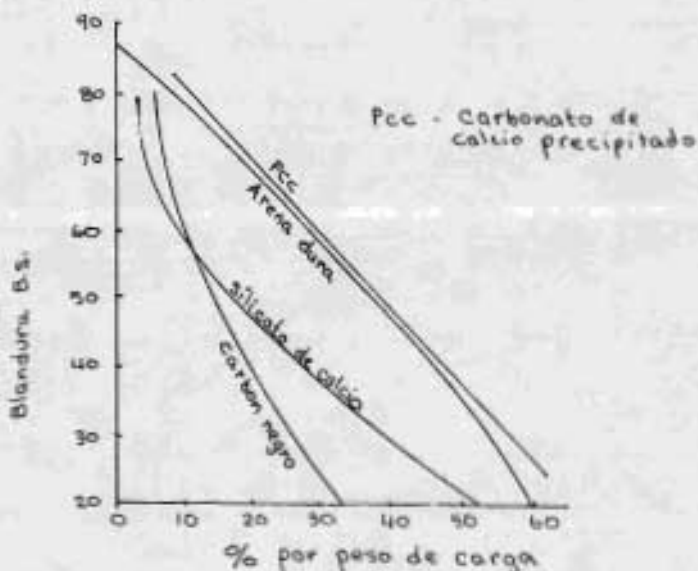
PVC con Cargas.

Actualmente las cargas se usan en una amplia variedad de compuestos de PVC.

La razón principal para el uso de cargas es la reducción del costo aunque algunas de ellas confieren características favorables en los compuestos. El ejemplo más obvio es el uso de arena calcinada y otras cargas en los compuestos para cables para mejorar su resistencia aislante.

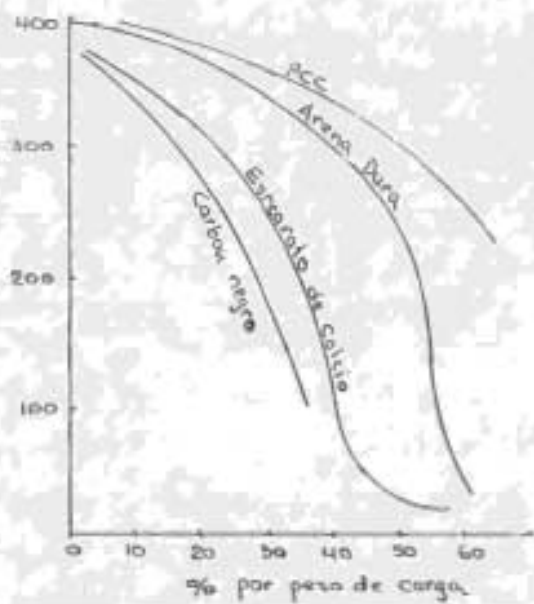
Otras cargas confieren resistencia al agrietamiento, amarillamiento por la acción de la luz solar, y al desgaste. Junto con estas mejoras que se logran con la incorporación de cargas, naturalmente hay desventajas tales como un incremento de la dureza y rigidez, se reduce la elongación y aumenta la absorción de agua.

A continuación se presenta una gráfica de la variación de la blandura de un compuesto en función del contenido de carga:



La siguiente tabla ilustra sobre la variación de algunas propiedades en función al contenido de carga y tipo de esta:

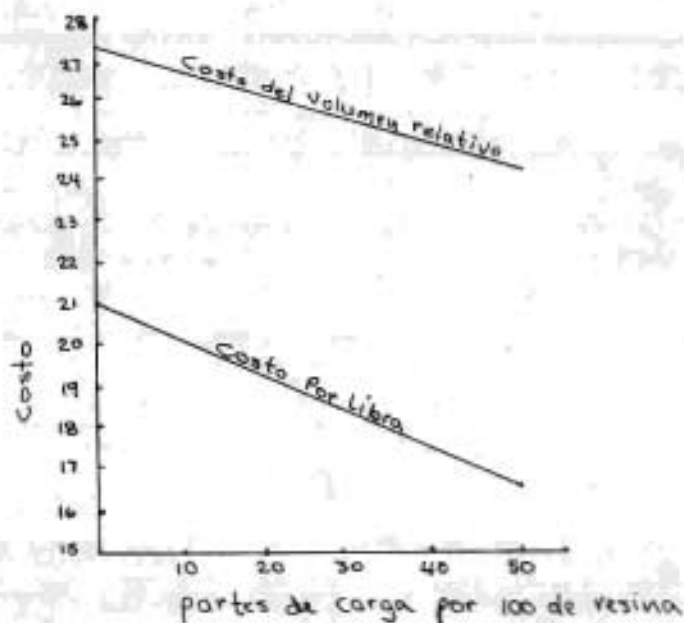
TIPO DE CARGA	CARGA (% por peso)	DESINTELLIA A LA TEMPERATURA (Psi)	ADICION DE AGUA (% de incremento por peso, 48 horas a 50%)
SIN CARGA		1700	0.6
CARBONATO DE CALCIO PRECIPITADO	20	1300	1.5
	30	1210	1.5
	40	920	1.5
	50	750	1.2
	60	500	1.2
ARENA CHINA DURA	20	1700	2.8
	30	1400	3.7
	40	1210	4.9
	50	890	5.1
	60	1090	6.5
SILICATO DE CALCIO	20	1450	11.3
	30	1150	8.5
	40	780	6.8
	50	820	6.5
	60	1100	7.1
CARBON NEGRO	20	1920	1.2
	30	1710	0.9
	40	1760	0.9



Elongación Vs Carga

Al aumentar el contenido carga aumenta la densidad y se reduce el costo relativo del volumen.

Una presentación gráfica de esto lo podemos ver a continuación:



COSTOS DEL VOLUMEN Y PESO DE COMPUESTOS CARGADOS

CAPITULO II

PROPIEDADES DEL POLICARBONATO

PROPIEDADES FISICAS.

Comportamiento frente al agua.- A la temperatura ambiente y con una humedad relativa del aire del 60 % el policarbonato unicamente absorbe 0.15 - 0.19 % en el peso de agua. Al sumergirse en el agua solamente se registran valores de 0.5 % en peso a medida que aumenta la temperatura. El agua caliente produce poco a poco la descomposición química, lo cual implica una disminución de la resistencia a los golpes y a los choques. La siguiente tabla presenta los valores de absorción de agua de una muestra de un espesor de 1/8 de pulgada.

MEDIO	ABSORCIÓN DE AGUA %			EQUILIBRIO EN HINCHAMIENTO.
	25 hr.	50 hr.	150 hr.	
H.R. de 50 %, 23 C.	0.05	0.1	0.15	0.0004
Inmersión en agua 23 C.	0.20	0.27	0.35	0.0008
Inmersión en agua hirviendo.	0.58	0.58	0.58	0.0013

Otras propiedades físicas se listan a continuación:

Peso específica	D 792	1.20 - 1.25
Dureza Rockwell	D 785	M 70 - M 85
Indice de refracción	23° C.	1.586

CARACTERÍSTICAS DEL POLICARBONATO.

Los policarbonatos tienen muchas características que lo convierten en un termoplástico de ingeniería de mucha utilidad, pero indudablemente, su buena tenacidad sobre una amplia variedad de condiciones es una de las más importantes. Las características del policarbonato se pueden resumir de la manera siguiente:

Alta compacticidad, resistencia a los golpes y dureza.

Excelentes propiedades eléctricas y dieléctricas.

Excelente permeabilidad a la luz por parte de los tipos transparentes.

Estabilidad dimensional al calor hasta 145° C.

Elastico y tenaz hasta temperaturas de -150°C.

Practicamente inalterable dimensionalmente.

Carácter dificilmente inflamable y autoextinguible.

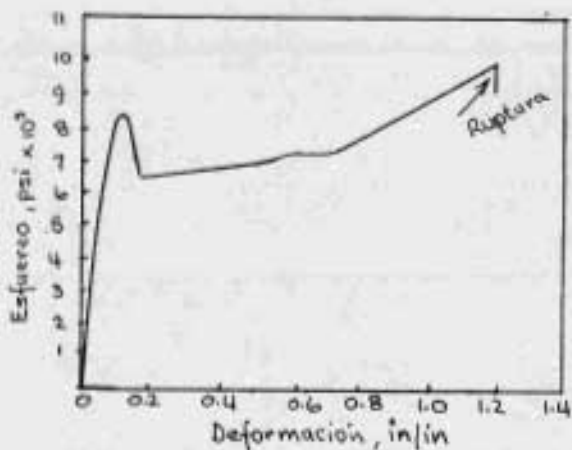
Inocuidad fisiológica.

Estructura física parcialmente cristalina.

Aspecto incoloro (particularmente neutro).

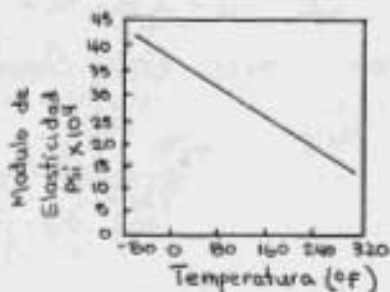
PROPIEDADES MECANICAS.

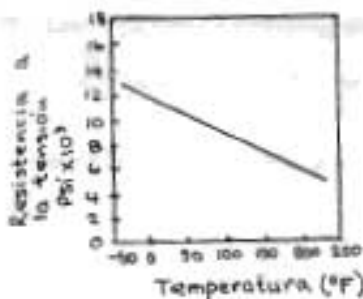
Por lo que respecta a su resistencia y dureza el policarbonato forma parte de los materiales rígidos, y por otra parte, considerando su tenacidad también se le puede clasificar entre los materiales elásticos. Su combinación de resistencia al impacto y rigidez hacen del policarbonato un material potencial para muchas aplicaciones. La ductilidad del policarbonato se pone en evidencia por su elongación final de más de -- 100 % en pruebas estándar. El siguiente diagrama muestra el comportamiento esfuerzo-deformación del policarbonato:



CURVA TÍPICA ESFUERZO-DEFORMACION

Las propiedades mecánicas del policarbonato dependen muy poco de la temperatura. Se mantiene rígido y resistente a temperaturas bastante elevadas. No solamente tiene una elevada temperatura de distorsión por calor (139°C), sino además posee la capacidad de resistir varios miles de psi de tensión en condiciones muy cercanas a la temperatura de distorsión por calor. Las siguientes gráficas ilustran sobre la influencia de la temperatura en las propiedades mecánicas:





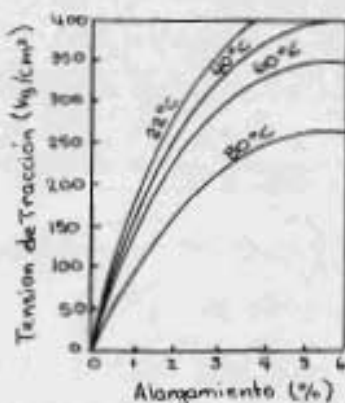
Una gran ventaja del policarbonato como material de ingeniería es que puede moldearse en partes con tolerancias muy estrechas y estas -- partes permanecieran dimensionalmente estables bajo un amplio rango de condiciones.

El encogimiento en el soldo del policarbonato es entre 0.005 y - 0.007 in/in y es casi constante en grado y dirección.

Plastodeformación.- El policarbonato posee una baja plastodeformación bajo carga, aún durante largos períodos de tiempo y temperaturas elevadas. Esto permite al diseñador usar el policarbonato con el conocimiento de que una parte será moldeada y permanecerá dentro de las estrechas tolerancias bajo un amplio rango de condiciones.

El siguiente diagrama muestra el comportamiento tensión de tracción alargamiento del P/C a diferentes temperaturas despues de 1 000 - horas:

Alargamiento del policarbonato no reforzado despues de 1 000 ho__
ras de esfuerzo de tracción:



La resistencia a la plastodeformación o deformación bajo carga -
del policarbonato es mayor que para la resina acetálica y las poliam__
das.

PROPIEDADES TERMICAS.

El policarbonato se caracteriza por una estabilidad dimensional --
al calor, extraordinariamente elevada. Los tipos diferentes de P/C no -
reforzados no se deforman bajo su propio peso hasta la temperatura de -
135° C., y en algunos casos, los tipos reforzados y en los de caracter-
ignífugo este límite térmico se incrementa hasta el intervalo de 140° -
145° C.. Por encima de estas temperaturas el policarbonato comienza a -
reblandecerse. A partir de unos 220° C., este polímero técnico se en__
cuentra en un estado de masa fundida, pero tan solo dentro del interva__
lo térmico de 240° - 260° C. muestra una fluidez tal que permite su ---
transformación en máquinas de moldeado por inyección y extrusión. Al ca__
lentarlos largo tiempo a temperaturas superiores a 320° - 340° C. se ini__
cia su descomposición térmica.

Las propiedades elásticas y tenaces del material se mantienen inalteradas hasta temperaturas muy bajas. Tan solo a temperaturas inferiores a -150°C puede observarse el comienzo paulatino de la fragilidad. El coeficiente de dilatación térmica del policarbonato es inferior al de muchos otros termoplásticos, alcanzando en el caso de los tipos reforzados, el nivel logrado por diversas aleaciones de metales ligeros. A continuación se presenta una tabla con las principales propiedades térmicas del Policarbonato:

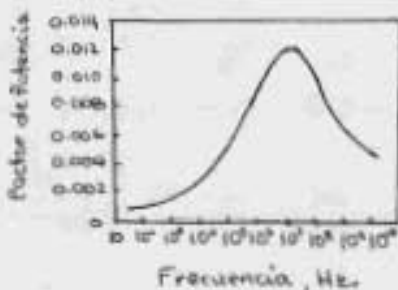
PROPIEDAD	UNIDADES	ASTM	VALORES
TEMPERATURA DE DISTORSION POR CALOR 264 PSI 64 PSI	$(^{\circ}\text{C})$	D-648	135-142 140-146
CONDUCTIVIDAD TERMICA	Cal/seg/cm ² / $^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ BTU/seg/Ft ² / $^{\circ}\text{F}/\text{in}$		$4.5-4.8 \times 10^{-4}$ 0.0225-0.0250
COEFICIENTE LINEAL DE EXPANSION TERMICA -30°C a $+30^{\circ}\text{C}$	cm/cm $^{\circ}\text{C}$ in/in $^{\circ}\text{F}$	D-696	$3.2-6.7 \times 10^{-5}$ $1.79-3.25 \times 10^{-5}$
CALOR ESPECIFICO	Cal/ $^{\circ}\text{C}/\text{gm}$.		0.30
TEMPERATURA DE TRANSICION	$(^{\circ}\text{C})$		$\sim 145^{\circ}\text{C}$
PUNTO DE FUSION CRISTALINO	$(^{\circ}\text{C})$		220-230
TEMPERATURA DE FRAGILIDAD	$(^{\circ}\text{C})$		< -135

PROPIEDADES ELÉCTRICAS

Las buenas propiedades eléctricas del policarbonato no son influidas por los cambios de temperaturas, ni por la acción de la humedad del medio ambiente. Lo anterior se podrá apreciar en las gráficas que se presentan a continuación. Al utilizarse el Policarbonato como material para el sector de alta frecuencia, ha de tenerse en cuenta que los valores de medición se alteran a medida que aumentan las frecuencias.

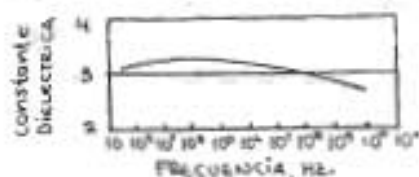
La constante dieléctrica es casi inafectada por la temperatura en un rango normal de operaciones y es poco afectada por los cambios de frecuencia hasta 10^6 Hz. .Arriba de este valor, la constante dieléctrica empieza a disminuir como es común en los materiales polares.

Al igual que con otros dieléctricos el factor de potencia depende de la presencia de grupo polar. a bajas frecuencias y en condiciones normales de trabajo(temperaturas de 20 a 100 C) el factor de potencia es sorprendentemente bajo para un polímero polar (aprox. 0.0009). A medida que la frecuencia aumenta, aumenta el factor de potencia, hasta alcanzar un valor máximo de 0.012 a 10^7 Hz., como puede verse en la siguiente gráfica:



Los Policarbonatos tienen una elevada resistividad volumétrica y debido a su baja absorción de agua, los valores obtenidos casi no son afectados por la humedad. Aunque estas propiedades no son tan impresionantes como las del polietileno, junto con su resistencia a la flama, transparencia y tenacidad, permiten que el Policarbonato sea ampliamente usado en la industria eléctrica.

Descripción gráfica y tabulación de las propiedades eléctricas del Policarbonato:

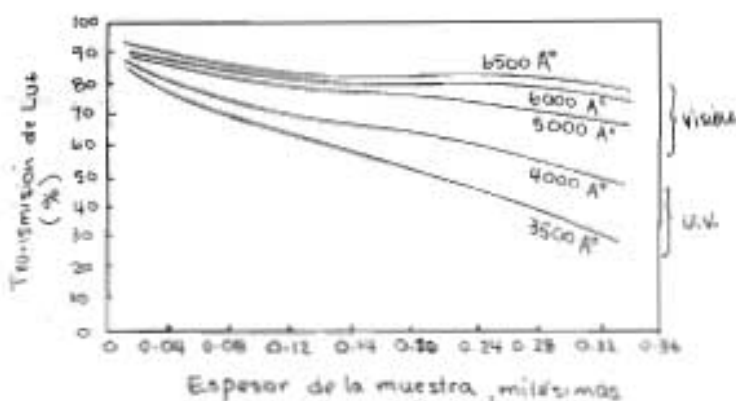


PROPIEDAD	UNIDADES	ASTM	VALOR
Factor de Potencia, 25°C. 60 Hz. 1 KHz. 10 KHz. 100 KHz. 1 MHz.		D-50	0.0009 0.0011 0.0021 0.0049 0.0100
Constante Dieléctrica 60 Hz. 1 KHz. 10 KHz. 100 KHz. 1 MHz.		D-50	3.17 3.02 3.00 2.99 2.96
RESISTENCIA VOL.	Ω -CM.		2.1×10^{14}
RESISTENCIA DIELECT.	Volts/0.001 in.	D-149	400

PROPIEDADES OPTICAS

El Policarbonato presenta el alto índice de refracción de 1.586. Los tipos incoloros y transparentes muestran una permeabilidad de 89%, en la zona visible del espectro. Por lo contrario la luz u.v. es absorbida provocando un amarillamiento y una reducción de la resistencia a los golpes. Por consiguiente, en todos los casos en que es emitida una radiación u.v. deberá recurrirse al empleo de un tipo estabilizado contra la acción de los rayos u.v..

El Policarbonato cuidadosamente preparado a partir de un Bifenol A de una pureza elevada es como el color del agua. Los grados comerciales son ligeramente amarillos debido a la pureza mas baja del Bifenol A empleado. Cuando se desea eliminar este color pajizo, se puede adherir una tinta azul para enmascarar el color pajizo. Los datos de transmisión de luz se dan a continuación:



principales características que hacen al Policarbonato un material idóneo para todo estos tipos de aplicaciones.

Luminotécnica y óptica

Pantallas;cajas para interruptores;retículos;páneles y aparatos de mando fotoeléctrico;portalámparas;carcasas para prismáticos;piezas para microscopios.

Estabilidad dimensional al calor,resistencia a los golpes,estabilidad a la luz u.v. ,producción económica,son las principales características que hacen al policarbonato un material idóneo para las aplicaciones anteriores.

Construcción de máquinas y aparatos,mecánica de precisión

Elementos de construcción para reguladores neumáticos y para bombas hidráulicas complejas;filtros-taza;cristales de observación(mirillas);caperuzas protectoras;carcazas;paredes y placas filtrantes;bombas para agua fría;discos de levas;válvulas;palancas;botones de mando;ruedas de ventiladores y piezas para máquinas de coser.

Estas aplicaciones del policarbonato son posibles gracias a su excelente elasticidad y tenacidad,gran seguridad de funcionamiento,resistencia a la abrasión y a la corrosión.

Sector del tráfico y la circulación

Carcasas para semáforos y discos de colores;señales de tráfico;letreos indicadores;revestimientos de vehículos(snow mobile);faros eléctricos;lámparas traseras;dispositivos de luz intermitente;lámparas de aviso y carcasas para tableros de instrumentos;rejillas de calefacción y de radiador;tacos de parachoques;cajas y recubrimientos de seguridad para cortacircuitos;vidrios de seguridad;lámparas para iluminación interior;carcasas para motores de antenas de automóviles ;recubrimientos para lámparas de posición de barcos.

PROPIEDADES QUIMICAS

El Policarbonato es resistente a los ácidos minerales(hasta altas concentraciones), a muchos ácidos orgánicos(tales como ácido carbónico, láctico oleico y cítrico), a los agentes de oxidación y reducción, soluciones salinas neutras ó ácidas, muchas grasas y aceites, hidrocarburos alifáticos y cicloalifáticos saturados, así como a los alcoholes, con excepción del alcohol metílico.

Es destruido por lejías(soluciones alcalinas), el gas amoníaco y su solución, y las aminas. Es disuelto por cloruro de metileno, dicloro etileno, cresol y dioxano.

Es atacado por álcalis, aminas, cetonas, ésteres e hidrocarburos aromáticos. Algunos compuestos como el benceno, tetracloruro de carbono y la acetona lo hinchan.

CAPITULO X

PROPIEDADES DE LAS POLIAMIDAS

Plastificadores.

Las resinas de elevada flexibilidad son difíciles de obtener en polímeros altamente cristalinos tales como los nylons 6 y 6/6. Afortunadamente, en el caso del nylon 6 el monómero residual (ε-prolactama es un plastificante efectivo y si no se extrae después que la polimerización ha alcanzado el equilibrio, importará un incremento en la resistencia al impacto pero una disminución de la rigidez.

En los polímeros con un nivel más bajo de cristalización tales como los copolímeros de nylon y los nylons 11 y 12 la adición de plastificantes es necesaria para mejorar la flexibilidad y disminuir los módulos. Se usan tres tipos básicos de plastificantes con los nylons: (1) glicoles alifáticos (2) sulfonamidas y (3) monómero residual de caprolactama. Los dos primeros se agregan a la resina durante su manufactura mientras que el tercero es un producto residual de polimerización de nylon 6. Las aplicaciones típicas de nylons plastificados son tales como cuerdas de pescar, tubería flexible, medias y calcetines y cubiertas para cables.

Estabilizadores.

Los polímeros de nylon no estabilizados sometidos a temperaturas de servicio de 175°F, a la luz solar por períodos prolongados de tiempo o inmersión prolongada en agua caliente pueden llegar a degradarse y ahacerse quebradizos. Para evitar esto, se adicionan estabilizadores para evitar por un lado la oxidación a temperatura antes mencionada, lográndose una resistencia a la temperatura entre 200° y 250°F, en presencia o ausencia de agua. Esta estabilidad térmica se logra mediante la adición de sales de cobre combinadas con estales halogenados. El estabilizador contra la luz U.V. para los nylons es el negro de humo finamente

disperado a una concentración aproximadamente 2 %. De esta manera la resistencia a la luz solar se incrementa 10 veces.

Cargas y Agentes Reforzantes.

La incorporación de cargas y refuerzos son necesarios en la alteración de las propiedades mecánicas para necesidades específicas. El refuerzo más común es la fibra de vidrio. Existen resinas disponibles con cargas desde un 6 hasta 60 % de fibra de vidrio.

Se logra con esto un mejoramiento en la resistencia a la tensión, módulo flexural, resistencia a la compresión y estabilidad dimensional. Por otro lado disminuyen las propiedades de impacto debido a la disminución de la resiliencia. Hay tres tipos de vidrio que se usan con la familia de los nylons: (1) fibras largas de vidrio (2) fibras cortas de vidrio (3) esferas de vidrio.

Los nylons con cargas de asbesto son también muy comunes y útiles. Aparte de lograr una mejoría de las propiedades mecánicas, se logra una mejoría en las propiedades eléctricas.

Se usan además otras cargas con los nylons tales como disulfuro de molibdeno, grafito y politetrafluoroetileno. Todas estas cargas tienen como finalidad mejorar la resistencia al uso de los nylons, impartiendo además altas características de lubricación. El disulfuro de molibdeno se usa para disminuir el coeficiente de fricción. El TFE lo hace más resistente al uso.

PROPIEDADES FÍSICAS DEL NYLON 66.

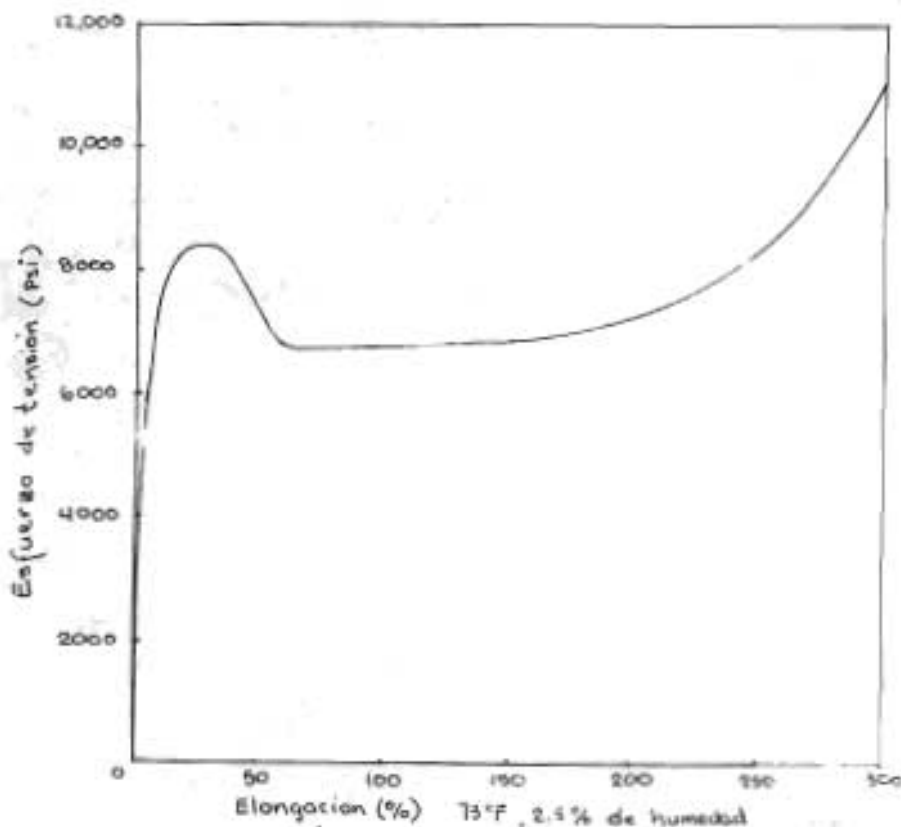
A continuación se presenta una tabla de propiedades físicas de diferentes tipos de poliamidas.

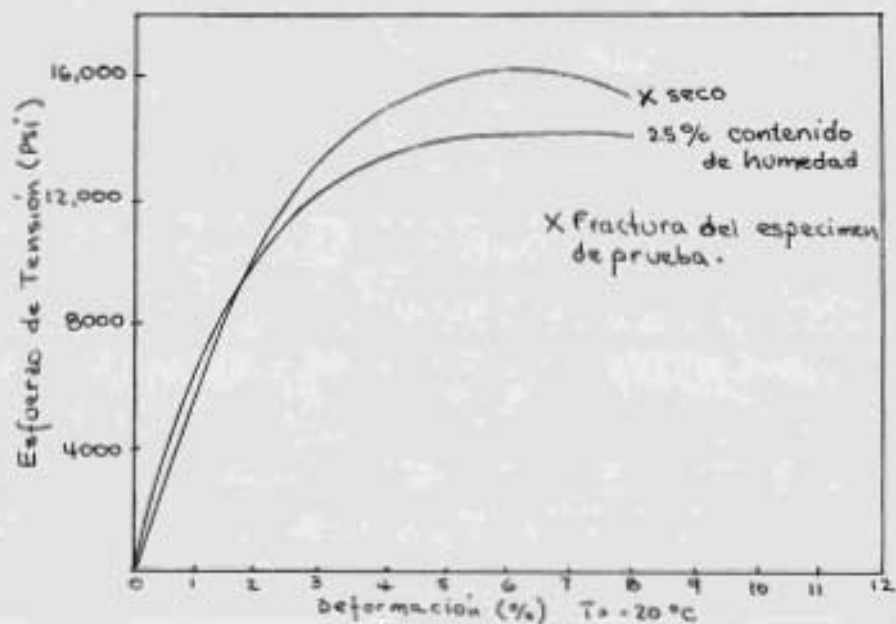
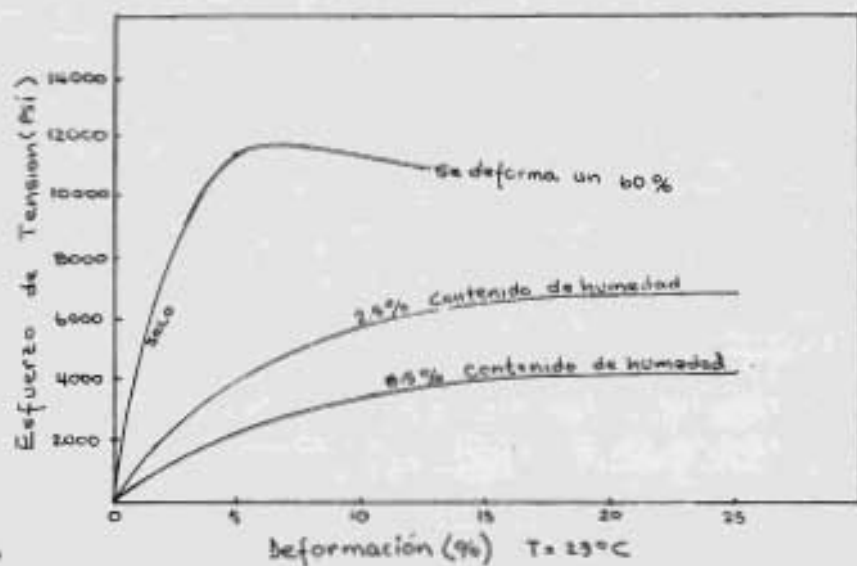
<u>PROPIEDAD</u>	<u>UNIDADES</u>	<u>NYLON 6/6</u>	<u>NYLON 6/10</u>	<u>NYLON 6</u>
Densidad	(g/cm ³)	1.13 - 1.15	1.07 - 1.09	1.12-1.14
Absorción de Agua (24 hrs.)	(%)	1.5	0.4	2.9
Absorción de Agua, Saturación	(%)	8	3.5	9.9
Flamabilidad		Autoextinguible	Autoextinguible	Autoextinguible
Encogimiento en el Molde	(in/in)	0.015	0.015	- - -

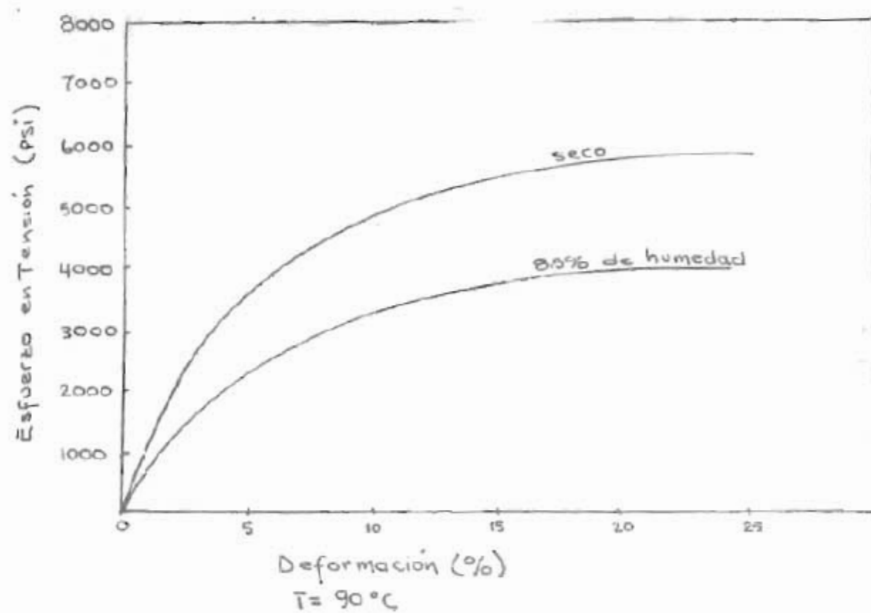
PROPIEDADES MECANICAS DEL NYLON 66.

El nylon 66 es similar al nylon 6; ambos plásticos son fuertes, resistentes y relativamente rígidos. La tenacidad de estas poliamidas está en función del peso molecular, la estructura cristalina y del contenido de humedad y diseño de las piezas.

En la siguiente figura que presenta el comportamiento esfuerzo - deformación del nylon 66 puede apreciarse el alto grado de elongación de esta resina antes de la ruptura. Esto es un factor clave en el diseño de partes que requieran una tenacidad sobrenormal y capacidad para soportar impactos repetidos.

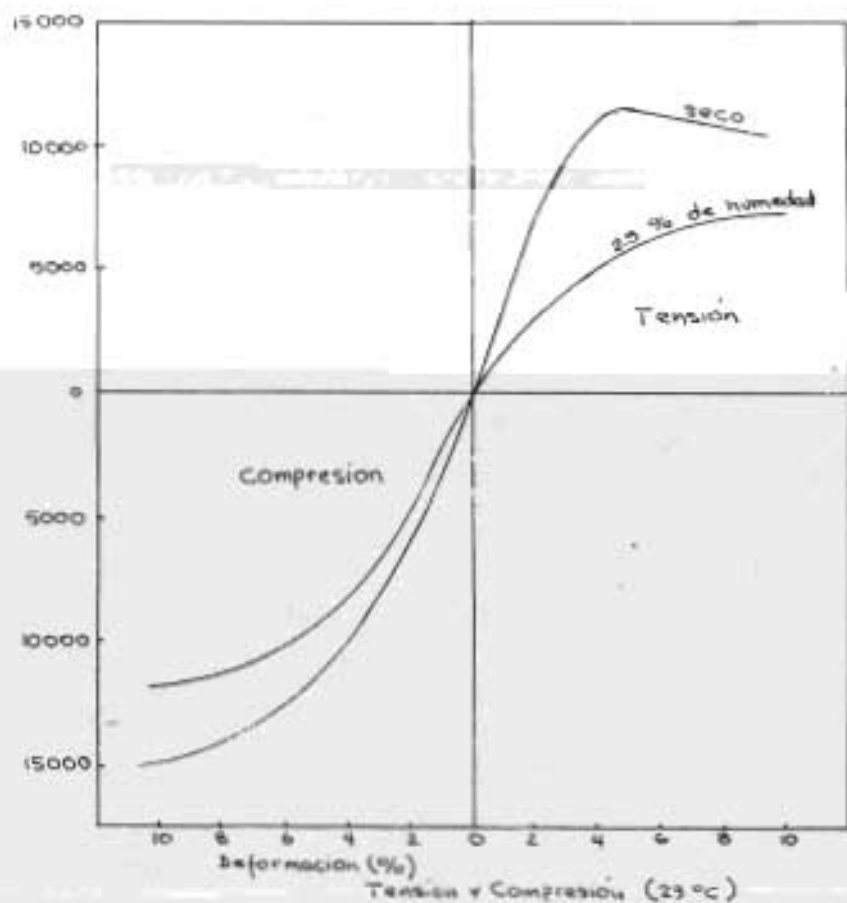






TENSION Y COMPRESION

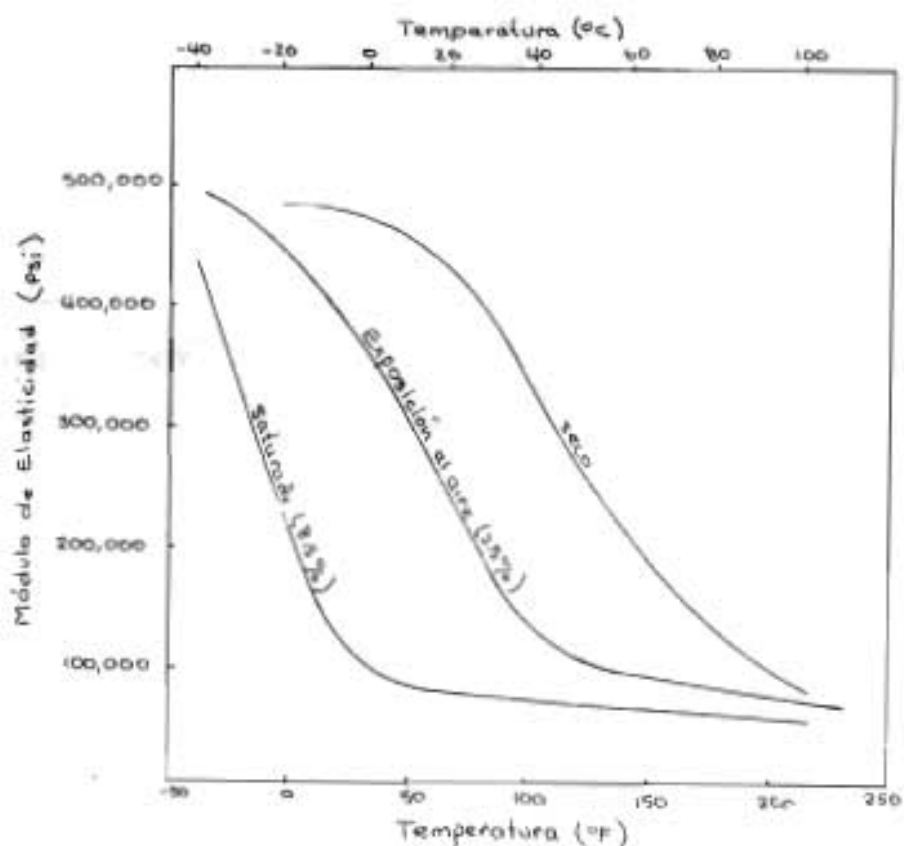
En algunos calculos, es importante para el diseñador conocer las curvas esfuerzo-deformacion tanto para tension como para compresion. Para deformaciones relativamente largas, el esfuerzo de compresion es más grande que el de tension correspondiente. Esto indica que el esfuerzo en el límite elástico en compresión es más grande que el mismo en tensión. También puede verse para propósitos prácticos que las curvas esfuerzo-deformación en tensión y compresión son idénticas para niveles bajos de deformación.



Por lo tanto, a baja deformación, el módulo de elasticidad en compresión es igual al módulo en tensión. Puede entonces concluirse que el módulo flexural es igual al módulo en tensión.

MODULO DE ELASTICIDAD.

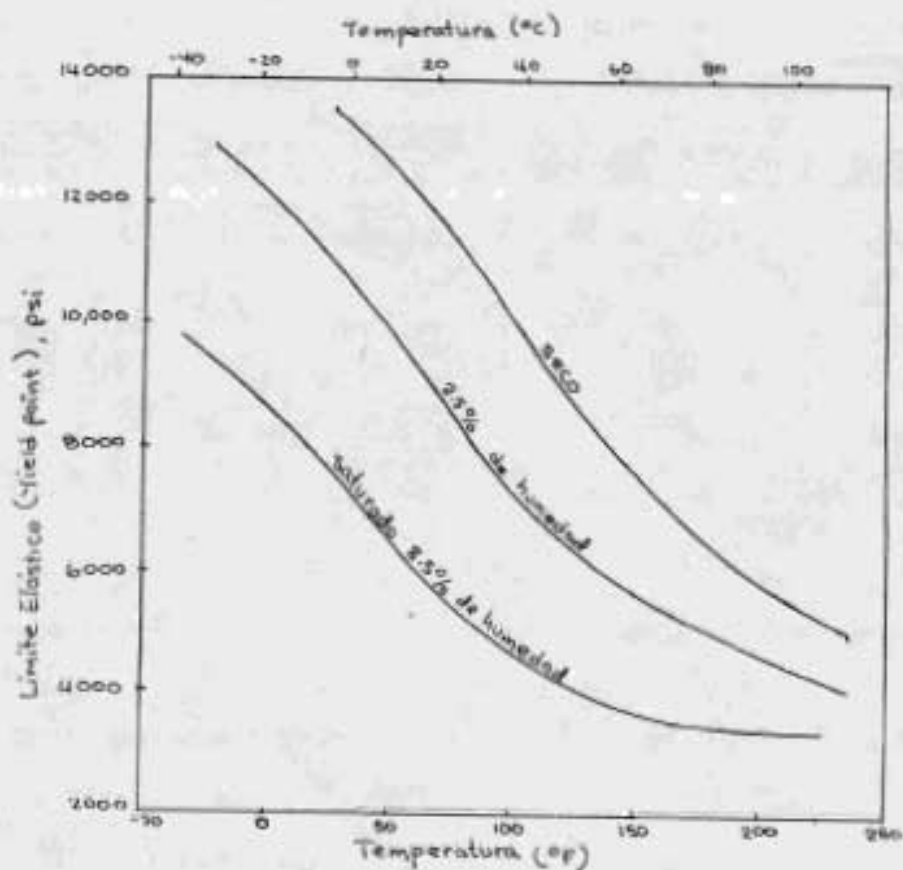
A continuación se presentan dos gráficos del módulo de elasticidad bajo la acción de diferentes medio ambientes. Esta información puede usarse para calcular la deflexión inicial bajo carga.

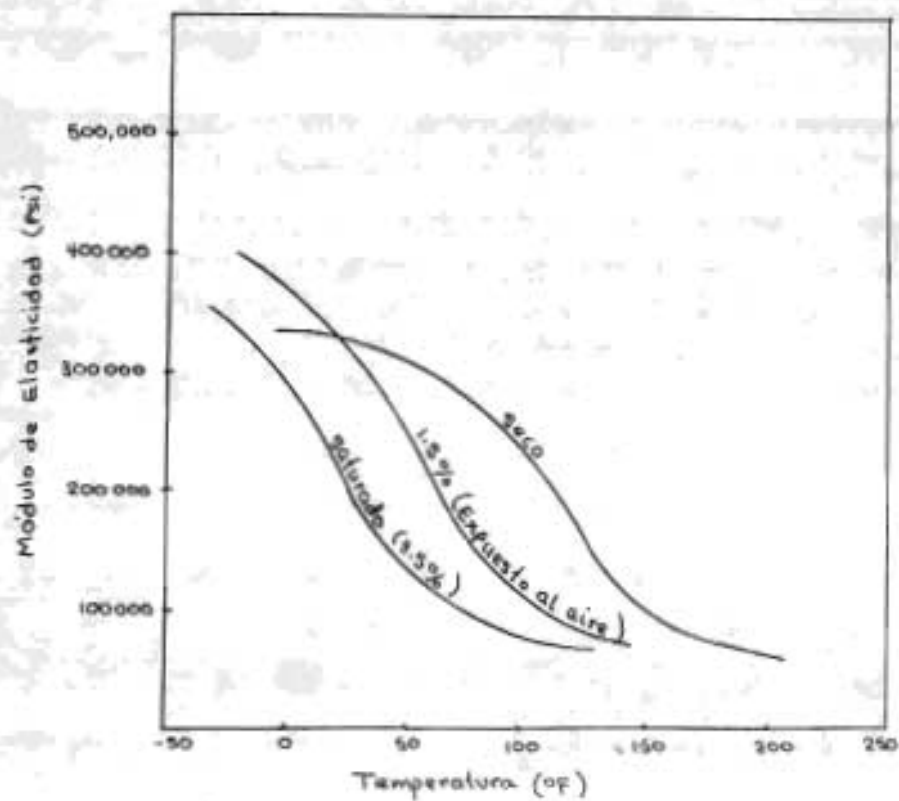


LIMITE ELASTICO.(YIELD POINT)

Este se define como el primer punto en la curva esfuerzo - deformación en el cual se realiza un aumento de la deformación sin que el esfuerzo aumente.

En el diseño de partes en las cuales el principal factor es el de la falla debido a una deformación grande o fractura, las propiedades mecánicas en relación a este punto son de importancia primaria. A continuación se grafica esta propiedad en relación a la temperatura:



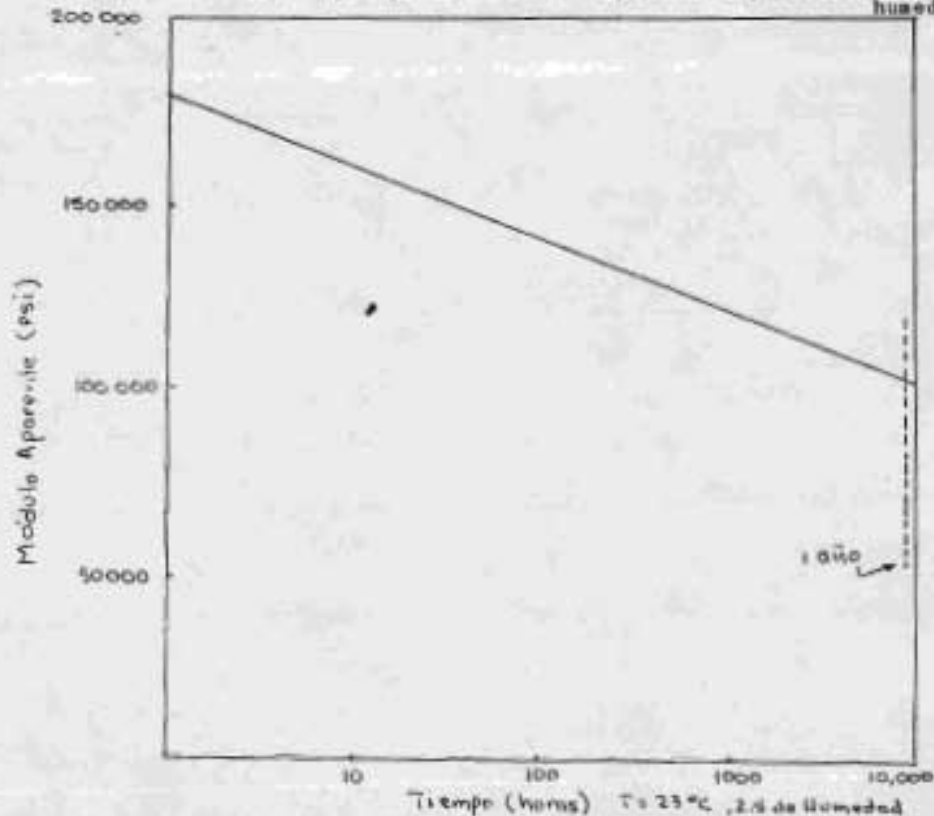


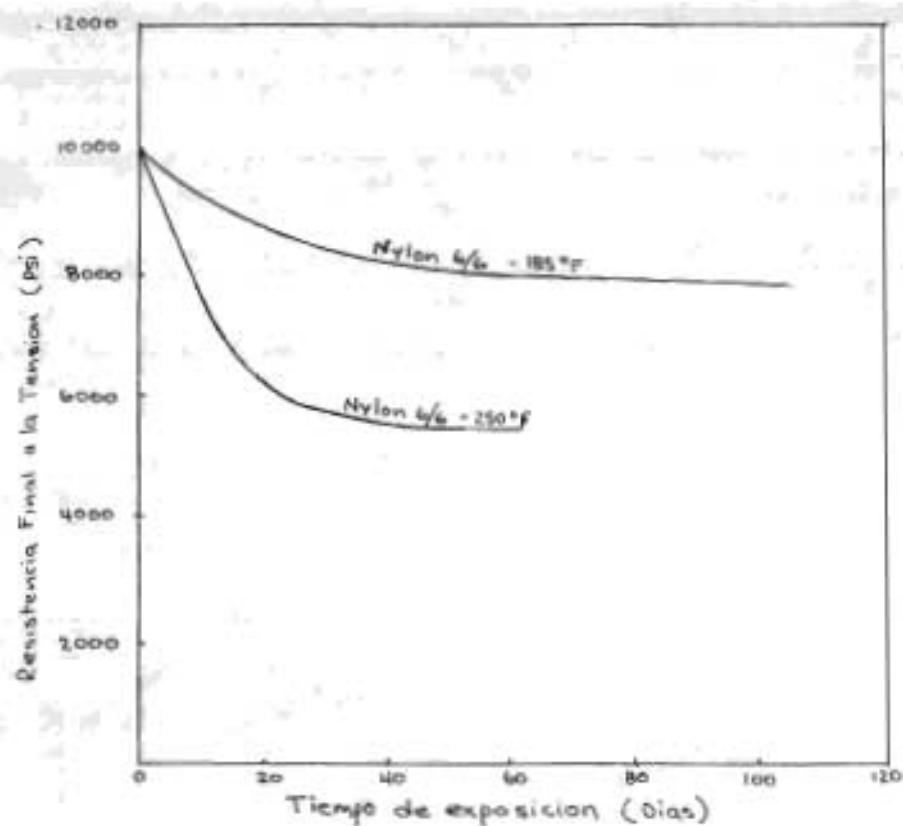
PLASTODEFORMACION Y RELAJAMIENTO DEL ESFUERZO.

El concepto de módulo de elasticidad aparente puede ser usado por el diseñador para predecir el funcionamiento de los materiales plásticos bajo carga con el uso del tiempo. Aunque el módulo a cualquier temperatura es ordinariamente constante, el concepto de variación del módulo proporciona un método práctico para determinar la plastodeformación (creep).

La plastodeformación se define como una deformación continua a través del tiempo bajo carga. El módulo de elasticidad aparente puede usarse también para determinar el relajamiento del esfuerzo, el cual es una caída de la fuerza con el tiempo a una deformación constante.

Los datos del módulo aparente en función del tiempo se grafica en las siguientes figuras, bajo diferentes temperaturas y condiciones de humedad.





(Muestras probadas a 73°F y 2.5 % de humedad)

PROPIEDADES TÉCNICAS.

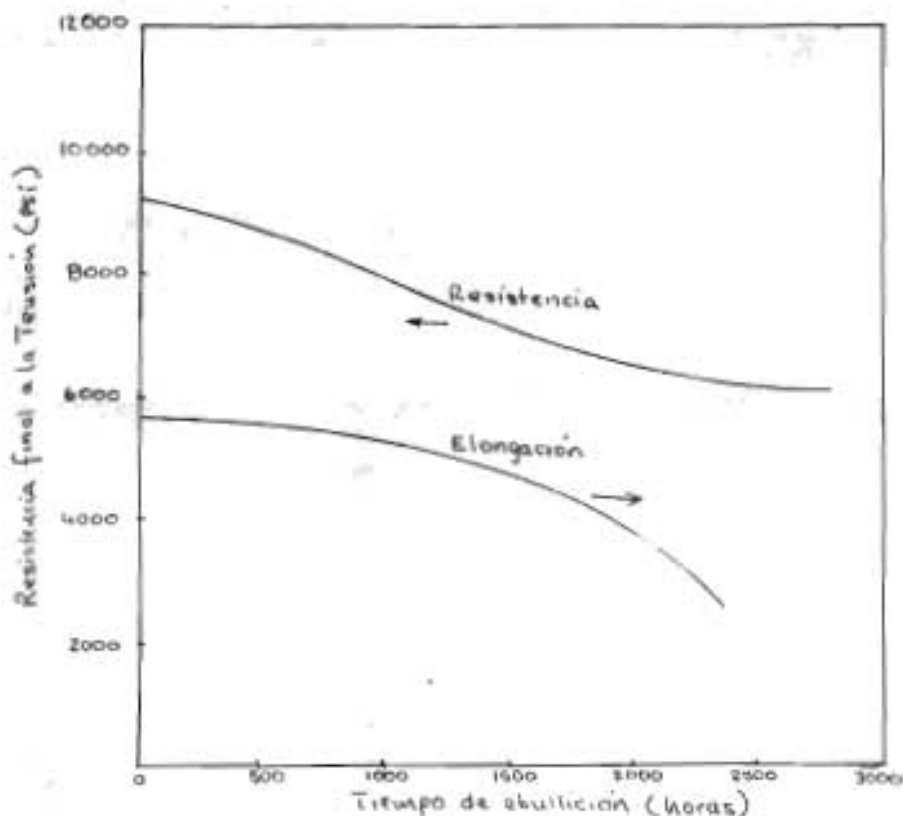
Una de las mayores ventajas de las propiedades del nylon es que conserva sus propiedades mecánicas bajo un amplio rango de temperaturas. Las partes fabricadas con esta resina pueden usarse desde -60F a 400F.

Algunas de las propiedades técnicas se describen a continuación:

PROPIEDAD	NYLON 6/6	NYLON 6/10
<u>Conductividad Térmica</u>		
Btu/hr/Ft ² /°F/in	1.7	1.5
<u>Calor Específico</u>		
Abajo de 32°F	0.3	0.3
32°F a 120°F	0.35	0.38
120°F a 210°F	0.45	0.50
210°F a 400°F	0.55	0.60
<u>Coefficiente lineal de Expansión Térmica</u>		
10/in/°F - 40°F	3.5 X 10 ⁻⁵	4 X 10 ⁻⁵
32°F	4 X 10 ⁻⁵	4.5 X 10 ⁻⁵
73°F	4.5 X 10 ⁻⁵	5 X 10 ⁻⁵
170°F	5 X 10 ⁻⁵	6 X 10 ⁻⁵

RESISTENCIA ELEVADA A LA TEMPERATURA EN AGUA.

Un cambio similar de las propiedades se encuentra cuando el nylon es expuesto por largos períodos en agua a temperaturas elevadas. En este caso ocurre una reacción con el agua. A temperaturas hasta de 120° esta reacción es insignificante. Esto se ha confirmado midiendo el peso molecular en muestras de 15 años de edad. A continuación se grafica la influencia del agua caliente sobre esta resina en función del tiempo.



Efecto del agua hirviendo en la resistencia a la tensión y la elongación del Nylon 6/6. Datos tomados a 75°F después de la exposición.

ESTABILIDAD DE FORMA A TEMPERATURAS ELEVADAS.

El nylon 66 conserva su estabilidad de forma a temperaturas de - 350 F y mayores. La siguiente información puede ser una guía para el diseñador:

NYLON 6/6	ESFUERZO PARA PRODUCIR	ESFUERZO PARA PRODUCIR
	UNA DEFORMACION DEL 1% (1,000 HORAS)	UNA DEFORMACION DEL 1% (10,000 HORAS)
73°F, 50% H.R.	1,300 psi	1,000 psi
73°F, 100% H.R.	800	700
194°F seco	700	600
194°F 100% H.R.	600	550

PROPIEDADES QUÍMICAS.

Las resinas nylon son sobrealientes en su resistencia a un amplia variedad de sustancias orgánicas e inorgánicas. No son afectados por -- aceites lubricantes y grasas, hidrocarburos alifáticos y aromáticos, -- ésteres comunes, cetonas, éteres, amidas, etc.. A diferencia de algu-- nos metales, no son afectados por corrosión electrolítica. Son ataca-- dos por ácidos fuertes y agentes oxidantes. Resistien soluciones de con-- centraciones elevadas de alcalis. Resiste a las sales y sus soluciones. Sin embargo, algunas sales pueden atacarlo. Tales sales son el tiocia-- nato de calcio, bromuro de calcio, cloruro de calcio, tiocianato de po-- tasio, y cloruro de cinc. Estas sales tienen una acción solvente sobre el nylon, particularmente en concentraciones elevadas (50-80%). Los hi-- drocarburos parcialmente halogenados, tales como el cloruro de metile-- no, cloroformo, y dicloro etileno, son absorbidos por el nylon con --- excepción del tetracloruro de carbono.

La siguiente tabla describe los efectos de numerosos reactivos co-- munes en una barra de nylon de 1/8".

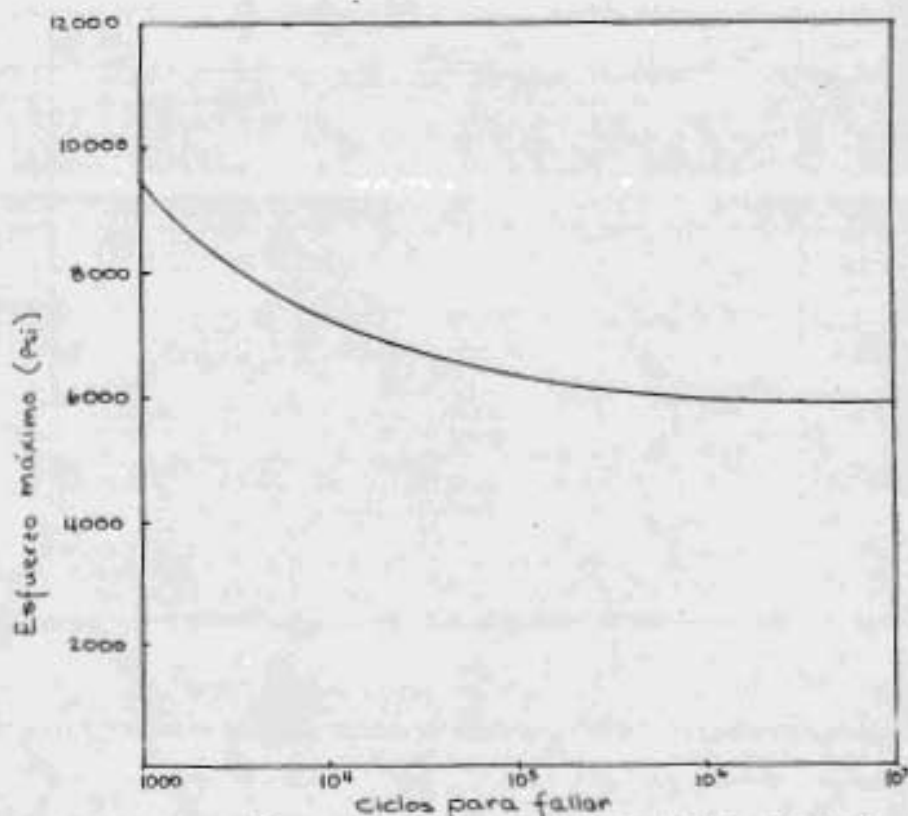
<u>R E A C T I V O</u>	<u>TEMPERATURA (°F)</u>	<u>CONCENTRACION (%)</u>	<u>RESULTADO</u>
Acetaldehído	125	90%	Satisfactorio
Acido Acético	50	10	Servicio Limitado
Acetona	125	90	Satisfactorio
Alcoholes	150	90	Satisfactorio
Hidróxido de Amonio	75	10	Satisfactorio
Cloruro de Amonio	125	10	No Satisfactorio
Cloruro de Bario	75	10	No Satisfactorio
Acido Benzoico	75	10	No Satisfactorio

<u>R E A C T I V O</u>	<u>TEMPERATURA (°F)</u>	<u>CONCENTRACION (%)</u>	<u>RESULTADO</u>
Bromo Líquido	75	10	Satisfactorio
Acido Bórico	75	10	Satisfactorio
Acido Butírico	75	10	Limitado
Acido Butírico	75	30	No Satisfactorio
Acido Carbónico	75	10	Satisfactorio
Acido Cloroacético	75	10	No Satisfactorio
Clorogaseoso, Cloro en agua	75	30	No Satisfactorio
Acido clorosulfónico	75	10	No Satisfactorio
Acido Crómico	75	10	No Satisfactorio
Cloruro de Cobre	75	10	No Satisfactorio
Sulfato de Cobre	75	10	No Satisfactorio
Diétilen Glicol	75	90	Satisfactorio
Etilen Glicol	75	90	Satisfactorio
Cloruro Férrico	75	10	No Satisfactorio
Cloruro Ferroso	75	10	No Satisfactorio
Sulfato Ferroso	75	10	No Satisfactorio
Acido Fluorosilico	75	10	No Satisfactorio
Acido Fórmico	75	10	No Satisfactorio
Glicerina	75	90	Satisfactorio
Acido Hidrobrómico	75	10	No Satisfactorio
Acido Clorhidrico	75	10	No Satisfactorio
Acido Fluorhidrico	75	10	No Satisfactorio
Peróxido de Hidrógeno	75	10	No Satisfactorio
Sulfuro de Hidrógeno	75	90	No Satisfactorio

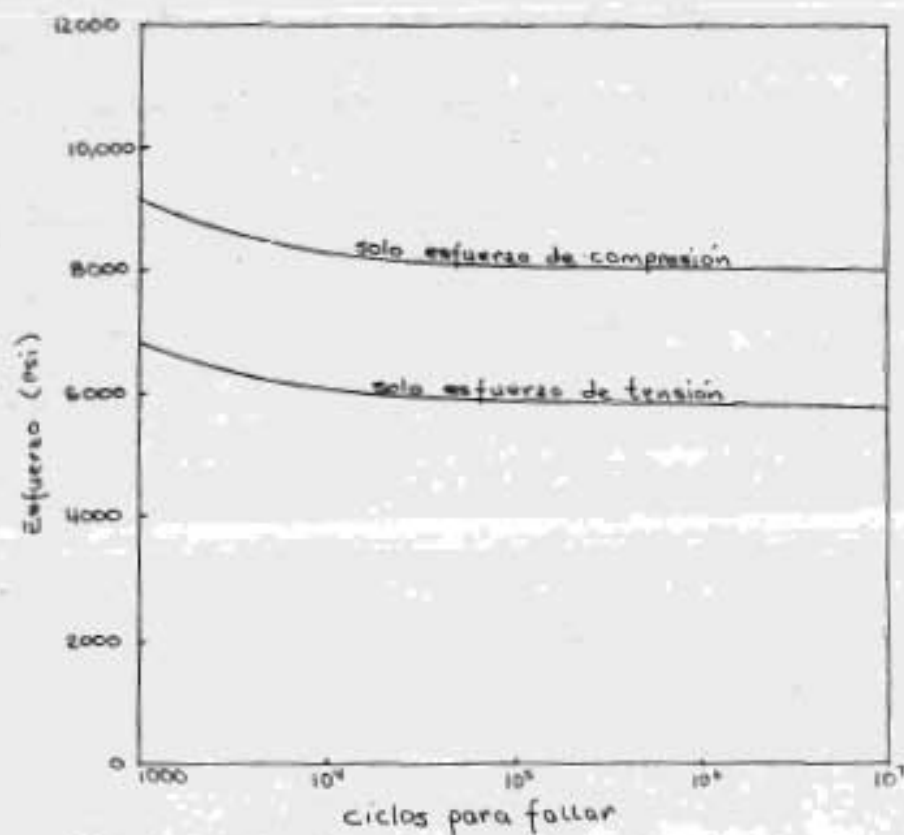
<u>R E A C T I V O</u>	<u>TEMPERATURA (°C)</u>	<u>CONCENTRACION (X)</u>	<u>RESULTADO</u>
Metiletil cetona	125	90	Satisfactorio
Acido Nítrico	75	10	No Satisfactorio
Acido Oxálico	75	10	No Satisfactorio
Acido Perclórico	75	10	No Satisfactorio
Fenol	75	10	No Satisfactorio
Acido Fosfórico	75	10	No Satisfactorio
Bicarbonato de Potasio	75	60	Satisfactorio
Carbonato de Potasio	75	60	Satisfactorio
Cloruro de Potasio	75	90	Satisfactorio
Hidróxido de Potasio	75	10	Satisfactorio
Sulfuro de Potasio	75	90	Satisfactorio
Acetato de Sodio	100	60	Satisfactorio
Bicarbonato de Sodio	75	50	Satisfactorio
Carbonato de Sodio	90	75	Satisfactorio
Cloruro de Sodio	75	90	Satisfactorio
Hidróxido de Sodio	75	10	Satisfactorio
Nitrato de Sodio	75	50	Satisfactorio
Sulfato de Sodio	75	90	Satisfactorio
Cloruro Estánico	75	10	No Satisfactorio
Sulfato Estánico	75	10	No Satisfactorio
Acido Sulfúrico	75	10	No Satisfactorio
Cloruro de Zinc	75	10	No Satisfactorio

PROPIEDADES DE FATIGA.

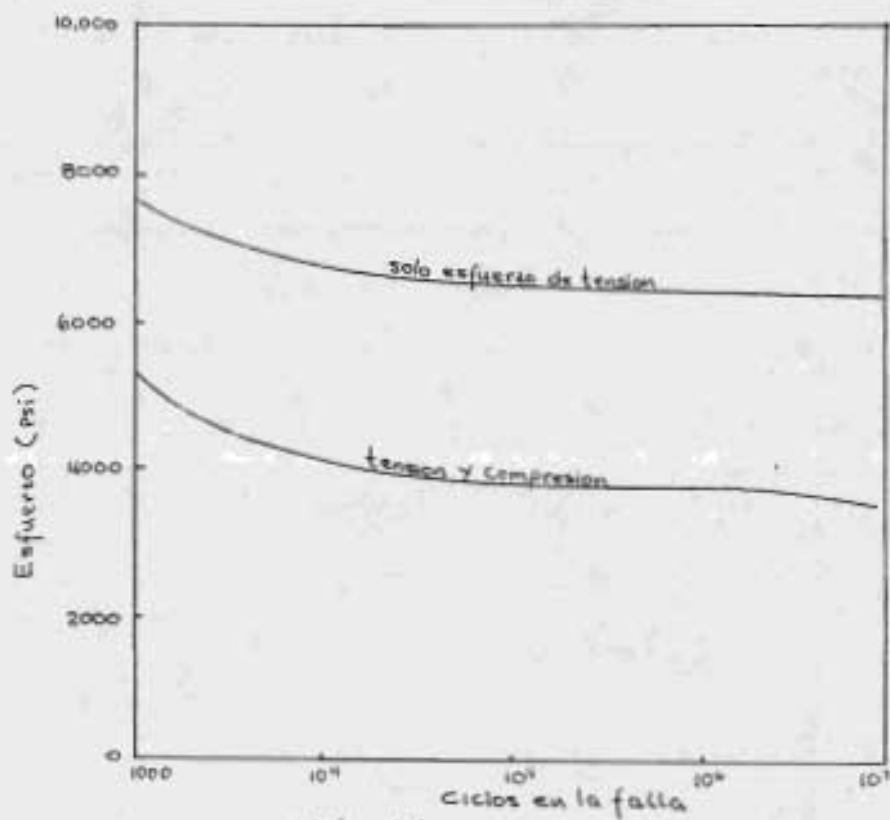
Todos los materiales, cuando se someten a esfuerzos cíclicos repetidos, fallarán finalmente a un esfuerzo más bajo que la resistencia estática. Este fenómeno se conoce como falla en fatiga. Los datos de fatiga dependen del medio ambiente y del contenido de humedad del nylon. A continuación se grafican los datos de la fatiga bajo diferentes condiciones de esfuerzo:



Fatiga flexural a la temperatura ambiente y 0.3% de humedad. Esfuerzo cte. repetido a 1200 ciclos por min.



Fatiga en tensión y compresión a temperatura ambiente y 2.5% de humedad. Esfuerzo a 1200 ciclos por minuto.



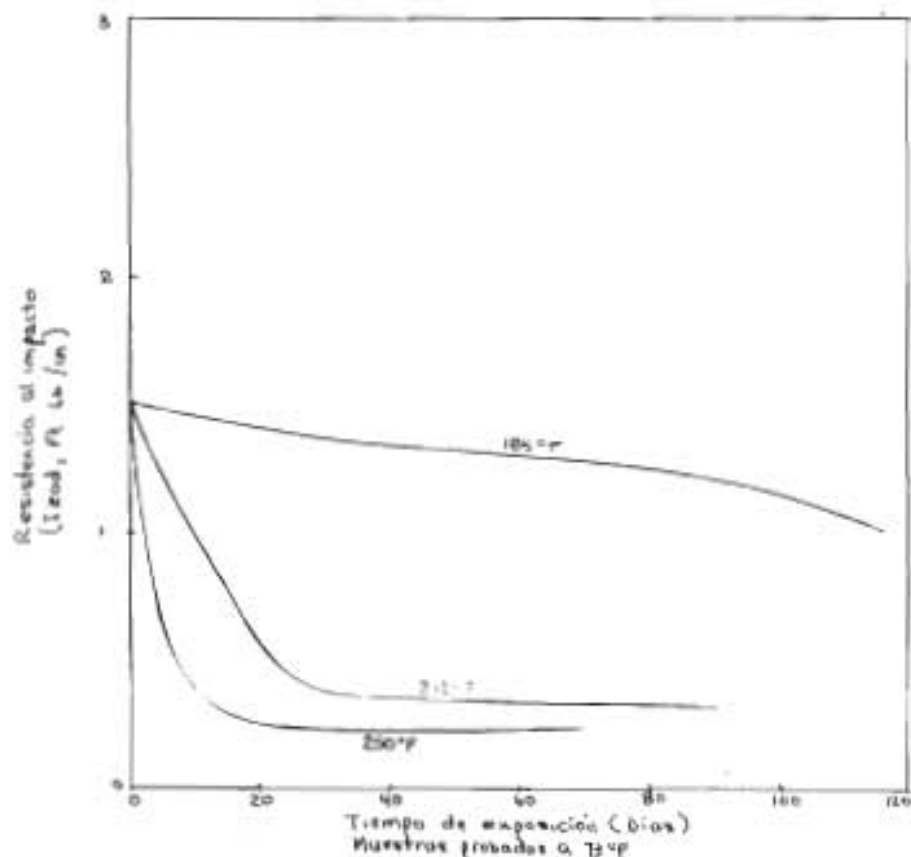
Nylon 6/10
Temperatura ambiente
15 de humedad
Esfuerzo a 1200 Ciclos por minuto.

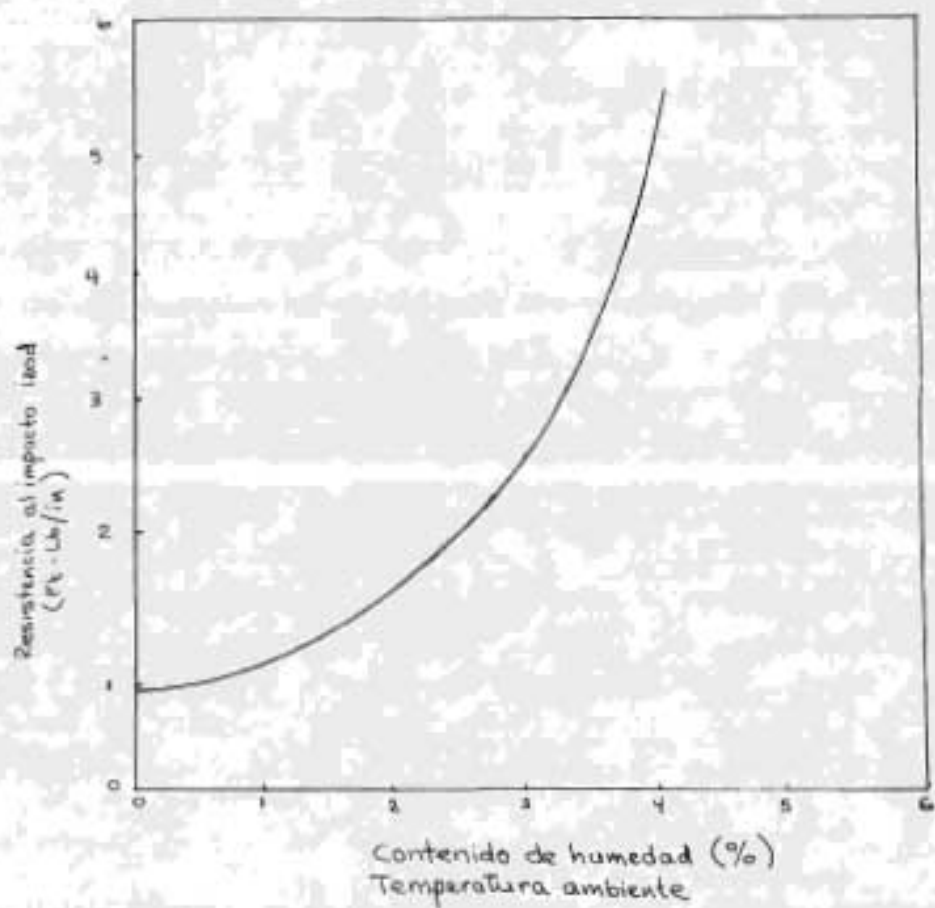
Los datos de fatiga se usan para el diseño de engranes.

RESISTENCIA AL IMPACTO.

La resistencia al impacto, o la capacidad para absorber un golpe o una serie de golpes, es difícil de predecir en una parte soldada debido a que la forma tiene un gran efecto en el comportamiento. Las pruebas de impacto miden la energía necesaria para fracturar el espécimen de prueba.

El calor y la humedad incrementan la resistencia al impacto del nylon, es decir, lo hacen más flexible. Las siguientes tablas ilustran la resistencia al impacto del nylon bajo diferentes condiciones térmicas y de humedad.





DUREZA.

Los valores de la dureza del nylon se describen a continuación:

MATERIAL	DUREZA SECO	ROCKWELL 50% H.R.	DUREZA SECO	DUROMETRO (ESCALA D) 50% H. R.
Nylon 6/6	R118	R108	89	82
Nylon 6	R107	----	85	72
Nylon 6/10	R111	----	83	79

RESISTENCIA A LA ABRASION.

El nylon tiene una destacada resistencia a la abrasión. Un material resistente como el nylon puede deformarse bajo carga y retornar a sus dimensiones originales sin desgaste. En la siguiente tabla se describen las propiedades de abrasión del nylon comparándolas con otros materiales:

MATERIAL	DUREZA TABER
Nylon 6/6	1
Poliestireno (varios tipos)	9-26
ABS	9
SA.	-
Acetato de Celulosa	9-10
Acetato Butirato de Celulosa	9-15
Metil Metacrilato	2-5
PVC	9-12

PROPIEDADES DE FRICCIÓN.

A continuación se describen las propiedades de fricción del nylon, determinadas bajo diferentes condiciones:

COEFICIENTE DE FRICCIÓN DEL NYLON 6/6.

Nylon sobre Nylon:

No Lubricado	Estático	Dinámico
Máximo	0.46	0.19
Mínimo	0.36	0.11

Nylon sobre Poliacetal:

No Lubricado	Estático	Dinámico
Máximo	0.20	0.11
Mínimo	0.13	0.08

Nylon sobre Acero:

No Lubricado	Estático	Dinámico
Máximo	0.74	0.43
Mínimo	0.31	0.17

Presión normal 20 psi (1.41 Kg/cm²)

Rapidez de deslizamiento 95 Ft/min (29 metros/min)

Temperatura 73°F (23°C)

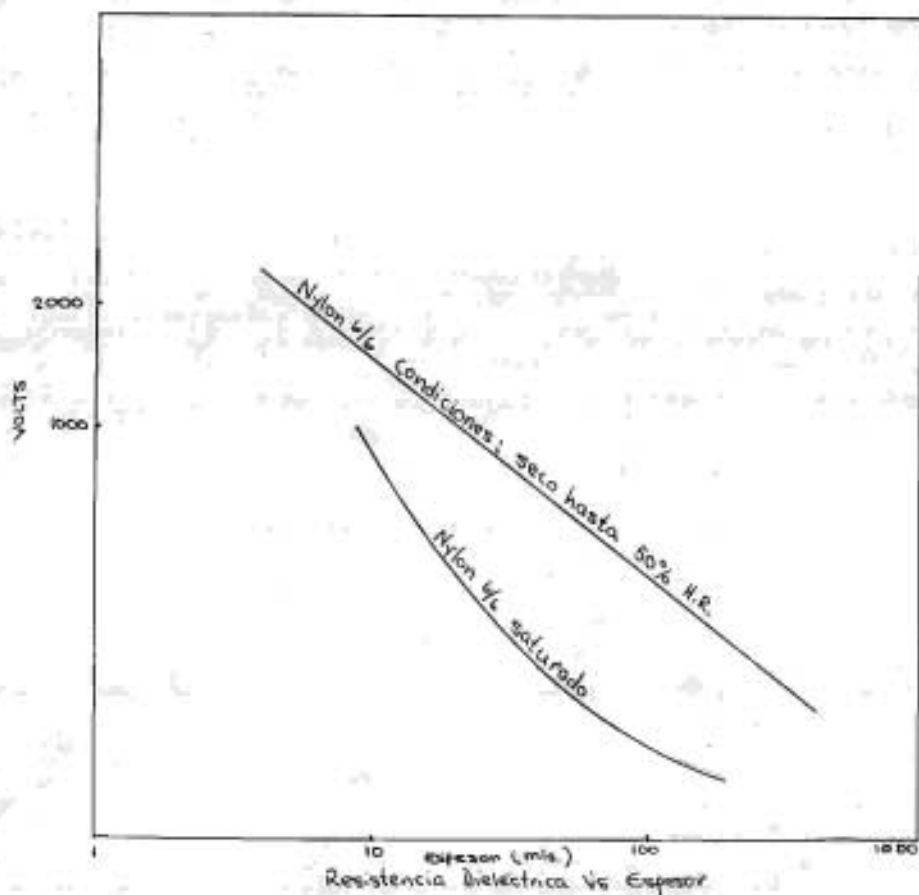
Nylon con un 2 1/2% de Humedad

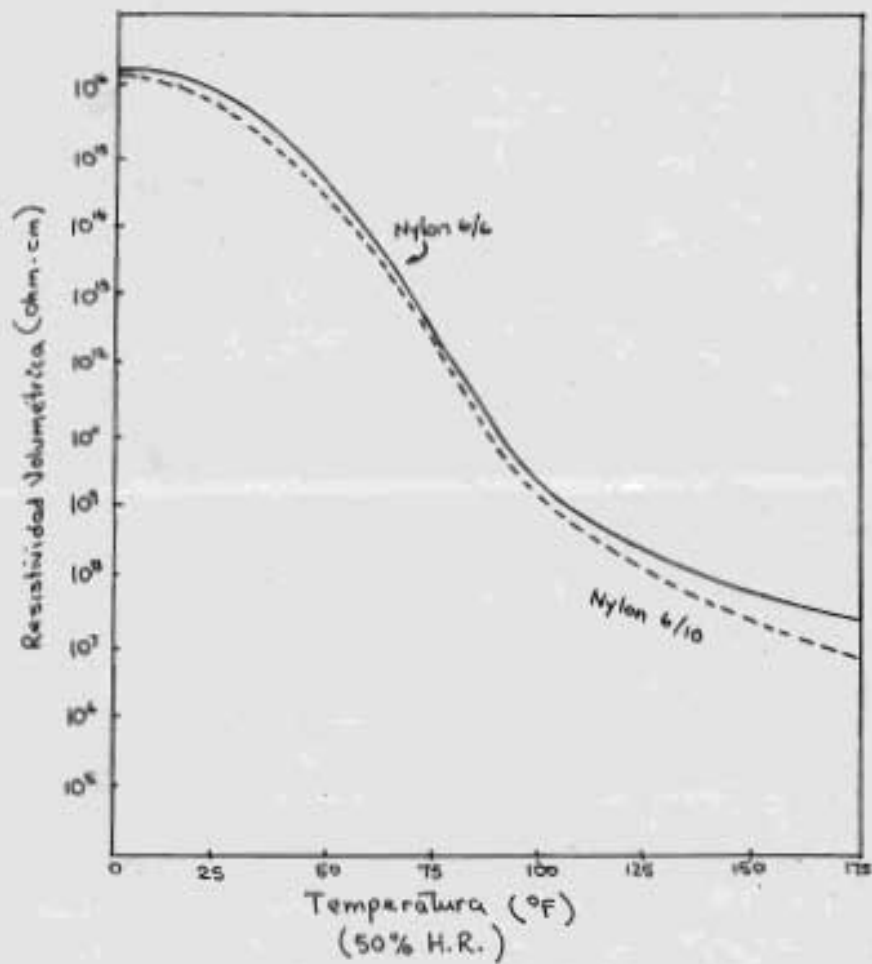
Método de Prueba: Thrust Washer.

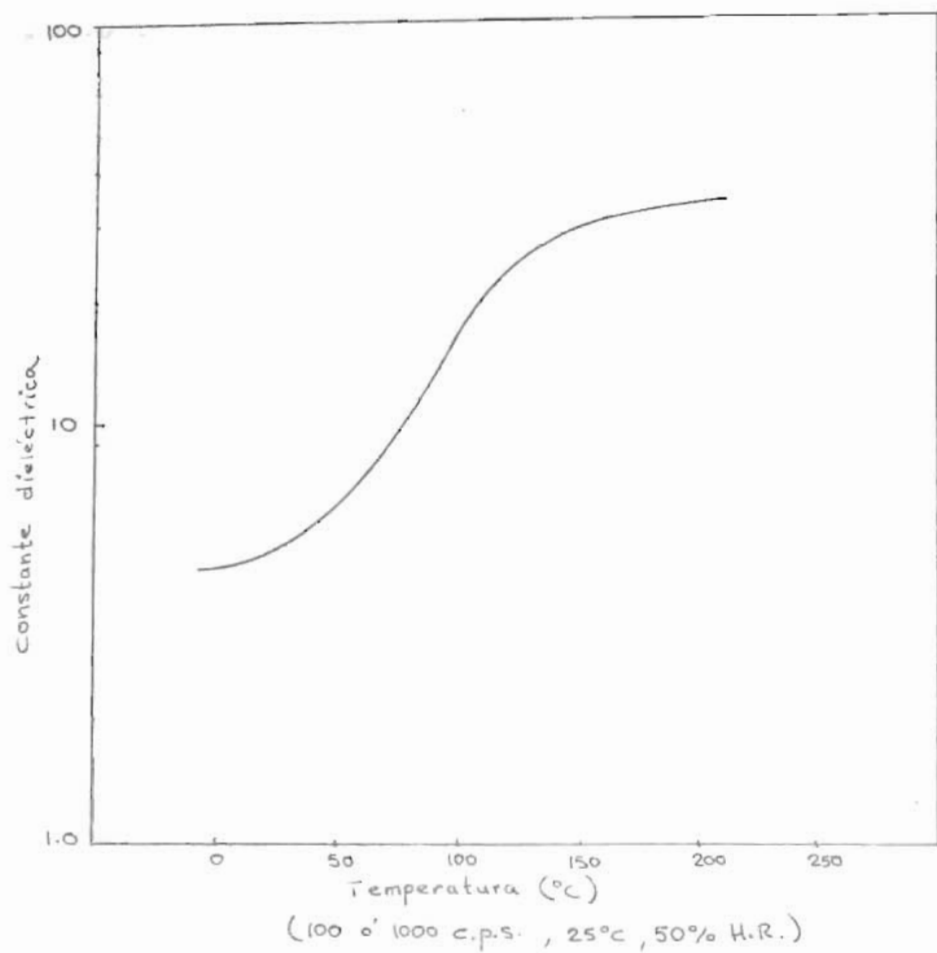
PROPIEDADES ELECTRICAS.

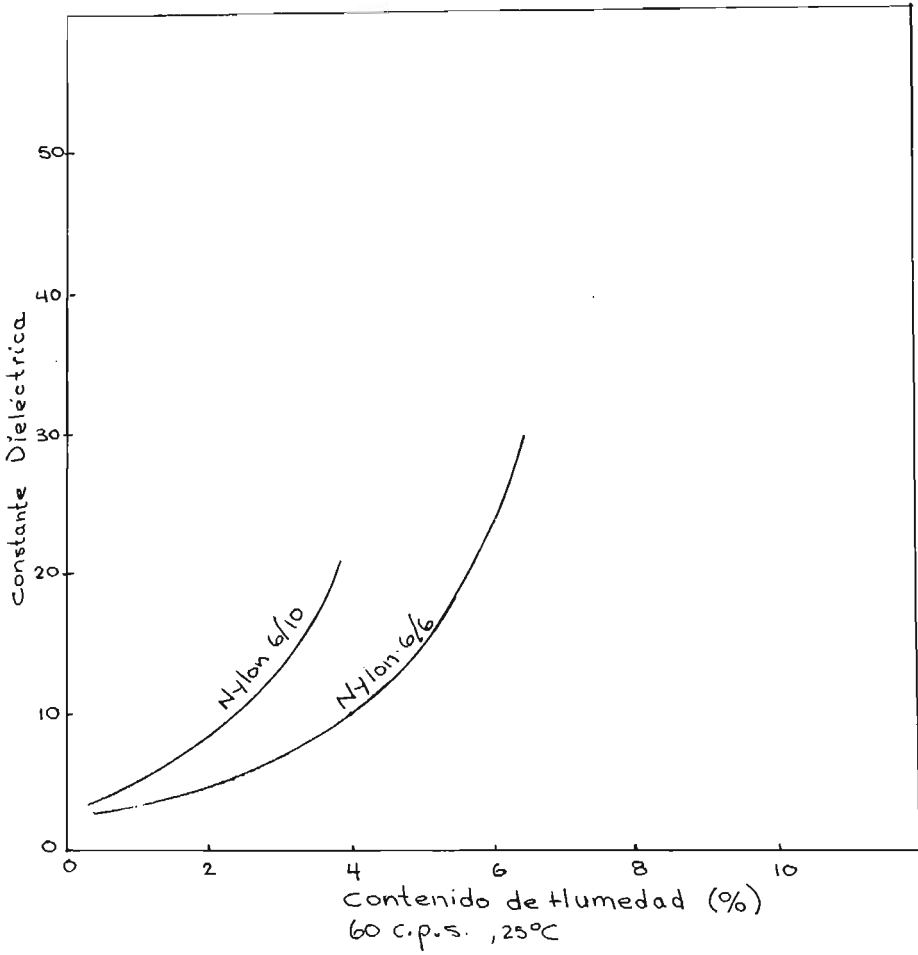
Debido a su combinación de resistencia mecánica, capacidad para - trabajar continuamente a temperaturas tan elevadas como 105 C, y buena resistencia al interperismo, el nylon se ha llevado a un uso ampliamente en la industria eléctrica.

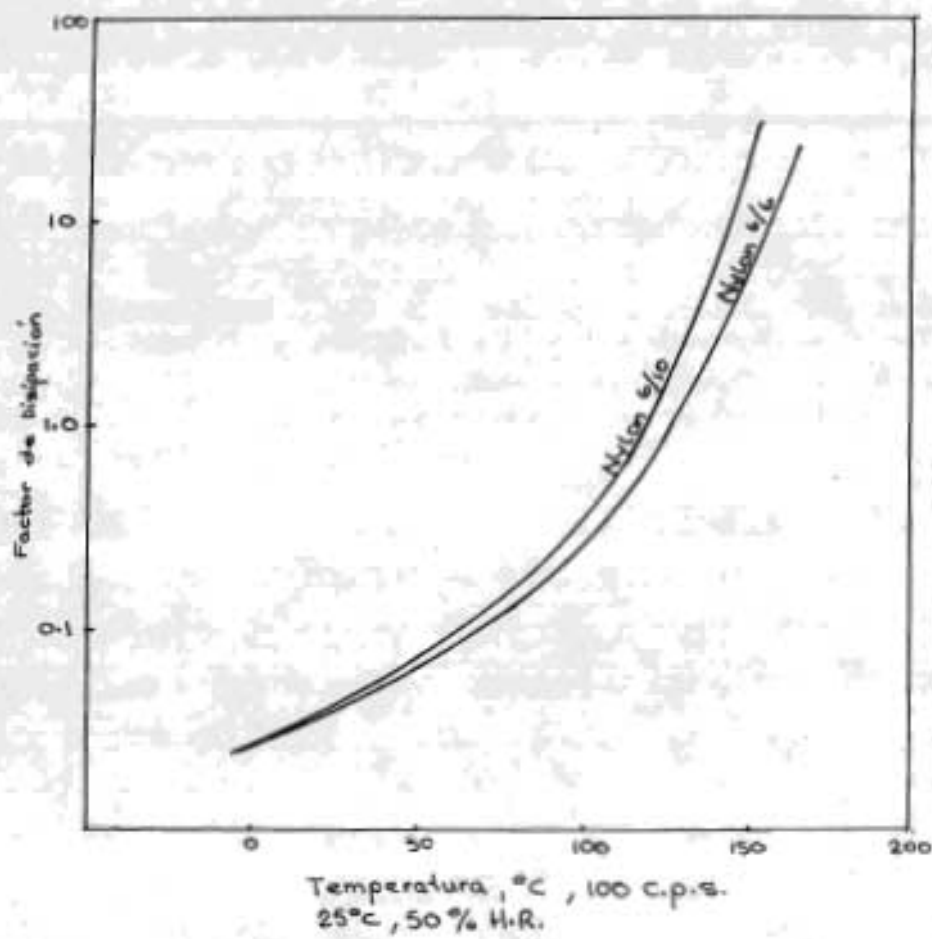
Electricamente, el nylon no es sobresaliente, pero es adecuado pa - ra la mayoría de aplicaciones a 60 ciclos. Las siguientes gráficas - - ilustran el comportamiento eléctrico del nylon 66.

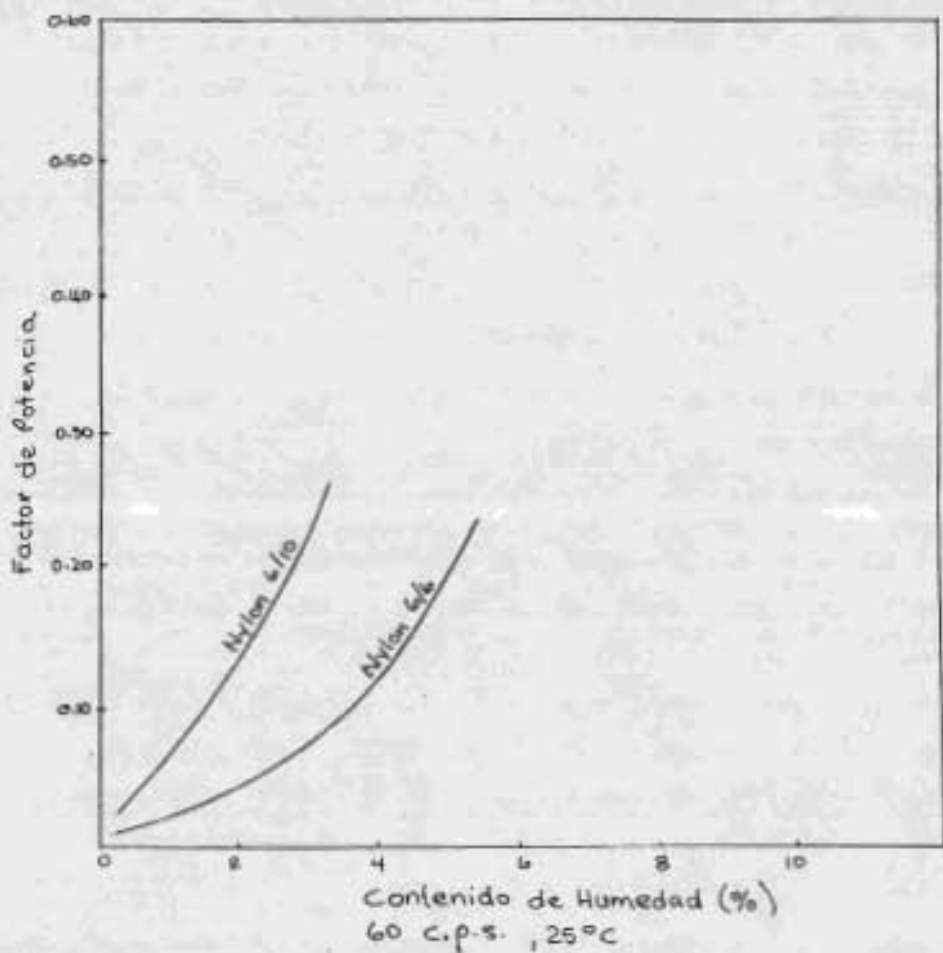










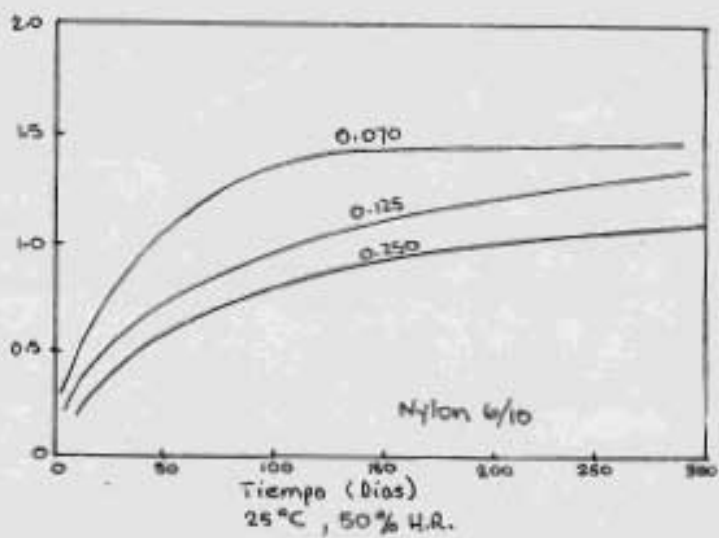
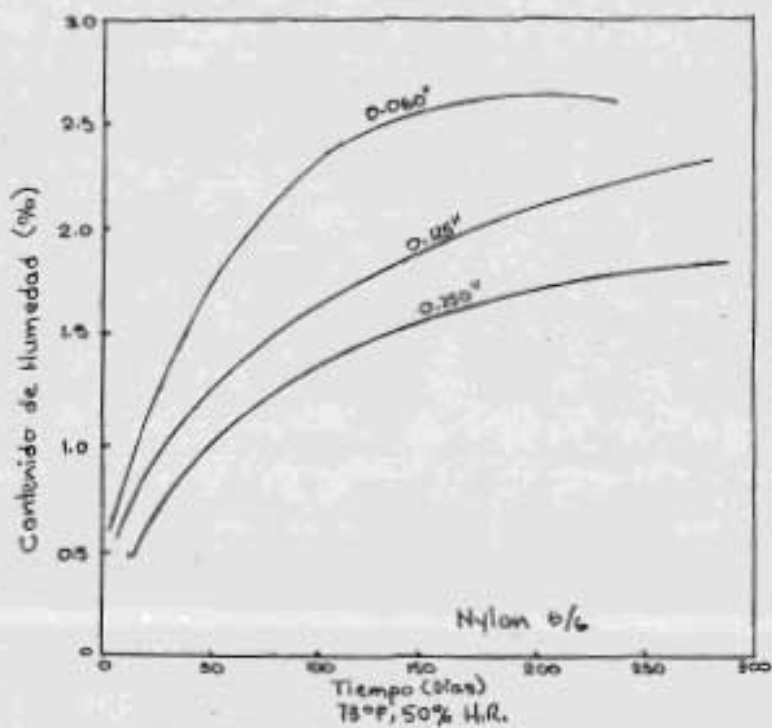


CONTENIDO DE HUMEDAD PARA VARIAS CONDICIONES.

Las piezas de nylon recién moldeadas normalmente contienen menos del 0.5% de agua. Estas piezas pueden absorber agua cuando se exponen al aire o el agua. La cantidad de agua absorbida aumentará en cualquier medio ambiente hasta que una condición de equilibrio basada en la humedad relativa, se alcance. Los contenidos de humedad en el equilibrio para dos niveles de humedad son aproximadamente los siguientes:

	NYLON 6/6	NYLON 6/10
Aire 50% H.R.	2.5%	1.4%
Aire 100% H.R. (ó agua)	8.5%	3.5%

Los contenidos de humedad en el equilibrio no son afectados por la temperatura. El tiempo requerido para alcanzar el equilibrio, sin embargo, depende de la temperatura, el espesor del espécimen y la cantidad de humedad presente en el medio ambiente. El nylon expuesto al agua caliente alcanzará el nivel de equilibrio, un 8.5%, mucho más pronto que el nylon en agua fría. La relación entre la absorción de agua y el tiempo en diversos medios se representa gráficamente a continuación:



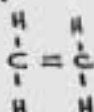
CAPITULO XI

PROPIEDADES DEL POLIETILENO

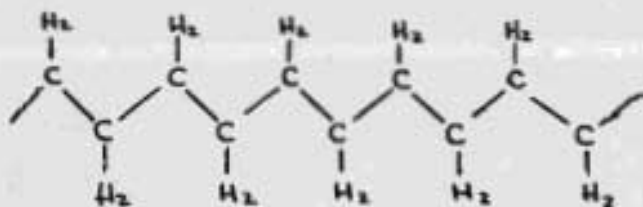
POLIOLEFINAS.

Los elementos constituidos de las poliolefinas son hidrocarburos no saturados - denominados olefinas - que forman largas cadenas por polimerización.

El etileno gaseoso:



tiene la estructura más simple del grupo de las poliolefinas. En la polimerización los enlaces dobles de la molécula del etileno se abren al exterior, permitiendo la formación de largas cadenas moleculares:



Polietileno.

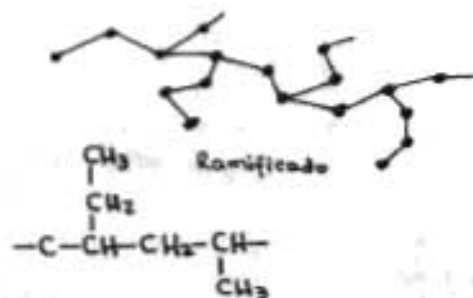
CONSTITUCION DE LAS MACROMOLECULAS.

El grado de ramificación de las cadenas moleculares y la longitud de las cadenas laterales influyen considerablemente en las propiedades físicas del polietileno. Según el procedimiento de polimerización a que se recurra se obtiene un polietileno muy lineal o más o menos ramificado.

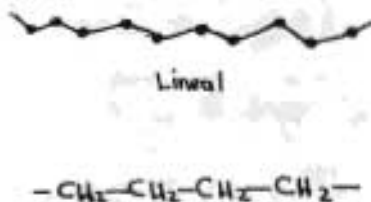
La cristalinidad y el peso molecular del tipo de polietileno empleado influyen en la moldeabilidad y, por consiguiente, en el resultado de los artículos acabados. Por dicha razón, se ha impuesto la clasificación de los polietilenos por estos valores característicos del material, tomando, para mayor simplicidad, la densidad y el índice de fricción o viscosidad reducida, en lugar de cristalinidad y el peso molecular, respectivamente.

CRISTALINIDAD.

El polietileno de alta presión, o de baja densidad, presenta un alto grado de ramificación, es decir, sus cadenas moleculares poseen un mayor número de cadenas laterales cortas y largas y estas a la vez ramificaciones laterales:



Polietileno de baja densidad



Polietileno de alta densidad

PESO MOLECULAR.

A través de las condiciones de polimerización puede variarse en amplio grado la longitud media de las cadenas moleculares (grado de polimerización) y, por consiguiente, el peso molecular de polietileno. En todos los altos polímeros existe siempre una mezcla de cadenas de diferente longitud, representando, por tanto, el peso molecular indicando el promedio de todos los pesos moleculares existentes en dicha mezcla.

El peso molecular de un plástico puede determinarse según diferentes métodos físicos de medición. Ya que los mismos suelen requerir mucho tiempo y medios técnicos, como medida para el peso molecular se emplea en la práctica el índice de fluidez, más fácil de determinar, aumentando aquel a medida que disminuye este.

El índice de Fluidez afecta los valores de las propiedades del polietileno de la siguiente manera:

Propiedad	Índice de F. bajo	medio	alto
Tensión (final)	←		
Elongación	←		
Resistencia al impacto	←		
Propiedades bajo carga en periodos largos		←	
Resistencia a la abrasión		←	
Resistencia química		←	
Viscosidad de la masa fundida		←	
Temperatura de fragilidad			→

Propiedad	indice de F. bajo	medio	alto
Elasticidad de la masa fundida	←		
Resistencia de la masa fundida	←		
Extensibilidad de la masa fundida			→

PROPIEDADES FÍSICAS.

La densidad es uno de los parámetros más importantes para definir al polietileno, y esta está supeditada al grado de cristalinidad. Según el procedimiento de polimerización a que recurra, el grado de cristalinidad del polietileno oscila entre un 40 y un 80%.

A continuación se presenta una tabla comparativa de los polietilenos de diferentes densidades, y la variación de algunas propiedades en función de este parámetro:

Polietileno	Cristalinidad (%)	Punto de fusión (°C)	Densidad	Tensión Final (Psi)	Elongación en rotura (%)	Módulo Flexural (Psi)	Dureza Shore D
ALTA DENSIDAD	95	134-137	0.960	4400	25	150,000	68
Baja DENSIDAD	65	114-116	0.920	2000	500	46,000	52

Hace algún tiempo la ASTM propuso clasificar del siguiente modo a los polietilenos en función de la densidad:

- 1- hasta 0.925 g/cm³ baja densidad
- 2- 0.926 a 0.940 " densidad media
- 3- 0.941 a 0.965 " alta densidad

En términos generales, la densidad afecta a las propiedades del polietileno de la siguiente manera:

Tipo de P.E.	Baja den.	Den. media	Alta den.
Rigidez	—————▶—————		
Dureza	—————▶—————		
Tensión (Lím. elast)	—————▶—————		
Resistencia al impacto	◀—————		

TIPO DE P.E.	BAJA DEN.	DEN.MEDIA	ALTA DEN.
E.S.C.R.	_____	_____	_____
Propiedades de fortaleza	_____	_____	_____
Resistencia de cargas en períodos largos	_____	_____	_____
Elongación	_____	_____	_____
Resistencia química	_____	_____	_____
Resistencia a la abrasión	_____	_____	_____
Constante dieléctrica	_____	_____	_____
Temperatura de ablandamiento	_____	_____	_____
Temperatura de fragilidad	_____	_____	_____

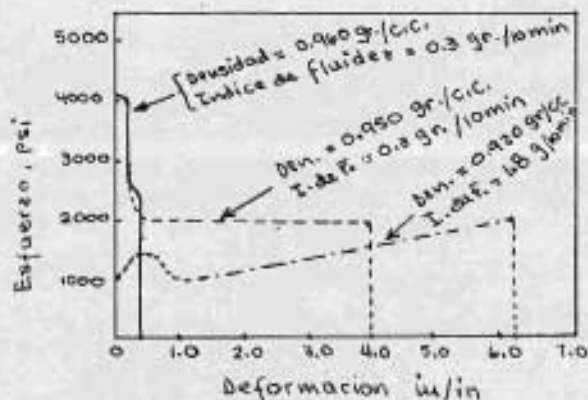
Las flechas indican la dirección del cambio (aumenta o disminuye) en el valor de las propiedades con la densidad.

E.S.C.R. - Resistencia al agrietamiento bajo esfuerzo tensoactivo.

PROPIEDADES MECANICAS.

PROPIEDADES DE ESFUERZO - DEFORMACION.

Como se puede apreciar en la siguiente gráfica, el esfuerzo en el polietileno se incrementa agudamente con pequeños incrementos de deformación hasta el punto del límite elástico, después del cual el esfuerzo cae empinadamente y permanece más o menos constante hasta -- que se presenta la ruptura:



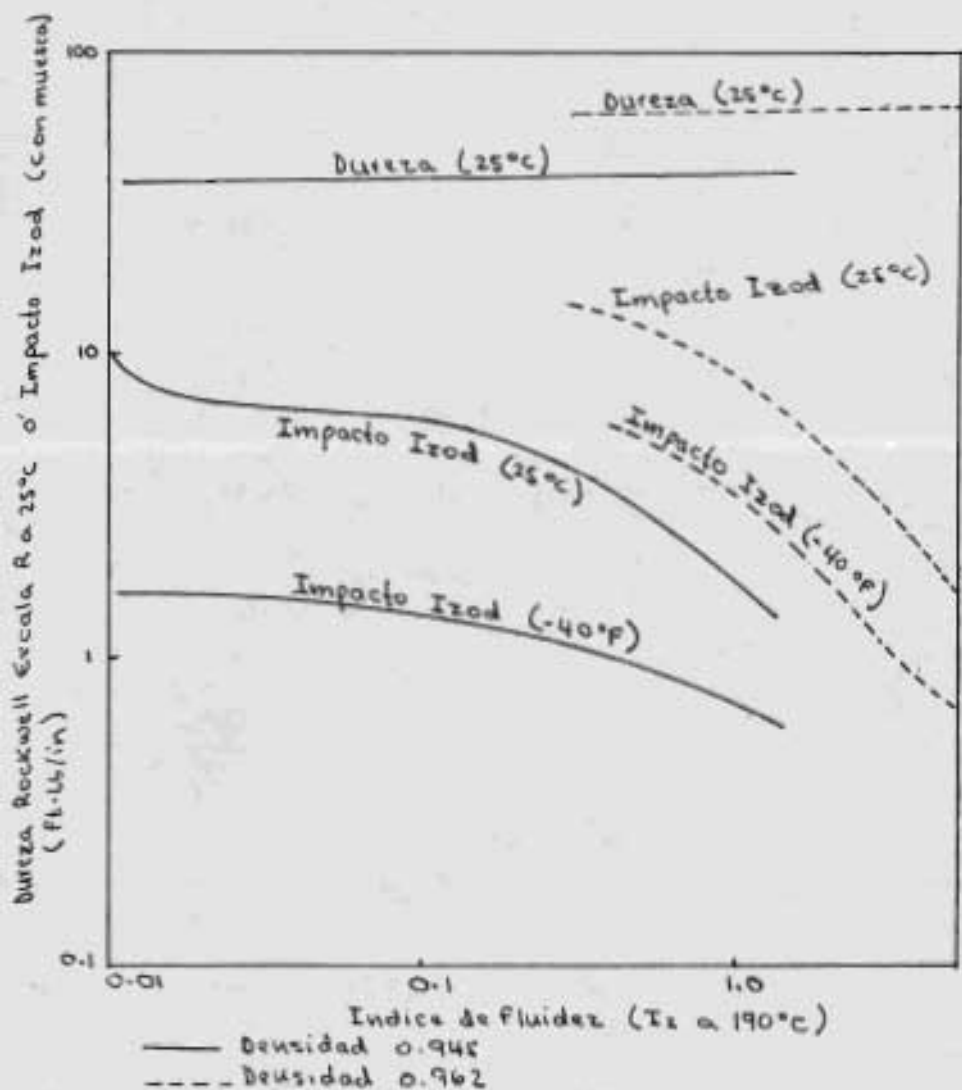
Las propiedades de esfuerzo-deformación del polietileno, al igual que otros materiales termoplásticos, son dependientes del tiempo. Por ejemplo la resistencia a la tensión de un polietileno de densidad de 0.960 a una velocidad de deformación de 5 in/in/min. es como de 4000 - PSI. Sin embargo, si este polímero es sometido a una carga estática de 500 PSI este se romperá dentro de las primeras horas con una elongación muy baja. Este tipo de falla se le denomina algunas veces rompimiento

vitreo. Si se aumenta el peso molecular del polímero, se obtiene una mejoría en la resistencia a las cargas y el material se vuelve más ductil.

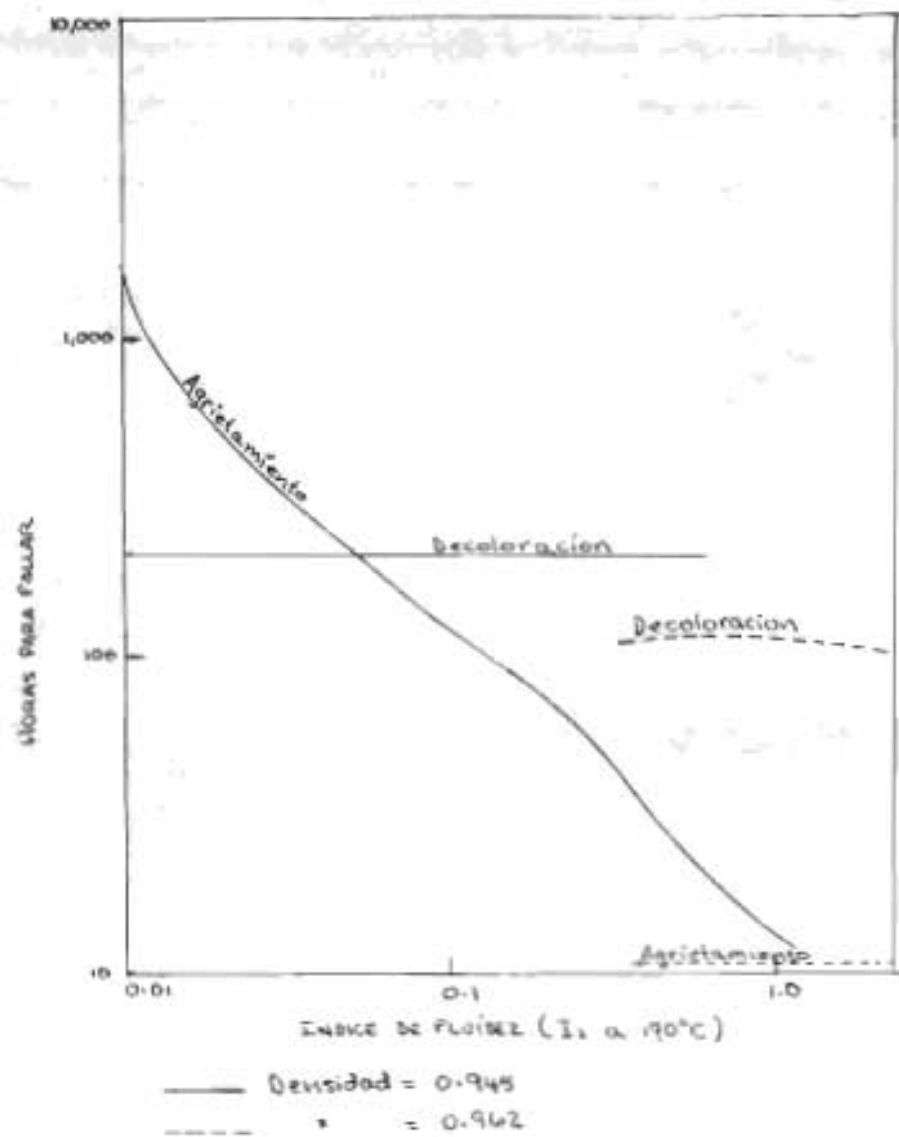
PROPIEDADES MECANICAS DEL POLIETILENO A 25°C
EN FUNCION DEL INDICE DE FLUIDEZ.

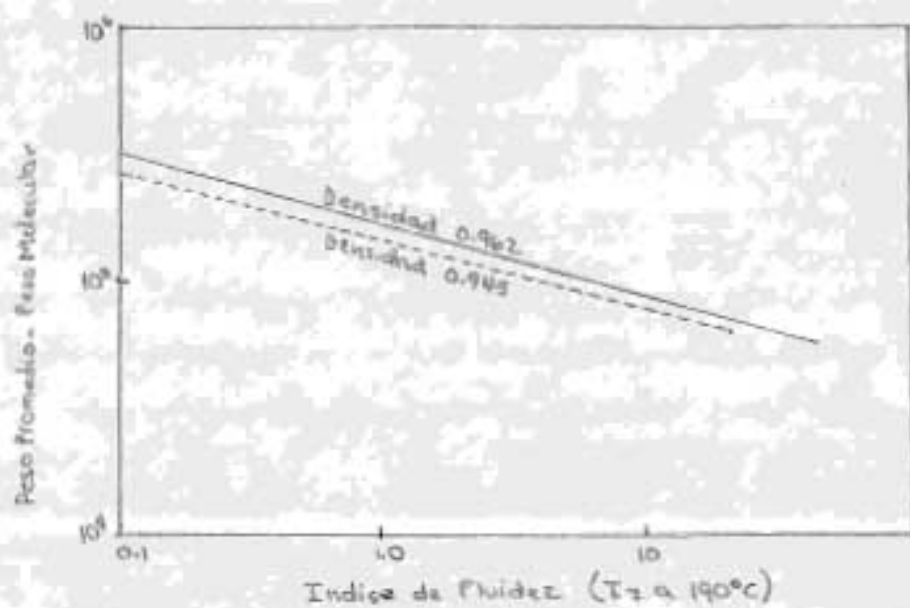


DUREZA Y RESISTENCIA AL IMPACTO DEL POLIETILENO EN FUNCION DEL INDICE DE FLUIDEZ.



PROPIEDADES DE PERMANENCIA
EN FONCIÓN DEL ÍNDICE DE FLUIDEZ





MODULO FLEXURAL. (RIGIDEZ)

Los valores del módulo flexural del polietileno reflejan la flexibilidad relativa o la rigidez de este. Los valores del módulo flexural para los polietilenos de baja densidad son relativamente bajos y andan entre 15,000 a 45,000 PSI, mientras que para los de alta densidad caen en el rango de 150,000 a 250,000 PSI.

RESISTENCIA AL IMPACTO.

El valor de impacto más común es el que se obtiene de la prueba Izod, la cual usa un péndulo para romper una viga voladiza de polietileno. Esta viga puede o no estar ranurada.

Por su bajísima temperatura de congelación del orden de los -110 a -120 °C aprox. el polietileno es muy resistente al impacto a temperaturas bajas. La tenacidad de los diferentes tipos de polietilenos al golpe depende de varios factores, y muy particularmente de la cristalinidad (densidad) y del peso molecular.

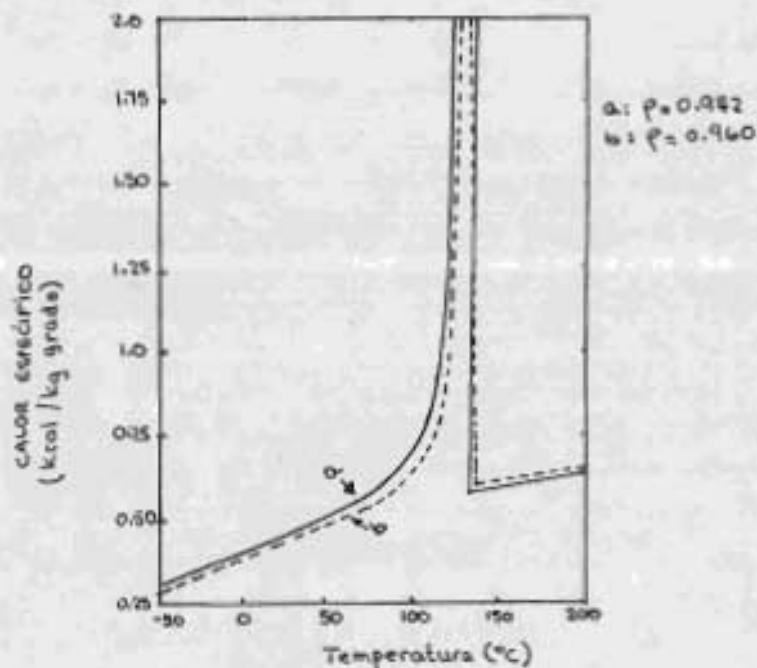
El polietileno de alta densidad produce valores de impacto Izod de 1 a 5 ft.-lb./in de ranura, mientras que para los de baja densidad, particularmente materiales de peso molecular elevado y dúctiles, pueden dar valores de 10.

PROPIEDADES TERMICAS

Calor Específico

Al igual que en las materias orgánicas de bajo peso molecular el calor específico de los plásticos oscila entre 0.2 y 0.5 Kcal/Kg.grado, a temperaturas comprendidas entre los 20 y 100 °C.

A continuación podemos ver la variación del C.E. con respecto a la temperatura:



CONDUCTIVIDAD TERMICA

Contrariamente al calor específico, la conductividad térmica de los plásticos parcialmente cristalinos es mayor en la fase sólida que en la amorfa, aumentando en el polietileno con el grado de cristalinidad y, por consiguiente, con la densidad.

DILATACION TERMICA.

La dilatación que experimenta un material al aumentar la temperatura tiene como base el incremento de las vibraciones de átomos y moléculas por efectos térmicos.

El coeficiente de dilatación longitudinal de los diferentes tipos de polietileno de alta densidad oscila entre 1.5 y 2.0×10^{-4} grado⁻¹ y para los de baja densidad es de 2.5×10^{-4} grado⁻¹ aprox.

ESTABILIDAD TERMICA.

Como en todos los termoplásticos, las temperaturas de uso práctico de los polietileno dependen esencialmente de la duración y magnitud de las cargas mecánicas que se producen al actuar el calor. En muchos casos, las temperaturas de uso pueden estar muy debajo de la zona de fusión.

Por lo contrario son posibles, sin ningún inconveniente, calentamientos breves cerca del punto de reblandecimiento que no vayan acompañados de cargas mecánicas, como por ejemplo en los procesos de esterilización (100 a 120°C).

PROPIEDADES QUÍMICAS.

Junto con la densidad, desempeña aquí un papel muy importante, sobre todo el grado medio de polimerización, es decir, que cuanto mayor es el grado de polimerización del producto, tanto mayor es su resistencia a los agentes químicos.

Por su naturaleza parafínica, es decir, apolar, el polietileno posee una gran resistencia a los agentes químicos.

A continuación se presentan unas tablas donde se describe el comportamiento de los polietilenes ante diversas sustancias químicas.

ABSORCIÓN DE AGUA.

Al ser hidrófobo, el polietileno no se hincha en presencia de agua, no influyendo en sus propiedades las diferencias en el grado de humedad del ambiente. La absorción de agua que puede observarse, particularmente al producirse cambios de temperaturas en climas húmedos y cálidos, se debe únicamente a la absorción de humedad en la superficie.

RESISTENCIA AL AGRIETAMIENTO POR TENSION.

Los polietilenes a pesar de su elevada resistencia a los agentes químicos, pueden experimentar una menor resistencia a los esfuerzos permanentes bajo la acción de determinados líquidos tales como humectantes, hidrocarburos aromáticos, y halogenados y sustancias polares en presencia de tensiones internas y/o externas. Hay que advertir que dichas piezas resistirán sin experimentar desperfectos la acción aislada de los agentes químicos o bien de las cargas mecánicas.

Agrietamiento por tensión de varios polietilenes:

RESISTENCIA A LOS AGENTES QUIMICOS DEL POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD.

Los resultados recopilados se han obtenido en planchas moldeadas por compresión de Polietileno de alta presión "HOECHST".

Aclaración de los signos:

- * = Resistente significa que tras un prolongado almacenaje de las pruebas en el medio indicado (p.ej.1 mes) no se varía notablemente el alargamiento de rotura y que prácticamente no se produce ninguna pérdida de peso y ningún hinchamiento (3%).
- / = Resistente bajo determinadas circunstancias significa que tras el almacenaje el alargamiento de rotura se reduce hasta un máximo de 50% y el hinchamiento y pérdida de peso no son muy elevadas (por ejemplo (3%).
- = Inadecuado.
- sin signo = Sin verificar

	20°C	60°C		20°C	60°C
Acetite Diesel	/		Acido clorhídrico	+	/
Acetite Mineral	/	--	Acido clorosulfónico	--	--
Acetite de Linaza	--	--	Acido crómico 50%	--	--
Acetite de Oliva		/	Acido dicloroacético 100%	*	
Acetite de Parafina	+		Acido dicloroacético 50%	*	
Acetite de Silicona	/		Acido esteárico	*	--
Acetite de trementina	+		Acido fluorhídrico 40%	+	+
Acetite			Acido fluorosilícico t.l.c.	+	
para transformador	/	--	Acido fórmico	*	*

	20°C	60°C		20°C	60°C
Acetato de amilo	--	--	acido fosfórico 29%	+	+
Acetato de butilo	--	--	Acido fosfórico 50%	+	+
Acetato de etilo	/	--	Acido fosfórico 89%	+	/
Acetofenona			Acido ftálico 50%	+	
Acetona al 100%	/	-- ¹⁾	Acido glicólico 50%	+	
Acido Acético 10%	+	+	Acido láctico	+	+
Acido acético glacial	/	--	Acido maleico	+	
Acido adipínico saturado	+	+	Acido málico 50%	+	
Acido benzoico	+	+	Acido mono-cloroacético		
Acido bórico	+	+	Acido nítrico 30%	+	+
Acido bromhídrico 48%	+	+	Acido nítrico 70%	/	--
Acido butírico	+		Acido oléico	+	--
Acido carbónico	+	+	Acido oxálico 50%	+	+
Acido cianhídrico	+		Acido perclórico 20%	+	
Acido cítrico	+	+	Acido perclórico 70%	+	
Acido clorhídrico 30%	+	+	Acido propiónico 100%	+	
Acido silíceo	+		Carbonato sódico	+	+
Acido succínico	+	+	Cera de abejas	+	
Acido sulfhídrico	+	+	Cerveza	/	
Acido sulfúrico h.40%	+	+	Cetonas	+	--
Acido sulfúrico 96%	/	--	Cianura de potasio sat. +	+	
Acido sulfuroso	+	+	Ciclohexano	+	
Acido tánico 10%	+	+	Ciclohexanol	+	
Acido tartárico	+	+	Ciclohexanona	--	--

	20°C	60°C		20°C	60°C
Acido tricloroacético 10%	*		Clorobenzol		
Acidos aromáticos	*		Clorostanol	*	
Acidos grasos (C ₆)	+	--	Cloroformo	--	--
Acilonitrilo	+		Cloro líquido	--	--
Agua	+	+	Cloroestilo	/	
Agua marina	+	+	Cloruro cálcico sat.	+	+
Agua oxigenada h. 30%	+		Cloruro de aluminio	+	+
Agua oxigenada 90%	+	--	Cloruro de amonio sat.*		+
Agua regia	--	--	Cloruro de zinc t.l.c. +		+
Alanfor	--	--	Cloruro de etileno	--	--
Alcohol bencílico	+	+	Cloruro de magnesio t.l.c.	+	+
Alcohol etílico 96%	/	--	Cloruro de metileno	--	--
Alcohol metílico	+	/	Cloruro de mercurio		
Alumbre	+	+	(sublimado)	+	+
Alsidón acuoso t.l.c.	+	+	Cloruro férrico sat.	+	+
Amoníaco acuoso 30%	+	+	Cloruro potásico t.c.l.	+	+
Amoníaco gaseiforme		+	Cresol	+	
Amoníaco líquido	+				
Anhídrido acético	/		Decahidroneftalina	/	
Anhídrido sulfuroso húm.	+	+	Detergentes sintéticos	+	+
Anhídrido sulfuroso seco	+	+	p-diclorobenzol	--	--
Anilina	+	--	Dicloroetileno		
			Hexano	+	/
Bencina	/	--	Ester acético	/	--

	20°C	60°C		20°C	60°C
Bencina/Benzol, mezcla			Eter de petróleo	/	--
(BV-Aral)	--	--	Eter dietílico	--	
benzaldehído	+		Etilglicol	+	+
Benzoato sódico	+	+			
Benzol	--	--	Fenol	+	
Bicromato potásico 40%	+		Fluoro seco	+	--
Blanqueo al clorito sódico	/	--	Formaldehído 40%	+	
Bórax	+	+	Fosfatos acuosos t.l.c.	+	+
Bromo líquido	--	--	Fosgeno gaseiforme	/	/
Butadieno		--	ftalato de dibutilo	+	
Butano gaseiforme 50%	--	--	Gas clorhídrico		
butanol	+		seco y húmedo	+	+
Butilglicol	+	+	Gas cloro, húmedo	/	--
Butoxyl	+		Gas cloro, seco	--	--
Gases nitrosos	+		piridina	+	
Glicerina t.l.c.	+	+	Potasa cáustica	+	+
Glicol t.l.c.	+	+	Propano gaseiforme	/	
			Propano líquido	--	--
hidrosulfato acuoso 10%	+	+			
Hidróxido de sodio 30%	+	+	Sal común sat.	+	+
Hidróxido potásico 50%	+	+	Sebo	+	--
Hipoclorito cálcico	+	+	Silicato sódico t.l.c.	+	+
Hipoclorito de sodio t.l.c./			Solución sódica	+	+
			Sosa cáustica	+	+

	20°C	60°C		20°C	60°C
Isocetano	+		Sulfato de aluminio	+	+
Isopropenol	+		Sulfato amónico sat.	+	+
Levadura azuca	+		Sulfato de cinc	+	+
Mercurio	+	+	Sulfato de cobre sat.	+	+
			Sulfato de níquel sat.	+	+
			Sulfuro de carbono	--	
Naftalina	+				
Nitrato amónico sat.	+	+	Tetracloruro de carbono	--	--
Nitrato cálcico 50%	+	+	Tetrahidrofureno	/	
Nitrato de plata h.10%	+	+	tetrahidronaftalina	+	
Nitrato potásico sat.	+	+	Tintura de yodo DAB6	/	--
Nitrato sódico t.l.c.	+	+	Tolueno	--	--
			Triclorostileno	--	--
Oleum	/	--	Tricloruro de antimonio	+	+
o-nitrotolueno			Tricloruro de fósforo	+	
Oxiclорuro de fósforo	+		Trietilenamina	+	
Ozono	/	--			
Pentóxido de fósforo	+		Urea 30%	+	+
Persulfato potásico 10%	+	+	Xilol	--	--

PROPIEDADES ELECTRICAS.

El polietileno ha sido un material de interes como aislante casi desde sus principios. Ofrece una constante dieléctrica muy baja debido a la densidad relativamente baja de este polímero. Los polietilenos de baja densidad presentan una constante dieléctrica de 2.28, mientras que los de alta densidad tienen un valor de casi 2.35. En términos generales las propiedades eléctricas de los polietilenos son deterioradas por la oxidación, por lo cual, esta debe ser evitada, con la ayuda de sistemas antioxidantes eficientes.

RESISTENCIA SUPERFICIAL.

Este valor proporciona una orientación respecto al estado de aislamiento que existe en la superficie del material, en el que se debe tener en cuenta la influencia que sobre el mismo ejercen la humedad del aire y las impurezas superficiales.

Los valores de la resistencia superficial para los polietilenos de baja densidad está en el intervalo de 10^{14} - 10^{17} ohms.
alta densidad: 10^{14} - 10^{15}

RESISTENCIA DIELECTRICA.

Para los polietilenos esta varía entre 20 a 160 Kv/mm. (por ejemplo 40 en un espesor de 0.5 mm). Para películas delgadas es mayor de 320. Aumenta con la densidad y el peso molecular pero es mayormente afectada por la temperatura y el espesor.

FACTOR DE POTENCIA.

Generalmente es menor de 0.0002, en un amplio intervalo de frecuencias. Es afectado un poco por la temperatura.

PROPIEDADES QUÍMICAS DEL POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD.

Generalidades.

Por su naturaleza parafínica, es decir apolar, el polietileno posee una gran resistencia a los agentes químicos que es tanto más elevada cuanto mayor es la densidad. Las temperaturas elevadas, las tensiones internas debidas a la elaboración y las tensiones externas debidas a cargas pueden provocar una disminución esencial de su resistencia a los agentes químicos, según el medio ambiente.

Absorción de agua.

Al ser hidrófugo, el polietileno no se hincha en presencia de agua no influyendo en sus propiedades las diferencias en el grado de humedad del ambiente. La absorción de agua que pueda observarse particularmente al producirse cambios de temperatura en climas húmedos y cálidos, se debe únicamente a la absorción de humedad en la superficie. No obstante, esta insignificante absorción de agua hace aconsejable secar o transformar en instalaciones extruadoras provistas de sistemas de desgasificación el granulado pigmentado con negro de humo, que haya sido transportado por vía marítima o sufrido cambios de temperatura en climas tropicales.

Resistencia a los agentes químicos.

El polietileno es resistente en amplio grado a los agentes químicos, siendo estable a casi todos los disolventes, a temperaturas inferiores a los 60° C.. A temperaturas superiores, el polietileno se disuelve en presencia de, por ejemplo, decahidronaftalina y de hidrocarburos aromáticos y halogenados. Las grasas, aceites y ceras hinchan sólo un poco el material.

Las soluciones acuosas de sales, ácidos y álcalis no atacan el material, siempre y cuando no se trate de oxidantes enérgicos, tales como ácido nítrico, óleum y halógenos.

En el cuadro sinóptico se han resumido los resultados de numerosos ensayos de resistencia a los agentes químicos.

Resistencia del Polietileno a los agentes químicos.

Los resultados se obtuvieron en probetas de 50 x 25 x 1 mm después de un período de prueba de 55 días. Los ensayos indican una variación bajo efecto de los agentes químicos citados en probetas plegadas que no están sometidas a los efectos de una tensión exterior^o).

Signos convencionales:

- * = resistente Hinchamiento 3%, o bien pérdida de peso 0,5%
Alargamiento de rotura sin alteración apreciable.
- / = resistente Hinchamiento de 3-3%, o bien pérdida de peso de
bajo deter 0,5-2% y/o disminución del 50% del alargamiento
minadas con de rotura.
diciones.
- = no resiste Hinchamiento 3%, o bien pérdida de peso 2% -
te y/o disminución del 50% del alargamiento de
rotura.

D = decoloración

soluciones acuosas en cualquier concentración únicamente bajo pequeños esfuerzos mecánicos o temperatura de ebullición no vale para unión por soldadura (incl. doblados por soldadura). La información correspondiente la facilite el transformador o nosotros mismos.

°) Los resultados no pueden hacerse extensivos sin más a todos los casos de la práctica. En caso de tensiones y presencia simultáneas de productos tensoactivos y polares, puede resultar afectado el comportamiento mecánico (agrietamiento por tensión, apartado 4.31).

PRODUCTO	20°C	60°C	PRODUCTO	20°C	60°C
Aceite de coco	+	/	Aceite de linaza	+	•
Aceite de maíz	+	/	Aceite de parafina	+	•
Aceite de ricino	+	•	Aceite de silicona	•	•
Aceite de trementina	+a/	/	Aceite diesel	+	/
Aceite para calefacción	+	/	Aceite para husillo	+a/	/
Aceite para motores (aceites HD)	+	+a/	Aceite para trasp formadores	•	/
Aceites etéreos	/	/	Aceites minerales	•	+a/
Aceites vegetales y animales	•	+a/	Acetaldehído	+	/
Acetato de amilo	+	•	Aceto'o de butilo	•	/
Acetato de etilo	+	/	Acetona	•	•
Acido acético (10%)	+	•	Acido acético (10%) (glacial)	+	/ D.
Acidos aromáticos	+	•	Acido bencenosul- fónico	•	•
Acido benzotico	•	•	Acido bórico	•	•
Acido bromhídrico (50%)+	+	•	Acido butírico	+	/
Acido carbónico	•	•	Acido cianhídrico	•	•
Acido cítrico	•	•	Acido cloroacético (mono)	•	•

PRODUCTO	20°C	60°C	PRODUCTO	20°C	60°C
Acido clorhídrico, gaseoso (húmedo y seco)	+	+	Acido clorhídrico, solución (todas las concentraciones)	+	+
Acido clorosulfónico-		-	Acido crónico (80%)	+	-
Acido dicloroacético (50%)	+	+	Acido dicloroacético (100%)	+	/
Acido esteárico	+	/	Acido etilendiaminotetracético	+	+
Acido fluorhídrico (40%)	+	/	Acido fluorhídrico (70%)	+	/
Acido fluorosilícico	+	+	Acido fórmico	+	+
Acido fosfórico (25%)	+	+	Acido fosfórico (50%)+	+	+
Acido fosfórico (95%)	+	/ D.	Acido ftálico (50%)	+	+
Acido glicólico (55%)	+	+	Acido glicólico (70%)+	+	+
Acidos grasos (C ₆)	+	+a/	Acido láctico	+	+
Acido maléico	+	+	Acido málico (50%)	+	+
Acido monocloroacético+	+	+	Acido nítrico (25%)	+	+
Acido nítrico (50%)	/	-	Acido oleico (conc.)	+	/
Acido oxálico (50%)	+	+	Acido perclórico (20%)	+	+
Acido perclórico (50%)+	/		Acido perclórico (70%)	+	-
Acido propiónico (50%)+	+	+	Acido propiónico (100%)+	/	
Acido silícico	+	+	Acido succínico (50%)	+	+
Acido sulfhídrico	+	+	Acido sulfúrico (10%)	+	+
Acido sulfúrico (50%)	+	+	Acido sulfúrico (98%)	+	-
Acido sulfuroso	+	+	Acido tánico (10%)	+	+
Acido tartárico	+	+	Acido tricloroacético (50%)	+	+

PRODUCTO	20°C	60°C	PRODUCTO	20°C	60°C
Acido Tricloroacético(50%)	+	+	Benzaldehido	+	+a/
Acido tricloroacético(100%)	+	/a-	Benzol	/	/
Acilonitrilo	+	+	Benzoato sodico	+	+
Agua de mar	+	+	Bicromato potásico(40%)	+	+
Agua oxigenada (30%)	+	+	Borax ⁺	+	+
Agua oxigenada (90 %)	+	-	Borato sódico	+	+
Agua regia	-	-	Bromo líquido	-	-
Aguarrás mineral	+a/	/	Bromoclorometano	-	-
Alcanfor	+	/	Butanol	+	+
Alcohol alílico(96%)	+	+	Butilenglicol	+	+
Alcohol bencílico	+	+	Acetato de metoxibutilo ⁺	/	/
Alcohol furfurílico	+	+	Carbonato sódico ⁺	+	+
Almidon	+	+	Cera de abejas	+	/a-
Alumbre	+	+	Cerveza	+	+
Amoniaco ⁺	+	+	Cetonas	-	+a/
Amoniaco gaseoso	+	+	Cianuro potásico		
Amoniaco líquido	+		(saturado)	+	+
Anhidrido acético	+	/D	Ciclohexano	+	+
Anhidrido fosfórico	+	+	Ciclohexanol	+	+
Anhidrido sulfúrico	-	-	Ciclohexanona	+	/
Anhidrido sulfuroso, seco	+	+	Clorito sódico		
Anilina	+	+	(50%)	+	+
Anisol	/	/a-	Clorito sódico, lejía	/	-
Azufre	+	+	Cloro gas, seco	/	-
Bencina	+	+a/	Cloro gas, húmedo	/	-
Bencina/Benzol, mezcla	+	/	Cloro líquido	-	-
Benzaldehido					

PRODUCTO	20°C	60°C	PRODUCTO	20°C	60°C
Clorobenzol	/	-	Dicloroetileno	-	-
Cloroetanol	+	+	Diisobutilcetona	+	/n-
Cloroformo	/n-	-	Dimetilamina	+	/
Cloruro de aluminio*	+	+	Dimetilformamida	+	+n/
Cloruro amónico*	+	+	Dioxano	+	+
Cloruro de benzilo	/	/	Emulgentes	+	+
Cloruro cálcico*	+	+	Epiclorhidrina	+	+
Cloruro de zinc	+	+	Esperma de ballena	+	/
Cloruro de etileno			Ester butílico del		
(dicloroetano)	/	/	ácido glicólico	+	+
Cloruro férrico*	+	+	Ester etílico del		
Cloruro de magnesio*	+	+	ácido acético	+	/
Cloruro mercúrico			Esteres alifáticos	+	+n/
(sublimado)	+	+	Etanol(96%)	+	+
Cloruro de metileno	/	/	Eter	+n/	/
Cloruro potásico*	+	+	Eter dibutílico	+n/	-
Cloruro sódico*	+	+	Eter dietílico	+n/	/
Cloruro de sulfurilo	-		Eter de petróleo	+	/
Cloruro de tionilo	-		Eter isopropílico	+n/	-
Cresol	+	+D	Etilen glicol	+	+
Detergentes sintéticos	+	+	Fenol	+	+
Dicloroacetato de metilo	+		Fluor	-	-
orto-diclorobenzol	/	-	Formaldehído(40%)		
p-diclorobenzol	/	-	acuoso	+	+
Dicloroetileno			Fosfato de tributilo	+	+
			Fosfato de tricresilo	+	+

PRODUCTO	20°C	60°C	PRODUCTO	20°C	60°C
Fosfatos*	+	+	Metilacetona	+	/a-
Gases nitrosos	+	+	Metilglicol	+	+
Gelatina	+	+	Metoxibutanol	+	/
Glicerina	+	+	Nafta	+	/
Glicol (conc.)	+	+	Naftalina	+	/
Glicol propilénico	+	+	Nitrato cálcico (50%)	+	+
Hidrato de hidrecina	+	+	Nitrato de plata	+	+
Hidrasulfito (al 10%)	+	+	Nitrato potásico acuoso (saturado)	+	+
Hidróxido potásico solución al 30%	+	+	Nitrato sódico*	+	+
Hidróxido sódico solución al 30%	+	+	Nitrobenceno	-	/
Hipoclorito cálcico*	+	+	o-Nitrotolueno	+	/
Hipoclorito sódico Concentrado	+	+	Ozono	/	-
Isooctano	+	/	Persulfato de potasio	+	+D
Isopropanol	+	+	Peróxido sódico (10%)	+	
Jarabe	+	+	" " Sat.	/	
Jugos de frutas	+	+	Petroleo	-	/
Levadura	+	+	Piridina	+	/
Líquido para aparatos hidráulicos	+	/	Poliglicoles	-	+
Melaza	+	+	Potasa caustica	+	+
Mentol	+	/	Reveladores fotográficos	+	+
Mercurio	+	+	Sal comun acuosa Sat.	+	+
Meruelada	+	+	Salas amoniacales*	+	+
Metanol	/	/a-	Salas de cobre*	+	+

PRODUCTO	20°C	60°C	PRODUCTO	20°C	60°C
Sales de níquel ⁺	+	+	Tricloruro de fósforo	+	/
Sebo	+	+	Trietanolamina	+	+ D
Silicato sódico ⁺	+	+	Urea (3%)	+	+
Sosa caustica	+	+	Vaselina	+a/	/
Sulfatos ⁺	+	+	Zumos de frutas	+	+
Sulfuro sódico ⁺	+	+	p-Xileno	/	-
Sulfuro de carbono	/				
tetrabromoetano	/a-	-			
Tetracloruro de carbono/a-	-				
Tintura de yodo	+	- D			
Tiosulfato sódico	+	+			
Tolueno	/	-			
Tricloroetileno	+a-	-			
Tricloruro de antimonio	+	+			

CAPITULO XII

PROPIEDADES DEL POLIPROPILENO

PROPIEDADES DEL POLIPROPILENO.

Densidad.

Los polipropilenos se caracterizan básicamente por su destacada baja densidad, haciéndolos los plásticos más ligeros utilizados comercialmente. La densidad del polipropileno varía entre 0.902 a 0.905 para los grados sin cargas de refuerzo. Esta propiedad es de interés especial -- desde el punto de vista economía, ya que de un peso dado de polipropileno se obtienen más piezas terminadas por libra que una cantidad similar de cualquier otro termoplástico en el mismo diseño. Esto quiere decir -- que cualquier artículo tendrá un peso más bajo si es hecho de polipropileno, y por lo tanto, se obtendrá un número mayor de artículos por cada Kg., de resina.

A continuación se presenta una tabla comparativa del polipropileno con otros termoplásticos, y donde se hace resaltar la propiedad descrita anteriormente:

<u>MATERIAL.</u>	<u>DENSIDAD.</u>
Polipropileno.	0.904
ABS.	1.06
Butirato de Celulosa.	1.17
Propionato de Celulosa.	1.20
Nylon 6.	1.14
Poliacetal.	1.42
Policarbonato.	1.20
Poliéster A.D.	0.960
Poliestireno.	1.05

Este bajo coeficiente de expansión lineal del polipropileno le hace ideal para componentes que requieren estrechas tolerancias bajo un amplio intervalo de temperaturas. Para algunas aplicaciones del polipropileno extruido, la elevada resistencia al calor es determinante.

PROPIEDADES TERMICAS.

El polipropileno con un punto de fusión cristalino de 168°C --- (335°F) tiene una excelente resistencia a las temperaturas elevadas, y consecuentemente un rango más amplio de aplicaciones que muchos otros termoplásticos. Los artículos hechos de polipropileno pueden soportarse a temperaturas de esterilización de 120°C y mayores sin deformación. Bajo cargas ligeras, el polipropileno de uso general tiene una temperatura mayor de 105°C para uso continuo, y para servicio intermitente, esta temperatura es de 120°C.

Coefficiente de expansión lineal:

Otra importante característica térmica del polipropileno es su bajo coeficiente de expansión lineal. Mientras que es más elevado -- que el de la mayoría de los metales, es considerablemente más bajo -- que el de otros plásticos. La siguiente tabla nos da una idea del c.e.l. del polipropileno en relación con otros termoplásticos:

PROPIEDADES TERMICAS DEL P/P COMPARADAS CON OTROS TERMOELASTICOS					
Material	Aging @ 300°F (Dias)	Nicat Soft (Kgf) °F	Temp. de Deform. @ 66 PSI	Temp. de Deform. @ 264 PSI	Coef. de Exp. Lineal 10 ⁻⁵ /°F
Polietileno AB	<1	230	160	110	12
Polipropileno	40-80	305	210	140	6-6
P/P Cargado	12-15	310	295	220	4.0
ABS	<1	240	200	185	7.0
But. de Cel.	<1	250	180	160	14.0
Poliacetal	14 (se descolora)	320	340	212	9.0
Nylon	7-14	425	340	150	12.5

Este bajo coeficiente de expansión lineal del polipropileno lo hace ideal para componentes que requieren estrechas tolerancias bajo un amplio rango de temperaturas.

Para algunas aplicaciones del polipropileno extruido, la elevada resistencia al calor es determinante.

PROPIEDADES MECANICAS.

Los diferentes grados de polipropileno conservan su resistencia y rigidez en mayor proporción al incrementarse la temperatura, en comparación con otros termoplásticos de costo comparable.

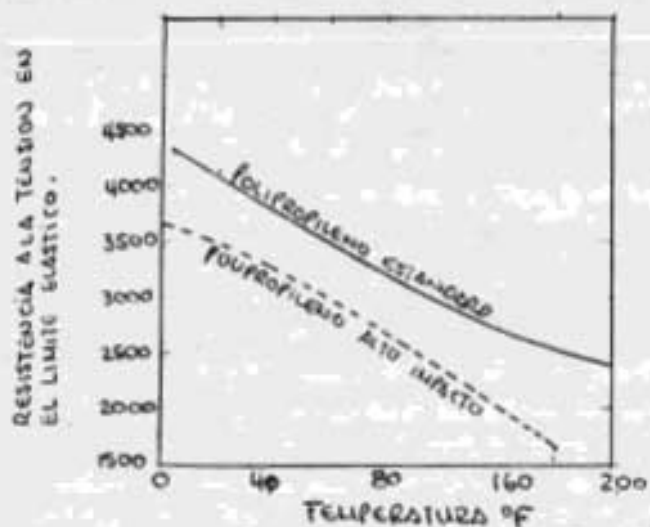
RESISTENCIA A LA TENSION.

El polipropileno tiene una resistencia a la tensión elevada. Dado que esta propiedad es convencionalmente medida como una fuerza por unidad de area, la baja densidad del polipropileno es ignorada. Si se considera el peso requerido para dar la misma resistencia a la tensión sobresale la posición competitiva del polipropileno.

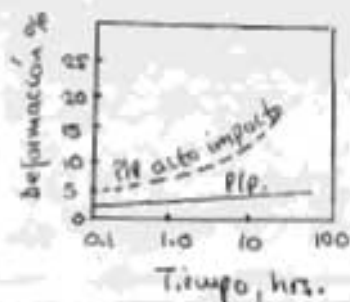
En el estado orientado el polipropileno da resistencias a la tensión muy elevada. En los productos fibrosos el peso por unidad de longitud se usa convencionalmente para comparar diferentes materiales. Así la elevada tenacidad de las fibras de polipropileno combinadas -- con un inherente volumen elevado le proporcionan propiedades favorables.

La resistencia a la tensión del polipropileno es aproximadamente de 4900 PSI para el grado de uso general. Este valor, aunque no es tan elevado como el de la resina acetilica o el nylon, es mejor que el -- del polietileno de alta densidad y casi igual al del ABS.

Al igual que todos los termoplásticos, la resistencia a la tensión del polipropileno se ve afectada por la temperatura de la siguiente manera:



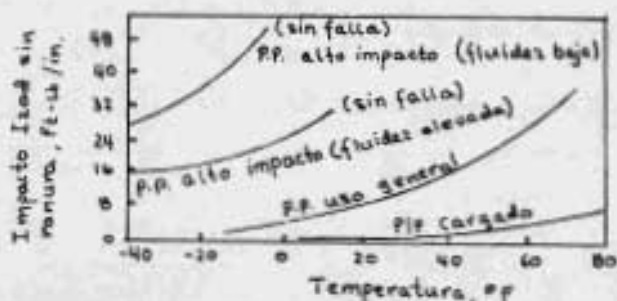
DEFORMACION BAJO ESFUERZO DE TENSION CONSTANTE



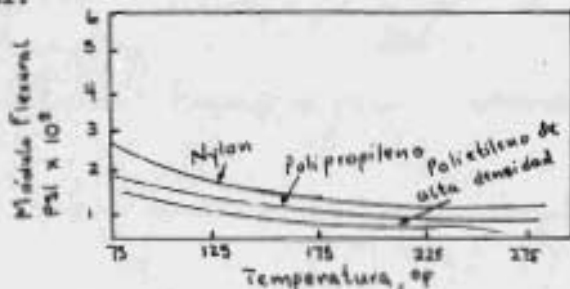
magnitud de la carga : 7000 psi , T₂ : 13° F

RESISTENCIA AL IMPACTO

La capacidad de un material para absorber choques es comunmente aceptada como una medida de la dureza. En materiales semicristalinos como el polipropileno, esta capacidad depende grandemente de la temperatura. A continuación se presenta una gráfica sobre la resistencia al impacto para varios grados de polipropileno:

MÓDULO FLEXURAL (RIGIDEZ)

El polipropileno ofrece grados de rigidez adecuados para una amplia variedad de aplicaciones. Por ejemplo, el p.p. de uso general tiene un módulo de elasticidad flexural de 175,000 Psi. a 73 F (ASTM D-79063). El módulo flexural del p.p. cae dentro del PAD y el nylon. Para aplicaciones donde se requiere más flexibilidad, el p.p. es copolimerizado con materiales hulosos obteniéndose módulos flexurales tan bajos como de 120,000 Psi.



PROPIEDADES QUÍMICAS.

El polipropileno es esencialmente inerte y resistente a una gran variedad de químicos a temperaturas mucho más elevadas que las soportadas por otros termoplásticos. No es afectado por soluciones acuosas de sales inorgánicas y prácticamente por todos los ácidos minerales y bases minerales, aún en elevadas concentraciones y temperaturas del orden de 60°C. Resiste soluciones de H₂SO₄ al 80% y HCl concentrado a temperaturas superiores de los 100°C. La resistencia a los solventes orgánicos abajo de los 50°C es buena.

Al igual que otras poliolefinas, el polipropileno es atacado lentamente por los ácidos oxidantes, por lo cual, cuando vaya a ser usado frente a un agente químico oxidante será necesario incorporar un antioxidante para evitar la degradación.

Otro ejemplo de la resistencia química del polipropileno es que es prácticamente inmune al agrietamiento por tensión cuando se expone a líquidos polares tales como alcoholes, soluciones jabonosas y detergentes sintéticos.

Se han realizado pruebas de resistencia del pp sometiéndolo al alcohol metílico, ácido acético y diisooctil sebacato por más de 1000 horas sin apreciarse ningún daño aparente. Otras poliolefinas presentan algunas fallas bajo condiciones similares a los 30 minutos.

RESISTENCIA DEL POLIPROPILENO A VARIOS QUIMICOS.

A G E N T E	GRADO DE ATAQUE DESPUES DE UNA SEMANA DE INMERSION	
	(20°C)	(70°C)
Acido Acético 10%	Nada	Nada
Hidróxido de Amonio 10%	Nada	Nada
Benceno	Ligero	Severo
C Cl ₄	Severo	Severo
Acido Cítrico 10%	Nada	Nada
Cresol	Nada	Nada
Alcohol Etilico	Nada	Nada
Glicerina	Nada	Nada
Hexano	Nada	Ligero
Acido clorhídrico 3%	Nada	Nada
Peróxido de hidrógeno 10%	Nada	Ligero
Alcohol isopropílico	Nada	Nada
Acido láctico 3%	Nada	Nada
Alcohol metílico	Nada	Nada
Metil Etil cetona	Nada	Ligero
Nafta WNF	Ligero	Ligero
Solución de fenol al 3%	Nada	Nada
NaCl 10%	Nada	Nada
NaOH 10%	Nada	Nada
NaOH 40%	Nada	Nada
Solveaso 12 #1	Ligero	Nada
H ₂ SO ₄ 80%	Nada	Ligero

<u>AGENTE.</u>	<u>GRADO DE ATAQUE DESPUES DE UNA SEMANA DE INMERSION.</u>	
	<u>(20°C.)</u>	<u>(70°C.)</u>
H ₂ SO ₄ 98 %	Nada.	Moderado.
Tolueno.	Ligero.	Severo.
H ₂ O	Nada.	Nada.
Xileno.	Severo.	Severo.

Nada - efecto despreciable.

Ligero - función de parte inalterada.

Moderado - satisfactorio para algunas aplicaciones. Se recomienda hacer una prueba antes de usarlo.

Severo - No es conveniente.

PROPIEDADES ELECTRICAS.

El polipropileno tiene excelentes propiedades aislantes y dieléctricas dado que es un polímero hidrocarbonado esencialmente no polar.

El pp tiene una constante dieléctrica muy baja casi inafectada por la frecuencia y la temperatura. También demuestra un bajo factor de pérdida, afectable en un grado muy pequeño por la temperatura. Estas son características altamente deseadas las cuales permiten la mínima absorción de señal o la disipación de potencia a calor en los equipos eléctricos de corriente alterna, así como gradientes de potencial mucho más bajos en aplicaciones de aislamiento en corriente directa.

El pp tiene una resistencia dieléctrica elevada, la cual aumenta con la temperatura, particularmente es elevada en secciones delgadas. La resistividad volumétrica del pp cae agudamente a temperaturas elevadas, pero todavía permanece en un nivel suficientemente elevado que la fuga de corriente es minimizada.

VALORES TÍPICOS DE LAS PROPIEDADES ELECTRICAS DEL P/P

Resistividad Volumétrica	(Ohm/)	----	6.5×10^6
Resistencia Dieléctrica	(Volts/Mil)----		660
Constante Dieléctrica	(10^6 Ciclos)---		2.0
Factor de Potencia	(10^6 Ciclos)---		0.0002 - 0.0003

Tiempo Corto

CARACTERISTICAS GENERALES DE COMPORTAMIENTO.

La dureza superficial y la resistencia al rayado y a la abrasión del polipropileno es superior a la de muchos termoplásticos de bajo costo. La dureza Rockwell es tan elevada como 105R y la abrasión Taber es reportada en 15 a 30 mg. perdidos/1000 ciclos.

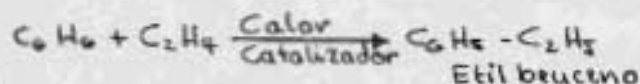
El coeficiente de fricción entre dos superficies de polipropileno es de aproximadamente 0.12, comparable al del nylon. A diferencia del nylon, sin embargo, este valor no es reducido grandemente por la lubricación. Por lo tanto, el uso preferido en engranes y cojinetes sería donde los requerimientos presión - velocidad son bajos.

CAPITULO XIII

PROPIEDADES DEL POLIESTIRENO

CARACTERÍSTICAS.

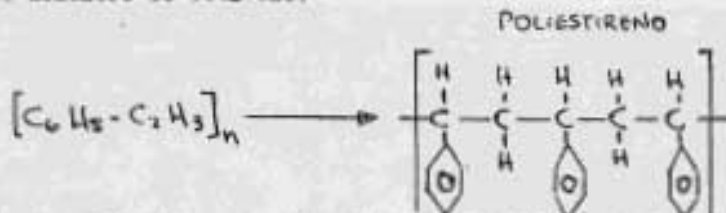
El poliestireno es un termoplástico semejante al agua producido a partir de la burla y del etileno gaseoso. El primer paso del proceso - consiste en la combinación del benceno y etileno para producir etil- - benceno:



El etilbenceno purificado es deshidrogenado catalíticamente en - presencia de vapor para producir el monomero de estireno:



El poliestireno se forma finalmente por polimerización por adi- - ción del monómero de estireno:



El peso molecular promedio de los poliestirenos comerciales es de 220,000.

POLIESTIRENO STANDAARD.

El poliestireno es el plástico que ocupa el tercer lugar en consumo en el mundo, superado solamente por el PVC y el polietileno.

Los polímeros de poliestireno estándar son transparentes y brillantemente claros. Tienen excelente rigidez, buen brillo superficial, claridad óptica, propiedades eléctricas notables, y es fácil de procesar, resistencia al calor, estabilidad dimensional y bajo costo.

POLIESTIRENO ESTABLE A LA LUZ.-

Se han desarrollado algunos tipos de poliestireno estabilizado a la luz para aplicaciones de este en instalaciones de iluminación. Las mayores ventajas del poliestireno estabilizado son su fácil procesabilidad, elevada rigidez, excelente color y claridad, estabilidad dimensional y muy buena estabilidad bajo condiciones de iluminación artificial. Algunos poliestirenos estabilizados han sido usados en iluminación durante 5 años sin adquirir ninguna coloración amarillenta.

La resistencia a la luz del poliestireno es todavía mayor cuando se copolimeriza con metilmetacrilato.

ESTIRENO - ACRILONITRILLO (SAN).

Hacia 1957, se introdujo el copolímero de estireno-acrilonitrilo (SAN). Este grupo tiene básicamente las mismas características de cristalinidad y dureza de los homopolímeros, pero además ofrece mejor resistencia química, resistencia al calor, a la tensión, estabilidad a la luz, y rigidez. Esta mejoría en las propiedades le ha dado entrada al SAN en artículos tales como partes eléctricas, aplicaciones industriales, y partes del interior de los automóviles. Al introducir el acrilonitrilo, se sacrifica la apariencia semejante al agua del homopolímero de estireno.

ASTIRENO - BUTADIENO (POLIESTIRENO DE IMPACTO).

A principios de 1950, el homopolímero fue modificado a base de la copolimerización con hule butadieno y en esta forma, el rango de propiedades aumentó notablemente. Se introdujeron flexibilidad y resistencia, manteniendo muchas de las características del homopolímero. En virtud de esto, los poliestirenos de impacto son empleados en aplicaciones donde son demandadas resistencia al impacto y mayor elongación.

POLIESTIRENO EXPANDIBLE.

La tecnología de los poliestirenos expandibles fué desarrollada en Alemania en 1952, y desde entonces ha abierto un gran número de mercados para el poliestireno.

Las propiedades más notables del poliestireno expandible son su baja densidad (menor de 2 Lbs/pie cúbico), elevados valores aislantes y sus excelentes propiedades de amortiguamiento. Este tipo de material se encuentra en el mercado en diferentes colores y en tipos retardantes a la flama.

El poliestireno expandible se prepara calentando los granos del polímero en presencia de un agente espumante, o por polimerización del monómero de estireno en presencia de un agente espumante de tal manera que el agente sea intertrapado dentro del lecho. Se emplean como agentes espumantes típicos los pentatos y otros hidrocarburos.

POLIESTIRENO CON FIBRA DE VIDRIO.

Estos poliestirenos son de interés en aplicaciones estructurales. Los poliestirenos cargados y el SAN ofrecen gran rigidez, estabilidad dimensional (equivalente a la del Zinc, o AL.) y una mejor tenacidad. Los poliestirenos con cargas de un 20 a 40 % de fibra de vidrio, ofre

con un incremento de un 50 % en la resistencia a la tensión y un 100 % en la rigidez, se eleva además substancialmente la resistencia al impacto.

Los polímeros de la familia del estireno que existen actualmente en el mercado son polímeros amorfos, es decir, que las moléculas son de forma ordenada. A manera de símil se podría pensar en una pequeña pelota de espagueti. Por lo tanto cuando se aplica calor, se lleva a cabo un reblandecimiento gradual del material dentro de un amplio margen de temperatura. Por otro lado, en cambio, los polímeros cristalinos tienen un margen estrecho de punto de fusión, tal es el caso de las poliolefinas y las poliamidas.

Las poliolefinas presentan el peso específico más bajo (polietileno 0.910-0.965, y polipropileno 0.89-0.904) de todos los termoplásticos utilizados en aplicaciones industriales.

Los compuestos de estireno se encuentran en un valor promedio de 1.06. Otros tales como celulósicos, acetales que tienen pesos específicos mayores, generalmente de 1.15 - 1.43.

Dentro de los diferentes grupos de estirenos existen marcadas diferencias en cuanto a propiedades físicas y químicas, pero tienen en común tres características de vital importancia, que son: rigidez, bajo encogimiento en el molde, estabilidad dimensional. Dentro de los termoplásticos no existen uno solo que supere a los estirenos en estas propiedades. Por lo tanto los estirenos son muy apropiados para uso en partes que van a ser ensambladas.

PROPIEDADES DEL POLIESTIRENO

PROPIEDADES DE INTERES GENERAL

- (1) Es ligero de peso
- (2) Es fácil de soldar
- (3) Conserva sus dimensiones. Los artículos hechos de poliestireno mantienen su forma sin ningun problema a temperatura ambiente aunque mejor a temperaturas más bajas.
- (4) Es inodoro, insípido y no tóxico.
- (5) Tiene excelentes propiedades ópticas.
- (6) Debido a las propiedades del polímero básico, este plástico es fácilmente coloreado para producir una amplia variedad de colores que van desde transparentes, translúcidos y opacos.
- (7) Es resistente al agua.
- (8) Es resistente a muchos químicos ordinarios, especialmente corrosivos, líquidos inorgánicos tales como bases o ácidos.
- (9) Tiene excelentes propiedades eléctricas.
- (10) Su combustión es lenta y deja residuo de hollín.

PROPIEDADES MECANICAS.

Las propiedades típicas de varios tipos de poliestirenos para inyección se dan en la siguiente tabla:

PROPIEDADES	POLIESTIRENO REGULAR	POLIESTIRENO MEDIO IMPACTO	POLIESTIRENO ALTO IMPACTO	POLIESTIRENO SUPER ALTO IMPACTO
Impacto IZOD Lb-Ft/in de rg- nura (barra de 1/8")	0.3-0.5	0.4-0.8	1.5-2.4	6 - 8
Resistencia a la Tensión, psi	5000-7000	4000-5500	3400-5000	3000-4500
Elongación en Tensión, %	1.4-2.0	12-20	23-35	30 - 40
Módulo en Ten- sión, psi x 10 ⁻⁵	3.00-4.75	3.50-4.50	3.25-4.25	- - -
Resistencia a la Flexión, psi	7000-9000	7000-8500	5500-7000	- - -
Módulo en Flexión psi x 10 ⁻⁵	4.00-5.00	3.50-4.90	3.25-4.25	2.25-3.00
Temperatura de Deflexión Bajo Carga de 264 psi, °F	172	175	172	185-190

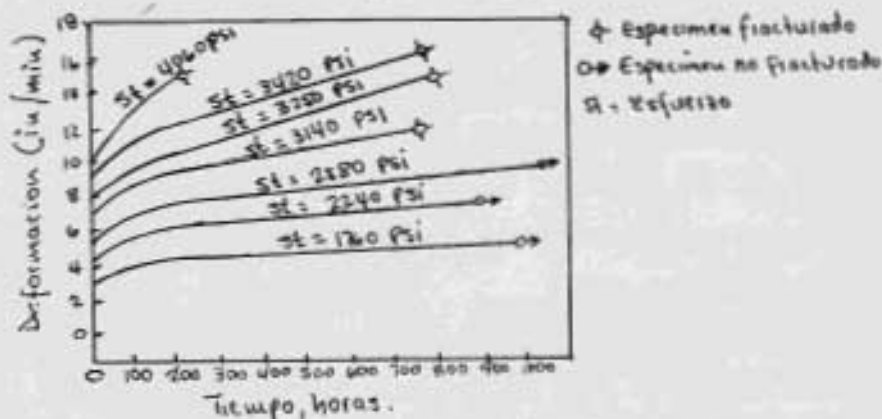
Cuando el poliestireno es extruido en hojas, las propiedades varían -- con el grado y dirección de la orientación. La siguiente tabla indica la forma en que las propiedades de un poliestireno de impacto son afectadas por la situación de la muestra:

PROPIEDADES DE LAS HOJAS EXTRUIDAS DEL POLIESTIRENO DE ALTO IMPACTO

Situación de la muestra	Elongación final (%)	Resistencia a la Tensión (psi)
Paralela a la dirección de extrusión	48	3120
Perpendicular a la dirección de extrusión	12	2900

Comparando los datos de la primera tabla con los de la segunda se puede ver que las propiedades de muestras inyectadas no corresponden a las de las mismas extruidas. Las diferencias en las propiedades son un resultado de la orientación, e indican que las condiciones y métodos de fabricación pueden cambiar la resistencia de un plástico.

Al igual que muchos otros termoplásticos, el esfuerzo máximo que regularmente podría el poliestireno aguantar varía con la duración de la carga aplicada. Este material no soportará cargas en tensión de larga duración mayores de 2500 psi. La siguiente figura grafica el esfuerzo contra el tiempo en horas.



PLASTODEFORMACION (CREEP) A VARIOS ESFUERZOS.

COMPARACION DE PROPIEDADES DE
ESTIRENOS

PROPIEDAD	POLIESTIRENO	POLIESTIRENO		
		SAN	DE IMPACTO	A B 3
Transparencia	1	1	3	4
Rigidez	1	1	3	2
Resistencia al impacto	4	3	2	1
Resistencia química	3	1	3	2
Estabilidad a la luz	3	1	3	2
Facilidad de moldeo	1	2	1	2
Encogimiento en el molde	1	1	2	2
Deformación bajo carga	1	1	3	2
Facilidad de decorado	1	1	1	1
Brillo	1	1	3	1

Un valor de 1 indica que el material ofrece el máximo comportamiento hacia la propiedad específica en estudio. Un valor de 4 será el más bajo comportamiento comparativo.

Conforme se aumenta más el nivel de butadieno en los materiales de estireno, las siguientes propiedades cambian :

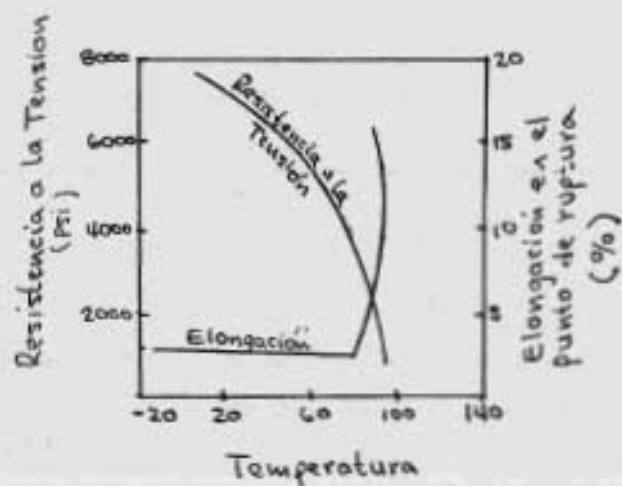
Resistencia a la Tensión	disminuye
Elongación (ruptura)	aumenta
Resistencia a la flexión	disminuye
Deflexión	aumenta
Resistencia al impacto	aumenta
Vida bajo flexión	aumenta

Rígido:	disminuye
Dureza de la superficie	disminuye
Resistencia a la abrasión	disminuye
Resistencia a la deformación bajo carga	disminuye
Resistencia Química	disminuye
Opacidad	aumenta
Brillo	disminuye
Costo	aumenta

PROPIEDADES DE LOS POLIESTIRENOS RESISTENTES AL CALOR						
PROPIEDADES	P/s Regular	P/s Premium	Estireno A metil estireno	f ₁ Medio Impacto	f ₂ Alto Impacto	Estireno Aca. (HIPS) Lo. (GPP)
Impacto Izod, ranurado Ft-Lb/in (barra 1/8")	0.3-0.5	0.4-0.6	0.3-0.4	0.5-1.0	1.5-2.5	0.3-0.45
Resistencia a la Tension, Psi	7500-40000	7500-80000	6000-85000	6500-80000	5500-75000	10000-120000
Elongacion en Tension, %	1.5-2.0	2.5-3.0	1.5-2.5	5-10	5-15	2.0-3.5
Módulo en Tension, Psi x 10 ⁵	4-5	4.25-4.75	4.75-5.25	2.75-4.75	3.50-4.50	4.00-6.50
Resistencia Flexural, Psi	12000-14000	12000-14000	10,000-12000	11,000-13000	9000-11000	14000-15000
Modulo Flexural Psi x 10 ⁵	4.25-5.25	4.25-4.75	3.75-4.50	3.50-4.50	3.25-4.25	4.00-4.50
Temperatura de Deformacion OF a 264 Psi	200	202	203-206	196	196	190-202
Conductividad Térmica a 40°F BTU-in/FI ² -hr/10°	0.5-0.8	0.5-0.8	0.5-0.8	0.3-0.8	0.3-0.8	0.8
Coefficiente de Expansion Térmica OF x 10 ⁵	3-4	3-4	3-4	3-4	2-5	4

P/s = Poliestireno

P/s Premium - Poliestireno de Koppers Co.,
Marca Dylene clave KPD600.



Efecto de la temperatura en la resistencia a la tensión y la elongación en el punto de ruptura del poliestireno.

EXPANSION TERMICA.

Los poliestirenos tienen un coeficiente de expansión térmica mayor que los metales. Los insertos metálicos raramente son usados en los poliestirenos convencionales ya que debido a su elevada expansión térmica puede originar un rompimiento en el poliestireno. Los poliestirenos modificados son mucho mejores para estas aplicaciones con insertos metálicos. Algunos plastificantes aumentan el coeficiente de expansión térmica; la adición de cargas lo disminuyen.

PROPIEDADES ELECTRICAS.

Las excelentes propiedades eléctricas del poliestireno junto con su bajo costo de acabado lo hacen de especial interés para los aislamientos eléctricos en la industria. La resistividad superficial y volumétrica son muy elevadas; el factor de potencia es casi cero. Las propiedades eléctricas varían ligeramente con la temperatura y la humedad. Estas propiedades son la base para la aplicación del poliestireno en muchas aplicaciones eléctricas y electrónicas tales como capacitores, aisladores, bobinas, cables y otros componentes.

RESISTENCIA DIELECTRICA (VOLTS/MIL).

Los grados eléctricos de poliestirenos tienen una resistencia dieléctrica comparable a la de la mica. Es más elevada que la medida en otros termoplásticos. Después de inmersión en agua durante 48 horas los poliestirenos mantienen todavía sus propiedades eléctricas.

CONSTANTE DIELECTRICA.

El poliestireno tiene una constante dieléctrica baja y es relativamente independiente de la frecuencia. Esto hace al poliestireno un material útil en componentes aislantes y como dieléctrico en algunos tipos de capacitores.

FACTOR DE POTENCIA.

El factor de potencia en los grados eléctricos del poliestireno es muy bajo. Esto lo hace un material útil para aislamiento de corriente de alta frecuencia.

RESISTIVIDAD VOLUMETRICA.

Debido a que los grados eléctricos de p/s tienen una resistividad volumétrica extremadamente alta, estos materiales son útiles en el diseño de aisladores.

RESISTIVIDAD SUPERFICIAL.

Esta propiedad en los poliestirenos es elevada bajo temperaturas promedio y humedades relativas. Mantienen su resistividad superficial mejor que otros materiales a medida que aumenta la humedad.

PROPIEDADES OPTICAS.

Muchas características físicas y químicas del poliestireno tales como rigidez, baja absorción de agua, resistencia a los ácidos, meldebilidad y resistencia al interperismo son de importancia tanto en las aplicaciones eléctricas como en las ópticas. A continuación se resumen las principales propiedades ópticas del poliestireno:

PROPIEDAD	POLiestireno REGULAR	POLiestireno DE IMPACTO	SAN
Transparencia, %	88 - 92	Translucido a opaco	80 - 88
Indice de Retracción	1.59 - 1.60	- - -	1.57

PROPIEDADES ELECTRICAS TÍPICAS DEL POLIESTIRENO.

PROPIEDAD	P/S REGULAR	P/S ALTO IMPACTO	(SAN) P/S ACRILONITRILLO
Resistencia Dieléctrica (volta/mil)	500-700	300-600	400-500
Constante Dieléctrica (60 ciclos)	2.45-2.65	2.45-2.75	2.75-3.40
Factor de Potencia (60 ciclos)	0.00001-0.0003	0.004-0.002	0.007-0.010
Resistividad Volumétrica (ohm-cm)	10 ¹⁶	10 ¹⁶	10 ¹⁶
Resistencia al Arco (seg.)	60-80	20-100	100-150

PROPIEDADES QUIMICAS.

Los poliestirenos comunes son solubles en algunos materiales orgánicos. A continuación se presenta una tabla de la resistencia química del poliestireno:

RESISTENCIA QUIMICA DE LOS POLIESTIRENOS

R E A C T I V O S	P/S REGULAR	P/S DE IMPACTO	S A N
Acidos Débiles	inafectado		
Acidos Fuertes	atacado por ácidos oxidantes		
Bases Débiles	inafectado		
Bases Fuertes	inafectado		
Solventes Orgánicos	soluble en aromáticos clorados e hidrocarburos aromáticos.		resistente a la gasolina, aliménteos, aceites; soluble en cetonas, éteres y algunos hidrocarburos clorados.

CAPITULO XIV

APLICACIONES

APLICACIONES PRINCIPALES DEL ABS.

Los principales mercados cubiertos actualmente por los distintos grados de ABS son los siguientes: automóviles, refrigeradores, equipos, artículos para el hogar, gabinetes de máquinas e instrumentos, teléfonos, tubería y accesorios, empaques, tacones de zapatos, piezas cromadas, artículos recreativos, y gran variedad de misceláneos. Cabe también mencionar a los cascos de seguridad, muebles, y cámaras fotográficas.

Automóviles y camiones.

A principios de los 60, piezas moldeadas en ABS por inyección comenzaron a ser usadas en el interior de los automóviles, como consolas, tableros de instrumentos, descansabrazos, bisel, parrillas de aire acondicionado, etc.. El Pontiac 1966 fue el primer modelo en utilizar piezas grandes de ABS en el exterior del vehículo: las dos parrillas de las lanternas del radiador, reemplazando con ventaja al aluminio. Las propiedades del ABS que hicieron posible su penetración en el mercado automotriz son: moldeabilidad, dureza superficial, estabilidad dimensional y potencial de aceptar recubrimientos metálicos. Paralelamente al desarrollo de nuevas aplicaciones en interiores y exteriores, se fabricaron modelos experimentales con la carrocería termoformada de láminas de ABS.

La lámina de ABS, a pesar de ser más cara que la lámina de acero, resultó económicamente atractiva en esta aplicación de pequeño volumen dado que el molde de la resina costaba la quinceava parte del costo de los moldes para el estampado de la lámina metálica, además de no requerir pintura por ya venir pigmentada la resina.

La mayor parte de los fabricantes producen sus piezas por formado al vacío, aunque también se usan en menor escala el formado a presión, y el molde por inyección.

Tubería y Accesorios.

La utilización de ABS en tubería es tan antigua como el mismo material. Últimamente, su penetración en los mercados de drenaje-desagües ha sido definitiva. Todos los estados de la unión americana han autorizado su uso para estas aplicaciones.

Las propiedades requeridas por el ABS usado en tubería son: facilidad de manejo e interconexión, resistencia a la corrosión y a los agentes químicos, estabilidad térmica, resistencia al impacto y capacidad de soportar esfuerzos de todo tipo.

La diversificación del ABS en el mercado de tuberías ha hecho abarcar también: líneas de campos petroleros, líneas de distribución de agua, conductos eléctricos y, en general, aplicaciones donde no existen requerimientos muy estrictos en cuanto a la presión por soportar, mercado cubierto por el PVC.

Construcción.

La utilización del ABS en tubería y accesorios solo constituye un aspecto de su empleo en la industria de la construcción. A partir de la década de los setentas, gracias al desarrollo de nuevos grados de ABS con mejor resistencia al interperismo y a la flama, así como a la aparición de equipos de termoformado más grandes capaces de moldear láminas extruidas de mayor tamaño, su aplicación como material decorativo en fachadas de edificios ha comenzado a adquirir cierta importancia.

Para mejorar su resistencia al interperismo las hojas de ABS son laminadas con una delgada capa de película acrílica.

Los grados autoextinguibles de ABS se han obtenido mediante la adición de retardantes de flama como el Sb_2O_3 . La temperatura de distorsión relativamente alta del ABS ($100-110^{\circ}C$ dependiendo del grado) le permite soportar colores oscuros lo cual constituye una ventaja sobre

el PVC, cuya baja temperatura de distorsión, 75°C, solo le permite soportar el blanco y tonos claros de gris.

La futura penetración del ABS en este mercado dependerá de que se logre abatir los costos de la lámina extruida para hacerla más competitiva con el PVC, al cual supera en resistencia al impacto, termoformabilidad, y disponibilidad de láminas en los tamaños requeridos.

Refrigeradores.

El ABS es empleado ampliamente desde 1960 en charolas, tiras de contención, y la puerta interior de los refrigeradores.

Tres factores han contribuido al empleo del ABS en vez de los otros poliestirenos en esta aplicación: menor coeficiente de expansión térmica, mejor resistencia al ataque de los fluorocarburos y mejor resistencia al ataque químico de los alimentos.

La mayor parte de los fabricantes producen sus piezas por formado al vacío, aunque también se usan en menor escala el formado a presión y el moldeo por inyección.

Equipajes.

El mercado de equipajes ha sido de importancia para el ABS desde el principio de la década de los sesentas, consiguiendo los grados alto y medio impacto de extrusión que le imparten al producto final rigidez-resistencia al calor, buena procesabilidad y ligereza.

El ABS ha retenido el mercado de maletas en un 60% contra 30% del polipropileno, su más cercano perseguidor. Esto se debe, en parte, a la facilidad que tiene la lámina de ABS de aceptar por laminación una película, también de ABS, que le imparte un relieve que otros materiales no pueden imitar.

Mobiliario.

Las ventajas del ABS en este ramo, son su fácil moldeabilidad y aceptación de colores. Su principal inconveniente, alto costo de fabricación cuando se trata de piezas de gran tamaño, se ha superado mediante diseños que involucran el ensamblaje de piezas pequeñas moldeadas -- por inyección. Por este método, se construyen: sillones, mesas, libreros, camas, etc..

Industria Alimenticia.

El ABS tradicionalmente considerado un plástico de ingeniería con campos de aplicación bien definidos, ultimamente ha comenzado a abarcar el mercado de los materiales de empaque, típico de termoplásticos de menor costo como el PVC. Un caso patente lo constituye el empaque de margarina en Inglaterra, donde ABS termoformado resulta más económico que el PVC grado alimenticio. Otros mercados potenciales son el empaque de grasa vegetal, ensaladas, rellenos de pasteles.

Teléfonos.

Esta aplicación del ABS se ha popularizado en todo el mundo a partir de su advenimiento en la década de los sesentas, cuando reemplazó a la baquelita gracias a su excelente facilidad de moldeo, brillo superficial, resistencia al impacto y aceptabilidad de colores.

Otras Aplicaciones.

Sin pretender cubrir exhaustivamente las aplicaciones del ABS, además de las mencionadas anteriormente se tienen las siguientes:

Equipo eléctrico: gabinetes de radio, grabadoras y televisión; interfonos, micrófonos, perillas, consolas interruptores, ventiladores, rasuradoras, secadores de pelo, lavadoras.

Equipo de oficina: gabinetes y cubiertas para máquinas de escribir

y suadoras; reglas de cálculo.

Maquinaria industrial: bobinas textiles, poleas, engranes, recipientes, mangos de herramienta, ductos, cubiertas de tanques, perillas, manijas, impulsores de bombas.

Artículos deportivos: esquís acuáticos, cascos para fútbol americano, cascos de beisbol, carretes de cañas de pescar, botes y yates, -- trineos.

Enseres domésticos: partes de cámaras fotográficas y cinematográficas, proyectores, gabinetes de relojes, ganchos para ropa, tacones de calzado, botones, recipientes para desperdicios, cubetas, palanganas, - cannetas.

APLICACIONES DE LA RESINA ACETÁLICA.

Interruptores de cambio de dirección (industria automotriz).

Cuatro muelles integrales, capaces de aguantar por lo menos 175,000 ciclos, con una ventaja del diseño del nuevo interruptor de cambio de dirección utilizado por uno de los más importantes fabricantes de automóviles. Fabricado de resina acetálica, el interruptor está apareado con una leva desconectora también hecha de resina acetálica.

El beneficio principal del nuevo diseño es la incorporación de los contactos eléctricos en el montaje del interruptor que antes estaban localizados en la base de la columna de dirección y la eliminación del cable mecánico que debía conectarlos. La unidad compuesta de dos piezas moldeadas reemplaza varias piezas de fundición de zinc y tres muelles de acero. Ventajas adicionales se consiguen debido a la facilidad de montaje del interruptor por el fabricante en su instalación actual. Los cables y los contactos eléctricos, de una cubierta separada, se montan por embutición elástica en las dos partes moldeadas por inyección, las cuales se unen por un tornillo autorroscante.

La elección de la resina acetálica para esta aplicación fue dictada por su propiedad de muelle, única en los materiales plásticos. El alto módulo, la rigidez y la baja fluencia en frío, son características de esta resina que también son esenciales para un funcionamiento libre de averías, como son la excelente resistencia a la fatiga y el bajo coeficiente de fricción.

Moldes para caramelos (artículos para el hogar).

Los moldes para caramelos sufren un trato muy duro. Tienen que soportar una composición líquida y pegajosa que se echa en ellos varias veces al día. El molde es agitado a alta frecuencia por medio de vibra-

ciones sónicas para eliminar las burbujas de aire. El fabricante tiene entonces el problema de sacar los dulces de los moldes y limpiarlos de los restos pegajosos que quedan retenidos en el molde.

El acero inoxidable fue utilizado hasta que se ensayó la resina acetálica. Tarde o temprano, la agitación por vibración sónica llegaba a quebrantar los moldes de acero que solo serviría para chatarra. El uso de la resina acetálica para esta aplicación solucionó estos problemas y se obtuvieron economías importantes en el costo de cada molde. Además los dulces se desprenden del molde de resina acetálica con facilidad y por encima de esto se acortaron los tiempos de limpieza y lavado de los moldes.

Valvulas de flotadores.

Los factores más importantes de esta válvula de flotador, soldada enteramente en resina acetálica, en Inglaterra, son: la resistencia a la corrosión; no hay depósitos minerales, y funcionamiento seguro.

Gracias a su bajo coeficiente de absorción de agua, la resina acetálica proporciona a las 11 piezas de la válvula una excelente estabilidad dimensional, evitando así cualquier pérdida o agarrotamiento de todo el sistema. Las piezas no requieren de tratamiento ni lubricación alguna. Una vez soldada las piezas no requieren mecanización al terminado, puesto que las roscas, tuercas, etc. están soldadas íntegramente. La palanca que soporta el flotador está montada por embutición elástica al cuerpo de la válvula. La mordaza que conecta la palanca al sifón se hizo anteriormente de latón, pero finalmente se eligió a la resina acetálica por su resistencia a la corrosión, su poco peso y economías de producción.

Resina acetálica para interruptores.

Estos interruptores de botones se usan principalmente en aparatos de radio y televisión y ofrecen un funcionamiento inmejorable, bajas temperaturas extremas y severas condiciones de servicio. La resina acetálica se eligió para las piezas de los interruptores, debido a su estabilidad dimensional, su resistencia a la abrasión y su lubricidad. Las piezas de resina acetálica no demostraron ninguna señal de deterioro -- que pudiera impedir su funcionamiento normal en interruptores que han -- ensayado por más de 100,000 ciclos. Estos interruptores nos vienen de -- Francia.

Caja del regulador de gas.

Europa ha producido, excelentes aplicaciones de la resina acetálica. Este record lo continúa Dinamarca con el cuerpo del regulador de -- gas para botellas. Esta caja se moldea en dos piezas que se montan por -- embutición elástica. En este caso la resina acetálica substituyó la fundición de zinc. Se eligió la resina acetálica por su resistencia, su -- estabilidad dimensional y resistencia a la corrosión (este regulador se -- usa en todos los climas), su poco peso (para el transporte) y su apariencia limpia y atractiva.

Fabricación de encendedores de gas butano. (se economiza peso y costo).

En Holanda se fabrican encendedores de gas butano con su caja brillante y de buena apariencia. La caja resiste a la abrasión y a las -- manchas. Esta caja tiene un tacto arradable y se le puede imprimir por -- estampado en caliente para decoración y promoción. La gran variedad de -- colores de la resina acetálica facilita el trabajo de presentación del -- fabricante. El recipiente del gas está también hecho de resina acetálica -- y en este caso sustituye al aluminio. Este recipiente no solo es más -- ligero y económico que el tanque de aluminio sino que su semitransparencia

en el espesor de pared de 0.7 mm. permite distinguir el nivel de contenido del butano líquido. El tanque se moldea por inyección en dos partes, el cuerpo cilíndrico y la base. El montaje se efectúa por medio de soldadura por rotación.

Fabricación de maquinaria para relojes eléctricos.

La clave de este diseño único es el moldeo por inyección en grupo de 19 cojinetes de diversas funciones y soportes de montajes en resina acetálica y directamente sobre armazones de acero. El moldeo en grupo y las funciones múltiples de las piezas de plástico, consiguieron eliminar 46 de las 91 piezas que se requerían anteriormente y se obtuvo la consiguiente reducción de tiempos de montaje.

La evidencia de las mejoras que se han obtenido en rendimiento es bien aparente porque:

- a) la potencia consumida se redujo a la mitad puesto que anteriormente consumía más de 2 watts y ahora apenas pasa de 1 watt;
- b) se disminuyó la velocidad de arrastre de 3,600 rpm a 200 rpm;
- c) la temperatura de la bobina bajó de 79° C a 66° C.

Varias de las propiedades de la resina acetálica contribuyen al éxito de esta aplicación en su nuevo diseño: estas fueron su resistencia y rigidez, el bajo coeficiente de fricción, su resistencia a la abrasión, su estabilidad dimensional y finalmente por sus propiedades eléctricas.

Mecanismos a menor costo.

Las boquillas de extrusión para un fabricante de "prensas para paginas" de Sur América, son soldadas por inyección en resina acetálica; las intrincadas boquillas reemplazan a las mucho más costosas hechas de latón.

La resina acetálica tiene varias ventajas sobre el metal en esta aplicación: las pastas de harina se llenan mucho más fácilmente a través de las boquillas de resina acetálica; no hay problemas de corrosión; no puede transmitirse gusto de metal a la pasta; las piezas de resina acetálica se limpian fácilmente en agua caliente o incluso en vapor.

Manivelas para válvulas.

Las manivelas moldeadas por inyección en resina acetálica sobrepasaron el rendimiento de otros seis materiales no metálicos, durante el programa formal de ensayos realizados en Suiza. Estos ensayos independientes incluyeron: resistencia a la fatiga durante operaciones repetidas, resistencia a la deformación a través de tensiones realizadas por el eje de la manivela durante cortos períodos y efectos permanentes durante períodos largos; y comportamiento del acoplamiento sobre los ejes de las válvulas.

La resina acetálica es dura y resistente, propiedades requeridas para estas aplicaciones. Es dura y resistente a la abrasión y ese color no deslucen; es agradable al tacto en temperaturas calidas o frías. Y finalmente, la resina acetálica proporciona al ingeniero una libertad de diseño y posibilidades de exponer un estilo abierto por su versatilidad combinada con el moldeado por inyección.

Ruedas de impresión.

La rueda de impresión en esta aplicación es una unidad multi-funcional. tiene un sello integral de tensión, engranaje, cojinete integral y un segmento para impresión. El costo resultante es una pequeña fracción de lo que sería un metal, que necesitaría varias piezas y una operación de montaje. La rueda también tiene baja inercia, por lo que permite aumentar la velocidad operacional y reducir el consumo de ener-

gía. Se especifica la resina acetálica para esta aplicación porque tiene una definición de caracteres de alta calidad y ofrece alta dureza de superficie, excelente resistencia a la fatiga y al impacto repetido. -- También resiste los disolventes comunes, tintas y productos químicos -- utilizados en las cintas de imprimir.

Mientras que el zinc puede tener pequeñas inclusiones que podrían limitar la definición de caracteres, la resina acetálica llena mejor -- las cavidades del molde que la fundición de zinc, lo que reduce el número de piezas rechazadas.

Cerraduras en camiones.

Piezas de plástico que se mantienen bajo una tensión de 2,000 kgs. (4,500 lbs.)... tales son los requisitos para esta cerradura que va en camiones Alemanes y Franceses.

La resina acetálica simplifica la construcción, proporciona funcionamiento más suave, elimina ruidos y corrosión y también proporciona -- las ventajas de la economía de fabricación por moldeo por inyección.

Fabricación de formas complejas y poco peso.

En Francia la caja de una taladradora consiste de cuatro piezas de resina acetálica: el mango negro y la tapa trasera roja, la caja o armazón del motor y la cubierta delantera. Estas cuatro piezas se montan -- por medio de tornillos de seguridad atornillados directamente sobre perforaciones moldeadas en la resina acetálica. La facilidad de moldeo de la resina acetálica para piezas de formas complejas se pone en contribución para esta aplicación puesto que las rejillas de ventilación, los nervios de refuerzo y los montajes y soportes del motor están moldeados íntegramente, reduciendo al mínimo los trabajos de mecanizado. La caja de resina acetálica es muy fuerte y rígida y sus colores no desalucirán -- puesto que la resina acetálica está pigmentada íntegramente. La elec__

ción de la resina acetálica también permitió una reducción en el peso total de la taladradora.

Lentes fotográficas.

La caja exterior de una serie de lentes fotográficas de Alemania, está compuesta de anillos separados de resina acetálica. Se debe asegurar el funcionamiento suave bajo todas las condiciones climáticas. El primer requisito para las piezas en resina acetálica fue estabilidad dimensional, rigidez y buenas propiedades de fricción. Los varios anillos están montados en una forma muy ingeniosa, simplemente embutición elástica e por embutición en prensa. Los números están grabados en el cuerpo del anillo y rellenos de pintura después. La atractiva superficie -- obtenida sin costo extra, proporciona otro incentivo importante para la elección de la resina acetálica.

APLICACIONES DEL COPOLIMERO ACETALICO.

El copolímero acetalico es un material fuerte, rígido, tenaz, duro y resistente a la abrasión. Además, soporta una gran capacidad de carga durante largos períodos de tiempo aun a altas temperaturas y en condiciones que dañan a otros materiales. Estas propiedades, junto con la facilidad de procesamiento, dan al diseñador de ingeniería mayor libertad en la selección de materiales.

Muchos artículos que anteriormente deberían elaborar con metal, lámina o termofijos, ahora pueden utilizar el procesamiento del termoplástico, muy económico por el gran volumen que se puede producir y sin disminución de las propiedades esenciales.

Fabricación de partes industriales.

El copolímero acetalico se emplea para la fabricación de partes de utensilios domésticos así como para los de máquinas de todos tipos. La principal razón para que este copolímero se emplee más frecuentemente - en este tipo de equipo es que, además de la resistencia y el vigor necesario para efectuar este trabajo, las partes del copolímero son empleadas rápidamente después de ser moldeadas. Las piezas hechas del copolímero acetalico, tales como engranajes, levas, boquillas, grapas, agarra-deras, carcasas, etc. no requieren de operaciones de acabado final tales como rebabeo, pulimento, y además operaciones similares. Por supuesto, para cada aplicación, hay cualidades del copolímero que son necesarias tales como su resistencia química, lubricidad, estabilidad al calor, rigidez, y resiliencia.

Industria Automotriz.

En este campo el copolímero se emplea para la fabricación de grapas de sujeción, hebillas de los cinturones de seguridad así como otros componentes de gran volumen. En este campo, como en cualquier otro, el-

copolímero se usa porque hace el mejor trabajo. El copolímero acetálico llena las propiedades requeridas por esta industria, tales como facilidad de moldeo, volúmenes de producción elevados, alta calidad, y partes de bajo costo.

Uso en plomería.

Esta aplicación del copolímero acetálico se debe principalmente a la propiedad de ser un material anticorrosivo aun cuando esta en servicio continuo en agua caliente. Se usa en ensamblajes donde las dimensiones deben permanecer dentro de tolerancias estrechas y trabaja con la misma facilidad cuando es usada con metales. Generalmente las partes -- moldeadas por inyección de este material, no requieren de maquinado después del moldeo.

El incremento de la aplicación del copolímero en plomería se deriva de la afortunada aprobación por muchos códigos y especificaciones -- aplicables a la industria de la plomería. El copolímero acetálico está aprobado bajo los códigos listados a continuación:

ESPECIFICACION.

APLICACION.

Southern Standard Building Code National Sanitation Foundation	Aplicaciones específicas comprendidas en el código, tubería, accesorios. Aplicación especial en cañerías (sin presión).
City of Chicago Municipal Code Chapter 83.	Válvulas de alivio.
Chicago Plumbing Test Labs.	Válvulas de alivio.
State Bldg. Conset. Code Applicable to Plumbing (New York).	Cañerías. Uso subterráneo.
International Assoc. of Plumbing & Mechanical Officials.	Diversas válvulas y cañerías. Uso subterráneo.
Building Officials Conference-Of America.	Válvulas y accesorios.

Además, las formulaciones enlistadas a continuación han sido aprobadas por la National Sanitation Foundation para usarse con agua potable.

Celcon M90 - 01 (Para accesorios y tubería).
Celcon M90 Negro.
Celcon M25 Negro.
Celcon M25 Natural.
Celcon M90 Natural.
Celcon M90 Gris.
Celcon M90 Oro.
Celcon U10 - 01 natural.

Fabricación de juguetes.

Esta aplicación se logra gracias a que este material no es afectado por los cambios de temperaturas y la humedad y las piezas fabricadas no se corroen por la interacción electrofítica con otros materiales.

Fabricación de lápices y bolígrafos.

Las propiedades de acción mecánica repetida y fuerza elástica necesarias para esta aplicación son cumplidas por esta resina. Se logra además una superficie suave, dureza y resistencia a las manchas.

Alimentos.

Las propiedades de resina que la hacen idónea para aplicaciones en contacto con alimentos son su resistencia química y su capacidad para resistir a medios de limpieza a base de vapor. Por ejemplo: la resina ha sido aprobada por el U.S. Department of Agriculture y la Food and Drug Administration para ser usada en los garfios para la carne. Además la FDA no ha tenido objeción para que este material sea usado en la fabricación de ampollitas para antibióticos, bombas para leche, etc..

MISCELANEOS.

Engranajes y levas con insertos de metal, integralmente moldeados.

Rueda con signos y otras piezas de un aparato etiquetador. Se emplea el copolímero atendiendo a su dureza, autolubricación, resistencia a la fatiga y estabilidad dimensional.

Componentes para cartuchos estereos, ejemplifican la excelente lubricidad y estabilidad dimensional del copolímero.

Los automoviles tienen partes del copolímero en los carburadores, sistema de frenos de emergencia, sistema de luces direccionales, mecanismo de embrague, etc.. Todas las aplicaciones automotríficas del copolímero se logran gracias a la retención de sus propiedades durante largos periodos de tiempo y en un amplia variedad de temperaturas.

tencia elevada a la decoloración por la exposición a la luz u.v. y a la migración del plastificante, en condiciones de elevada humedad y temperatura.

Armazones Opticos.

Los armazones ópticos son moldeados por inyección de esta resina. Esta aplicación se logra gracias a las propiedades de elevada rigidez y resistencia a la delaminación o pelado de este material.

Mangos de Herramientas.

La fabricación de estos mangos para desarmadores se hacen con este material, gracias a que reúne características idóneas para esta aplicación tales como elevado calor de distorsión, inflamabilidad, resistencia dieléctrica y resistencia al impacto. La claridad y brillo chispeante de las piezas moldeadas o extruidas son también factores que influyen para seleccionar al propionato de celulosa para esta aplicación.

A continuación se describen las diferentes formulaciones estandar de propionato de celulosa que fabrica la compañía Celanese, indicándose en cada serie, sus principales características y las principales aplicaciones

Serie JR: Es el más popular de estos materiales. Se caracteriza por sus buenas propiedades de flujo y resistencia al impacto. Las aplicaciones típicas incluyen cuadrantes de teléfonos así como en los botones.

Serie JM: Esta serie ofrece la resistencia al impacto más elevada de todas las series estandar. Tiene también propiedades de tensión elevadas. Este material se emplea principalmente en cuadrantes, perillas y botones de automóviles.

Serie JC: Estos materiales ofrecen mejor flujo que los de la serie JM a igual rigidez. Ofrece mejor resistencia a la tensión que los de la serie JR. Las principales aplicaciones incluyen cajas para película, cuadrantes de televisión, mangos y anteojos de seguridad.

APLICACIONES DEL TEFLON.

Sellos y anillos.

Los sellos hechos de resinas teflón TFE han resuelto uno de los más difíciles problemas de sellado, que se hayan presentado. Su resistencia al desgaste es excelente, gracias a su sumamente bajo coeficiente de fricción y buena resistencia mecánica. No se adhiere a las superficies cuando se comprimen y exhiben buena recuperación cuando cesa la compresión. Las resinas teflón se usan para hacer anillos reforzadores-obturadores acopados, obturadores para válvulas y varillas, obturadores en U y en V, obturadores mecánicos y anillos móviles.

Los anillos o aros de pistón como superficies de desgaste hechas de resina teflón TFE se usan en algunos compresores, y como obturadores y anillos hidráulicos y neumáticos. Estos anillos se han utilizado con gran éxito en compresores no lubricados y en los empleados para procesos químicos para lo que se requiere desgaste reducido (tanto para el anillo como para el cilindro), termoresistencia, inercia química, flexibilidad y dureza.

Cojinetes.

Los cojinetes de fluorocarbono teflón TFE se emplean donde los cojinetes lubricados no pueden funcionar, o donde hay la posibilidad de que llegue a faltar el lubricante. Algunos de estos cojinetes son moldeados, otros se tornean en barras, tubos o láminas de "teflón". Estos materiales pueden modificarse con diversos agentes inorgánicos para aumentar la capacidad de carga de los cojinetes y mejorar su resistencia a la deformación.

Un nuevo e importante empleo del "teflón" es el de bloques de apoyo para puentes, guías de resbalamiento para tuberías, soportes para --

tanques, y otros tipos de construcción en que la dilatación y vibración presentan problemas.

Otras maneras de usar las resinas Teflón en cojinetes incluyen cintas, cortadas para recubrir interiormente bujes metálicos; acabados de recubrimiento para superficies de cojinetes; y telas tejidas con fibras orientadas de "Teflón".

Guarniciones y Empaquetaduras.

Las guarniciones y empaquetaduras han resultado ser las aplicaciones de mayor éxito de las resinas teflón TFE. Adecuadamente instalados, estos productos pueden eliminar casi por completo el mantenimiento de guarniciones y empaquetaduras.

En muchos casos, las resinas teflón son los únicos materiales que ofrecen un comportamiento satisfactorio. Esto es particularmente cierto en servicio con sustancias muy corrosivas. En otros casos, las resinas teflón han reducido los gastos de mantenimiento y el desgaste de cejas y pistones, a la vez que han aumentado la capacidad de producción, al disminuir los períodos de paralización de trabajo requeridos para la labor de mantenimiento. Los tipos de empaquetaduras incluyen el asbesto tejido e impregnado con dispersión de TFE, las empaquetaduras de cono y acopadas de resina TFE unicamente, y las empaquetaduras de hilos trenzados de TFE e impregnado con dispersión de TFE para cuando se usen sustancias sumamente corrosivas.

Mangueras.

Las mangueras flexibles forradas con resinas teflón TFE están dando excelente rendimiento y reduciendo los gastos de mantenimiento en aplicaciones de servicio pesado tales como instalaciones de vapor, equipo pulverizador de pintura caliente y el manejo de productos químicos.

Las mangueras con blindaje de hilos metálicos trenzados se usan comúnmente para hacer las conexiones finales en las cañerías para procesos químicos pues así se eliminan las dificultades de alineamiento y traspaso de vibraciones. Tales mangueras se suministran con diversos tipos de acoplamientos industriales, lo cual permite también una mayor normalización de accesorios y la reducción de inventarios de los tipos de mangueras necesarios.

También se usan mangueras de mayor tamaño, hechas de "Teflón" y forradas con un elastómero, para el traspaso de diversas sustancias químicas corrosivas. Este tipo de mangueras se producen con diámetro desde 1.27 hasta 15.24 cm.

Equipo recubierto interiormente.

tuberías y mangueras flexibles forradas interiormente con "Teflón" son productos bien conocidos que han facilitado grandes economías en gastos de reposición. Los tubos recubiertos con teflón se usan especialmente en la industria química, del petróleo, farmacéutica y elaboradora de productos alimenticios. La principal ventaja en estos casos es la inercia química, a la cual se agregan la resistencia al calor y a la adherencia de sustancias pegajosas.

Estas ventajas del teflón pueden obtenerse casi en todas las piezas componentes de equipos industriales. Entre las de más reciente introducción figuran las válvulas esféricas, bombas centrífugas, tubos de sonda, recipientes para procesos químicos y condens de ternoper. También hay muchos accesorios hechos totalmente de las resinas de teflón, así como de FEP.

Componentes eléctricos.

Las resinas de fluorocarbono "teflón" se usan en los equipos eléctricos como piezas soldadas y tornadas o fresadas, así como también -

en forma de cintas, hojas y películas.

Las excelentes propiedades dieléctricas de estas resinas, aunque se trate de hiperfrecuencias, y su resistencia a la humedad, son de esencial importancia en la electrónica. La termoresistencia es también a menudo esencial, especialmente por la actual tendencia a la miniaturización, que trae un aumento en las temperaturas de funcionamiento.

Los componentes hechos de resina VFK incluyen enchufes para tubos, terminales, inserciones para espaciadores coaxiales, componentes para guíasondas y aisladores para separadores.

Las resinas teflón prometen mucho en el ramo de los componentes -- eléctricos y electrónicos, gracias a su facilidad de fabricación. Entre sus usos se incluyen formas para bobinas, enchufes y bases para tubos, aisladores, distanciadores de manguito, y obturadores herméticos.

Superficies antiadherentes.

Otras características de las resinas teflón íntimamente relacionadas con las de bajo rozamiento, e igualmente sorprendentes, son las de inadherencia. Nada se adhiere con firmeza apreciable a las lisas superficies de estas resinas. Los diseñadores utilizan esta propiedad para dar superficies antiadherentes a equipos de sellar por calor, máquinas encoladoras, maquinaria de hornear y para la elaboración de bombones, y muchos otros tipos de equipo.

Los elaboradores de bombones están eliminando muchos casos de atascamiento mediante el uso de superficies de teflón en sus equipos para portadores y de envolver. Una compañía molinera eliminó las frecuentes interrupciones de trabajo para labores de limpieza, instalando recubrimientos de teflón en sus balanzas de pesar alimentos con melaza para animales, y realizó una economía anual de \$ 6 700,00 Dls.

Alambre y cable.

Las resinas de teflón son únicas en su clase como materiales aislantes. Ningun otro aislamiento para alambres y cables puede ofrecer -- tan notable resistencia ante tantas condiciones extremas. Ningun otro puede brindar tan excelentes propiedades electricas ante tan diversos requisitos de funcionamiento. Además, las resinas teflón se usan más y más cada día para ahorrar costos. Por ejemplo, su resistencia al calor de los cautines permite hacer más rapidamente las instalaciones eléctricas, y hacerlas con mayor seguridad, reduciendo los trabajos rechazados y rebajando los costos de inspección y mantenimiento.

El alambre aislado con resina TFE se emplea para conectar aparatos en cables de señales y mandos, sistemas de control y calculadores electrónicos, cables calentadores (para reemplazar los tubos calefactores de vapor en plantas) y en motores.

La resina de fluorocarbano FEP puede aplicarse al alambre en largos y continuos tramos. Un interesante uso de la resina FEP en alambres y cables se ve en el cable de registrador de datos.

Teflón en compuestos de relleno.

Al teflón puede agregárselo ciertos compuestos de relleno para proveerle de gran diversidad de propiedades mecánicas. Aditivos inorgánicos apropiados pueden alterar estas propiedades del "teflón" conforme a los factores e continuación indicados:

- Reducir el desgaste hasta más de 1 000 veces.
- Mejorar la resistencia a la plastodeformación (creep) por un factor de 2 o de 3 a 1.
- Mejorar la resistencia a la deformación inicial bajo carga en un 30 a 60 %.

- Aumentar la rigidez por un factor de 2 o de 3 a 1.
- Aumentar la termoconductividad casi 300 %.
- Aumentar la estabilidad termodimensional por un factor de 2 a 1.
- Aumentar la dureza de 10 % a 15 %.

Los materiales de relleno más comúnmente usados son el grafito, fibra de vidrio, bronce y disulfuro de molibdeno. Las composiciones de teflón con relleno han demostrado su duración en servicio, en anillos de compresores sin lubricación que han durado hasta 30 000 horas; su tenacidad, en bloques de apoyo para vagones de ferrocarril; su termoadaptabilidad, en servicio de sellado a temperaturas desde - 250°C hasta 260°C; su compatibilidad química, en asientos de válvulas para oxígeno líquido y ácido nítrico fumante; y su economía, al dar mejores resultados que otros materiales más costosos.

APLICACIONES DEL PVC.

PVC en cables.

Los compuestos de PVC son usados ampliamente en la industria del cable. Una de las principales razones para esta aplicación es la relativa facilidad de procesamiento del PVC, excelente apariencia y resistencia al intemperismo. Otra de las características importantes del PVC -- usado en cables es su resistencia a la flama, así como al agua; otras propiedades que contribuyen a que el PVC sea usado en cables son: su resistencia al envejecimiento, calor, aceite y al agua; resistencia dieléctrica, mecánica, a la abrasión, flexibilidad y poco peso.

PVC en la Construcción.

Marcos de ventanas: El inconveniente de usar la madera para esta aplicación es su distorsión debido a la absorción de agua, así como el crecimiento de los hongos. Cubriendo la madera con PVC ofrece una protección permanente, siendo esto más barato que el uso de metal. El PVC para esta aplicación puede extruírse en una gran variedad de colores y formas; las superficies son suaves y lisas. La resistencia a la abrasión del PVC rígido es excelente y las ventanas conservarán su buena apariencia durante un mínimo de 15 años.

Aparte del recubrimiento de los marcos de las ventanas con PVC cabe la posibilidad de fabricar el marco entero de PVC rígido.

Otra de las aplicaciones del PVC en el campo de la construcción es la fabricación de sistemas para el agua de lluvia. Aparte de la apariencia atractiva del PVC, resistencia a la corrosión, a prueba de agua y fuego y no requiere de pintura. Estos canales de desagüe (para el agua de lluvia), ofrece varias ventajas sobre el fierro vaciado, tales como:

ligereza, mejor apariencia, longitudes más largas y menos ensamblado y reduce por lo tanto los costos de instalación.

Hojas corrugadas.

Las hojas corrugadas de PVC han encontrado una amplia aplicación - en la construcción debido a sus características de iluminación, protege contra la luz, características de control de la humedad y temperatura, anti-corrosión, decoración y disminución del sonido.

Fabricación de pisos.

El uso de cargas de asbesto en las formulaciones de PVC para pisos es muy común. Las características generales de los pisos de PVC son las siguientes: Excelente resistencia a la abrasión, extraordinaria resistencia al agua, y a la humedad sin que esta disminuya; difícilmente afectado por aceites, ácidos o alcalis; retardante a la flama; extraordinaria libertad de diseño y colorido; buena elasticidad, buena sensación al caminar y no es resvaladizo.

Hojas lisas y vidrio de PVC.

Este tipo de hojas tienen aplicación en puertas, paredes, ciombos, tragaluzes y ventanas, así como en la iluminación.

Las características de estos materiales son las siguientes: Es más ligero en peso que el vidrio, menos quebradizo y tiene más libertad de coloración y es menos caro que las resinas acrílicas de este tipo.

No transmite rayos de luz u.v. abajo de 3 300 Å, conservando una temperatura ambiente efectivamente estabilizada.

El PVC laminado encuentra aplicación en la decoración de muros. Otra importante aplicación en este campo es la fabricación de puertas de acordeón.

Correderas para puertas y rieles.

En el terreno de la construcción se fabrican correderas para puertas y rieles de PVC los cuales se caracterizan por no empujarse y ser silenciosas. Debido a su resistencia a la abrasión y ser un material no corrosible el PVC ha desplazado al acero y al bronce para esta aplicación. Cuando esta aplicación se hace en ventanas a las cuales les llega directamente la luz solar, se usan barras de acero cubiertas con PVC debido a que este tiene una gran expansión térmica.

Persianas.

Antiguamente las persianas se fabricaban de bambú. En la actualidad el PVC ha tenido bastante aceptación en la fabricación de este tipo de materiales. Las principales características de las persianas de PVC son: los rayos directos son difundidos, transmitidos y reflejados. Las tablillas pueden colorearse al gusto, son elásticas y no se rompen ni se dañan, ligeras de peso y fáciles de manejar.

PVC en la agricultura.

El uso de película de PVC se ha popularizado mucho en el terreno de la agricultura, sobre todo en Japón, donde se ha venido utilizando desde 1951. La más grande aplicación de esta clase de película se encuentra en la rama de la horticultura. En menor escala se desarrolla en los invernaderos y otros.

Las características del funcionamiento favorable para la horticultura son las siguientes: resistencia al agua, al calor, aislamiento calorífico.

Tubos de PVC.

Debido a su resistencia al agua, intercorrosión y química, el PVC tiene bastante aceptación en la fabricación de mangueras para jardines-

y demás usos.

Estas mangueras han tenido bastante aplicación en el campo de la agricultura, y han acabado por desplazar al hule debido a su resistencia a los productos químicos usados, resistencia a la abrasión, al calor durante largos períodos y menor peso (60 % de una manguera de hule)

Comestibles y tratamientos médicos.

El PVC tiene gran aplicación en el campo de los comestibles debido a que no es tóxico, no contiene sustancias tóxicas y carece de olor. Para tratamientos médicos, los productos flexibles de PVC son estrictamente demandados, tal es el caso de los tubos para transfusión de sangre, debido a que estos materiales no tienen ninguna toxicidad y no afectan al cuerpo humano.

Perfiles (empaquetaduras).

Esta es otra aplicación del PVC flexible. Las empaquetaduras de PVC para refrigeradores han desplazado a las de hule.

Tubería rígida de PVC y accesorios.

Las tuberías rígidas de PVC abarcan grandes campos de aplicación, tales como la agricultura (irrigación), tubería para agua potable, drenaje, tubería para plantas químicas, etc..

Los principales atractivos para usar la tubería de PVC en lugar de la de metal son su costo más bajo, resistencia a la corrosión, a la laminación, química, al interperismo, al agua, a la abrasión y menor peso

Misceláneos.

PVC rígido para la fabricación de botellas para vinagre, aceites vegetales comestibles, jugos, cosméticos, detergentes, etc.. Hojas rígidas formadas al vacío para empaque de dulces, chocolates, huevos, etc.. Juguetes inflables. Discos fonográficos.

PVC en la industria eléctrica.

Los compuestos de PVC son ampliamente usados para recubrir alambre eléctrico especialmente en aplicaciones de bajos voltajes.

PVC en la industria de las fibras.

Los monofilamentos de PVC que se caracterizan por su bajo peso y resistencia se usan para la fabricación de ropa interior.

Otros artículos hechos de PVC en gran escala son las vestiduras para coches, zapatos, ropa (imitación piel), bolsos de mano, muñecas (imitación carne) etc..

Tubería rígida de PVC.

El PVC y sus conexiones ofrecen insuperables ventajas en infinidad de usos: una de las más importantes es ECONOMIA.

La tubería de PVC rígido reduce las pérdidas por fricción en más de un 20 % sobre las tuberías metálicas. En contraste con las tuberías metálicas cuya eficiencia disminuye con el tiempo debido, a la acumulación interna de incrustaciones. Las tuberías de PVC retienen y mantienen su alto estandar de eficiencia, permanentemente.

Una menor resistencia a la fricción permite el uso de diámetros menores o unidades de bombeo menos potentes, para obtener los mismos gastos, en comparación con las tuberías metálicas.

Larga vida.

A las tuberías rígidas de PVC no las afectan las condiciones ambientales tales como la luz solar, la lluvia, las tierras corrosivas o condiciones atmosféricas severas.

Superior resistencia a la corrosión, externa o interna.

Las tuberías fabricadas con PVC fueron las primeras en usarse como substitutos del acero resistente al ataque de la corrosión. Al PVC no

le afectan los agentes o materiales químicos como lo hacen a las tuberías metálicas. La corrosión de las tuberías metálicas obedece generalmente a la electrólisis. No siendo conductor, el PVC es inmune a la acción galvánica o electrolítica.

El PVC es el único termoplástico que resiste la acción de ácidos fuertemente corrosivos. La Tubería y sus conexiones son inertes, y eliminan la acción catalizadora de infinidad de procesos químicos, decoloración, etc.. Son completamente no tóxicas, no imparten sabor ni olor a cualquier líquido transportado por ella.

Instalación rápida y económica.

Los costos de instalación se reducen hasta en un 50 %, debido a su ligereza en peso, flexibilidad y su fácil conexión.

La tubería de PVC pesa una sexta parte de la tubería metálica del mismo diámetro.

Las tuberías de PVC no son inflamables ni combustibles y poseen una gran resistencia a la abrasión y mal trato. Su conductividad térmica es insignificante, lo cual en muchos casos, elimina la necesidad de usar aislante. La tubería rígida de PVC se recomienda especialmente para: Redes de distribución de agua potable, sistemas de riego por aspersión, riego agrícola, Industria Petrolera (Petróleo crudo, aguas saladas, hidrocarburos, kerosina, gasolina refinada, etc.), transmisiones de líquidos, gases y vapores corrosivos, etc., instalaciones en albercas, plantas de filtración y tratamiento de aguas.

PROPIEDADES DE LAS TUBERIAS DE PVC.

<u>PROPIEDADES.</u>	<u>ALTO IMPACTO.</u>	<u>IMPACTO NORMAL.</u>
<u>Propiedades Mecánicas:</u>		
Peso Específico, Gr/cm ³	1.38	1.35
Resistencia a la Tensión 26° C kgs./cm ²	493	422
Resistencia al impacto (izod) Lb/in.	0.8	15
Resistencia a la flexión kg/cm ²	951	775
Resistencia a la Compresión kg/cm ² .	676	606
Dureza (Durometro D)	83	77
<u>Propiedades Térmicas:</u>		
Coef. de Dil. Térmica Lineal in/in/°C	5.2x10 ⁻⁵	10x 10 ⁻⁵
Temperatura de Distorsión °F 264 psi.	165	160
Conductividad Térmica BTU/Ft ² /hr/°F/in	1.0	1.3
<u>Propiedades eléctricas:</u>		
Rigidez Dieléctrica volts/mil	1 400	1 100
Constante Dieléctrica 60 cps 30° C	3.70	4.00
Factor de Potencia 60 cps 30° C	1.255	1.93
<u>Otras propiedades:</u>		
Absorción de Agua % en 24 hrs. a 23° C, 75° F.	0.12	0.30
inflamabilidad	NULA	NULA

APLICACIONES DEL POLICARBONATO.

Sectores electrónico y electrotécnico.

Carcasas para computadoras, calculadoras de mesa y almacenadoras de placas magnéticas, relés e instrumentos eléctricos, piezas para instalaciones electrotécnicas de cálculo, discos de enrollamiento de cintas, -- anillos perforados para aparatos electrónicos, unidades de flexión y cajas de transformadores de líneas para aparatos de televisión, portadiscos selectores para teléfonos, regletas de bornes y de conexión, placas protectoras a prueba de contacto, revestimientos de cajas de distribución y piezas inferiores, chasis para relojes de contacto, carcasas y chasis de contadores de la corriente, soporte y apoyos de tubos fluorescentes y caja del mecanismo; cajas para interruptores; caperuzas y placas de recubrimiento; interruptores automáticos; enchufes especiales y enchufes para alta tensión; cajas para cortacircuitos; elementos y placas aislantes; tapas de acumuladores; teclas de mando; revestimientos de lámparas de señal y de control; enchufes y acoplamientos.

Todas las aplicaciones descritas anteriormente tienen como base principal las propiedades de transparencia, resistencia a los golpes, buen aislamiento eléctrico, estabilidad y exactitud dimensional, propiedades funcionales y el carácter ignífugo del policarbonato.

Industrias cinematográfica y fotográfica.

Carcasas para cámaras de pequeño formato y de película estrecha, y para aparatos "flash" así como para proyectores de diapositivas y de película estrecha; porta objetivos; obturadores para cámaras; cajas para películas y diapositivas; carretes para el arrastre de películas; visores; diafragmas; fotómetros.

Las características del policarbonato de tener excelente estabilidad dimensional al calor, resistencia a la rotura, seguridad de funcionamiento y poco peso son los que convierten a este material en el adecuado para la fabricación de este conjunto de artículos.

Sector de artículos de oficina y de escritorio

Piezas para máquinas de cálculo y máquinas de escribir; cajas para bolígrafos y plumas estilográficas; rotuladores; hojas topográficas; cajas para rollos de papel; depósitos de tinta; piezas de reglas de cálculo; reglas y escuadras; cartuchos para correo neumático. Todas estas aplicaciones se logran gracias a la estabilidad dimensional y la resistencia a todo trato del Policarbonato.

Artículos para el hogar y uso diario

La inocuidad fisiológica, formas y colores modernos, resistencia a la rotura, esterilizable, estabilidad a la agua caliente, y el carácter insípido del policarbonato contribuyen a que sea un material idóneo para la fabricación de:

vajillas, biberones, filtros para café, carcasses de aparatos eléctricos de afeitar, encendedores, piezas de aparatos de cocina, carcasses de aspiradoras del polvo, rizadores del cabello, jarras para agua, cubiertos, batidoras, piezas de molinillos de café, nestros y moldes para chocolates

Artículos de seguridad y otros artículos

Revestimientos de protección, cascos protectores, vidrios, gafas y lentes de seguridad, en cristalamientos de seguridad.

Artículos sanitarios, carcasses para filtros de depuradores de sangre, distribuidores automáticos (expendedores automáticos de caramelos), piezas para aparatos de pesca.

Las propiedades que hacen al Policarbonato un material sobresaliente para todas las aplicaciones con su gran efecto protector, poco peso, transparencia, resistencia a los golpes y a la penetración.

APLICACIONES DE NYLON 6/6.

Entregaderas.

Excelente resistencia a la flexión.

Enchufes para luces traseras de automóvil.

Resistencia al desgaste, al impacto, a condiciones atmosféricas extremas, estabilidad dimensional, resistencia a la corrosión, propiedades termoresistentes y de aislamiento.

Engranajes para barredoras mecánicas.

Lubricación automática, baja fricción y bajo nivel de ruido, excelente resistencia al desgaste y rigidez, facilidad de moldeo.

Retenedores para ascensores.

Duran más que los de hierro, acero o bronce, resistencia al desgaste y a la abrasión, resistencia al impacto, amplia gama de temperaturas de servicio, durabilidad, solidez y resistencia a la fricción.

Discos enchufables para almohadillas de pulidoras y limpiadoras.

Resistencia a las ceras y sustancias limpiadoras, a la acción constante de la almohadilla limpiadora, al choque, estabilidad dimensional.

Tubos de aspiración para los motores de coche.

Mayor facilidad de instalación en relación a los tubos de acero, termoresistencia, estabilidad dimensional (gracias al refuerzo con fibra de vidrio).

Alambres telefónicos protegidos con ferro de nylon 6/10.

Fuerza y resistencia en una amplia gama de temperaturas, resistencia a la fisuración bajo tensión, excelente aislamiento eléctrico, resistencia a la abrasión y disminuye el desgarramiento ocasionado por la tracción del alambre.

Contrapeso de ventana (reforzado con fibra de vidrio).

Resistencia a la tensión elevada, excepcional resistencia y rigidez, baja deformación plástica.

Abragaderas y retenes sujetadores de cables, cañerías o tubos.

Fuerza y dureza en una amplia gama de temperaturas, excelentes propiedades aislantes, resistencia a la corrosión y a los aceites lubricantes.

Agarraderas de equipo portátil (reforzadas con fibra de vidrio).

Estabilidad dimensional, resistencia térmica.

Cabezal de sifon.

Rigidez y resistencia de rosca, resistencia al desgaste, amplia gama de colores.

Tarugos para muebles.

Resistencia a la corrosión y envejecimiento, resistencia al choque

Molduras para bobinas y cajas para baterías.

Estabilidad dimensional, resistencia a la humedad, retención de propiedades físicas y eléctricas.

APLICACIONES DE LAS DIFERENTES RESINAS DE NYLON.

Nylon 6.

Las resinas de nylon 6 son resinas con bajo punto de fusión (390--425) que se caracterizan en términos generales por su relativa flexibilidad y se usa principalmente en piezas que requieren una elevada resistencia al impacto. A continuación se listan las principales aplicaciones de esta resina y las principales características.

Utensilios y artículos domésticos.

Carcasas de aspiradoras y accesorios, rebanadoras eléctricas, componentes para rasuradoras eléctricas (caja, soporte de hojas), mangos de cuchillería y mangos de cepillos y brochas, componentes para máquinas tejedoras, componentes para lavadoras.

Todas estas aplicaciones del nylon 6 son posibles gracias a las características de esta resina, que son su estabilidad dimensional, manufactura económica, resistencia a la abrasión y al uso, antiestático.

Ingeniería eléctrica.

Cajas de instrumentos eléctricos (taladros, martillos rotatorios, sierras, mezclador rotatorio), moldes para bobinas, tableros aislantes, cajas de baterías, palancas de interruptores, envoltura de cable, lámparas de minería, tapones para conexiones, componentes de interruptores, la mayoría de estos artículos se fabrican con nylon reforzado, lográndose una elevada rigidez, dureza, resistencia a cargas dinámicas, absorción de ruidos y vibraciones, aislamiento eléctrico, producción económica sin necesidad de tratamiento posterior al moldeo.

Ingeniería mecánica y de precisión.

Engranajes y ruedas dentadas, bujes de conexión, componentes de acoplamiento, ventiladores, poleas, anillos para sellos, flotadores.

Las propiedades del nylon que hacen posible estas aplicaciones --- son su carencia de asentamiento, buena lubricación, absorción de vibraciones y ruidos, resistencia a la abrasión, soportar cargas pesadas, -- absorción de choques y no se corroe.

Industria automotriz.

Ventilador de hojas, flotadores para carburadores, filtros de combustible, manguitos de freno de mano, componentes de cerraduras, sistemas de calentamiento y ventilación (componentes), filtros de aire, partes para carburadores, parrillas delanteras para radiadores, cajas para fusibles.

Las propiedades de estas piezas hechas con nylon 6 son: resistencia al interperismo y corrosión, estabilidad dimensional, resistencia a la gasolina y a los vapores de gasolina, baja densidad, exactitud dimensional, resistencia a cargas dinámicas elevadas.

Construcción y muebles.

Adornos para muebles, componentes para cerraduras, bisagras para muebles, accesorios para puertas.

La posibilidad de una gran variedad de colores, resistencia a la deformación, al desgaste, a cargas, flexible, amplia libertad de diseño y baja fricción.

Empaques y misceláneos.

Película para empaque de alimentos y otros productos, película para empaque de artículos quirúrgicos esterilizados, equipo para transfusión de sangre.

Estas aplicaciones del nylon son posibles gracias a su resistencia transparente, útil para formado, resistencia a grasas y mantecas, libre de sabor y olor.

llaves no metálicas (nylon reforzado).

No se corroen ni se oxidan, evita la electro-corrosión, pueden usarse para agua caliente y fría, resistencia química, autolubrificantes, fáciles de instalar, estéticas, colorabilidad, resistencia al interperismo, poco peso.

Valvulas de compuerta (Nylon reforzado).

Excelente resistencia al interperismo y a climas extremos, resistencia a la oxidación y corrosión, superficies interiores sin rugosidad.

Cajas de registro.

Aislante eléctrico, autoextinguibles, no se corroen, no se oxidan, de fácil y rapido abocardado, etc., con herramientas manuales, resistentes a cualquier medio ambiente, a los vapores de diferentes agentes químicos, resistencia al interperismo, al calor continuo (90°C) y no se necesita usar pintura anticorrosiva.

Cadenas.

Son ligeras, resisten a la corrosión, agua salada y a todas las influencias tropicales, no conducen calor ni electricidad (no producen chispa eléctrica), son antimagnéticas, no sufren alteración a temperaturas frías.

Mezcladora de fragedero (para espumar).

Resiste elevada presión de trabajo, temperaturas altas y bajas de operación, no requieren mantenimiento, autolubrificantes, antioxidantes, no son atacadas por aguas corrosivas.

Asiento para W.C.

Irrompibles (en uso normal) y resistencia química.

EJEMPLOS DE APLICACION PRACTICA DEL POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD.

FABRICACION DE ARTICULOS DOMESTICOS.

Gracias al desarrollo de la técnica de inyección a dos colores, se ha ampliado considerablemente el surtido de artículos para uso doméstico del polietileno de alta densidad. Gracias a las características de buena resistencia a los agentes químicos, grasas, aceites, humedad, poco peso, facilidad de moldeo, capacidad para ser decorado, etc., junto con su bajo precio, ha sido posible la fabricación de un extenso surtido de artículos para uso doméstico tales como cubetas, palanganas, biberones para bebés, platos y tazas, jarras para el agua, vasos, cestos para frutas y recipientes para conservar alimentos.

Fabricación, entre otros objetos, de bolsas de viaje, prendas protectoras para el trabajo, pantallar de ocultación, sacos y embalajes, con los tejidos de polietileno (cintas estiradas de láminas).

COSTALES EMPACADOS EN TEJIDO DE POLIETILENO.

Este tejido posee gran resistencia, no se pudre, ni desprende fibras. Por ello resulta idoneo para empaquetar fibras naturales y sintéticas.

FABRICACION DE FRASCOS PARA PRODUCTOS COSMETICOS Y CAPILARES.

Esta aplicación del polietileno se debe a su resistencia química y su facilidad para el decorado.

Envases para productos detergentes y de limpieza y una gran variedad de productos químicos domésticos. Esto se logra por la resistencia del polietileno o al agrietamiento por tensión.

BIDONES DE RESERVA PARA COMBUSTIBLE.

Resistencia al ataque de la gasolina, poco peso y bajo costo son las propiedades que hacen al polietileno un material idóneo para esta aplicación.

Fabricación de recipientes de gran capacidad destinados al transporte y almacenamiento de productos químicos.

FABRICACION DE CAJAS PARA EL TRANSPORTE DE BOTTILLAS.

Esta aplicación se desarrolla cada día más ya que el polietileno ofrece algunas ventajas sobre la madera, tales como menor peso, menor costo, más duración, excelente resistencia mecánica y al intemperismo, son distribuidas al mercado en una gran variedad de colores etc.

CUBOS DE BASURA.

Los cubos de basura presentan enormes ventajas respecto a los de metal: son ligeros, hacen poco ruido, no se corroen y se limpian muy fácilmente.

INDUSTRIA CONSTRUCTORA DE MAQUINAS.

Las piezas de polietileno poseen excelentes propiedades mecánicas para numerosas aplicaciones en la industria constructora de maquinaria: alta resistencia al impacto dentro de una amplia zona de temperaturas, buenas propiedades deslizantes y comportamiento favorable frente al desgaste por abrasión.

Las piezas inyectadas en polietileno, confeccionadas racionalmente, poseen múltiples aplicaciones técnicas. Sus propiedades más destacadas son: alta resistencia al impacto, a los agentes químicos y aspecto inecable permanente.

INDUSTRIA AUTOMOTRIZ.

Peso escaso, resistencia a la corrosión, amortiguación de ruidos, y fabricación económica suelen ser factores decisivos para el empleo de piezas sopladas de polietileno en esta industria.

MONOFILAMENTOS.

Como monofilamentos de polietileno de alta densidad se fabrican artículos de cordelería, redes de pesca, tejidos técnicos y tapicerías resistentes a los malos tratos, imputrecibles y de amplio colorido.

TUBERÍA.

Con el polietileno de alta densidad, la industria transformadora de plásticos fabrica conducciones para productos químicos agresivos y tuberías para agua fría a presión. Las principales ventajas de los tubos de polietileno de alta densidad son:

- 1.- Peso reducido
- 2.- Gastos mínimos de transporte
- 3.- Fácil instalación
- 4.- Buena resistencia a los agentes químicos
- 5.- Supresión de protección externa contra la corrosión
- 6.- Conductibilidad eléctrica muy reducida
- 7.- Escasa pérdida de carga por rozamiento
- 9.- Resistencia a la congelación
- 10.- Buena flexibilidad

MICELANEO.

Envases para vino, botellas para leche con tinte, esterilizada y yogurt, espolvoreadores de alta riqueza para polvos de limpieza, envases para productos farmacéuticos, envases no recuperables para

productos fitosanitarios y abonos de jardinería, pequeños envases para productos industriales, envases grandes para detergentes, cáusticos y productos industriales de marca, recipientes no recuperables para el sector del automóvil, regaderas para aceites minerales y agua depósitos para pulverizadores agrícolas, elementos para la conducción y distribución de aire caliente en automóviles, y juguetes.

PRINCIPALES APLICACIONES DEL POLIPROPILENO.

CARACTERÍSTICAS.

<u>Pedales del acelerador de automoviles.</u>	Resistencia a la flexión y resistencia al impacto.
<u>Maletas para viajes.</u>	Poco peso, resistencia a la flexión y resistencia a la abrasión.
<u>Estuches para cosméticos.</u>	Resistencia a la flexión y decorabilidad.
<u>Equipo para hospitales.</u>	Resistencia al calor (esterilizable) resistencia química, transparencia en secciones delgadas.
<u>Artículos para la cocina y alimentos.</u>	Poco peso, resistencia química.
<u>Manos para herramientas.</u>	Resistencia al impacto y resistencia al calor.
<u>Partes de herramientas.</u>	Resistencia química y resistencia al calor.
<u>Cajas y recipientes.</u>	Resistencia química, poco peso y decorabilidad.
<u>Equipo para laboratorios y plantas químicas.</u>	Resistencia química y bajo costo.
<u>Españoles para cosméticos y alimentos.</u>	Claridad de la película, resistencia química y fácil de imprimir.

- CONDELES Proporción resistencia a peso
- BOVELLAS Resistencia química y resistencia al calor.
- GRUBERAS PARA AUTOMOVILES Resistencia química, resistencia a la abrasión.
- CERDAS Baja absorción de agua, resistencia a la abrasión, resistencia química.
- CANON PARA PLUMAS Resistencia química y bajo costo.
- PARTES PARA ELECTRICIDAD Y LA ELECTRONICA Resistencia dieléctrica, - baja absorción de agua, bajo costo.
- PARTES PARA LA AVIACION Y COMPONENTES Peso ligero y resistencia al impacto.
- JUQUETES Y NOVEDADES Bajo costo y resistencia al impacto.
- MARINETE POSTERIOR DE TV Poco peso y durable, resistente al calor y a la deformación por el calor.
- JERINGAS, PROBETAS, ARTICULOS DENTALES Resistencia química y poder de esterilización en autoclave.
- INDUSTRIA AUTOMOTRIZ Infinidad de partes para automóviles son fabricadas en polipropileno gracias a su bajo costo y sus sobresalientes propiedades de ingeniería.
- INDUSTRIA TEXTIL Cuerdas, mecate, y costales se fabrican de fibras de polipropileno, obteniéndose las siguientes ventajas en comparación - con las fibras naturales:

VENTAJAS

Continuidad de suministro
Muchas fuentes de suministro
Calidad uniforme
No contaminan
Resistencia a la oxidación
Bajo peso
Mayor posibilidad de coloración
Resistencia a la humedad
Asistencia elevada
Estabilidad dimensional
Flexibilidad de procesamiento
Mejoría en la eficiencia de la maquinaria
Flota sobre el agua

DESVENTAJAS

Sensibilidad al calor
Costo por unidad de peso

MISCELÁNEOS

Grandes piezas son moldeadas en p/p tales como agitadores para lavadores de ropa, y bandejas para máquinas lavaplatos; gabinetes para ventiladores acondicionadores de aire, y radios y TV.

PELÍCULA MICROCOROSA

Una de las últimas aplicaciones del p/p es la de su película microcorosa en filtración, separadores de baterías, en hospitales y paneles de especialidad.

FABRICACION DE VOLANTES PARA CARROS

Recientemente una compañía americana ha empezado p/p para la fabricación de volante para carros.

PRINCIPALES APLICACIONES DEL POLIESTIRENO.

Los principales mercados del poliestireno son los siguientes:

BTANCILLOS

Refrigeradores y congeladores

Acondicionadores de aire

Lavadores y secadores

ELECTRONICA

Radio y televisión

Discos fonográficos

Baterías

Cajas para cintas de estereo

CONSTRUCCION

Iluminación

Señales

EMPAQUE

Vasos desechables

Recipientes para alimentos

Miscelaneos

JUGUETES Y NOVEDADES

Juguetes

Brochas

TACONES PARA ZAPATOS

TRANSPORTACION

QUERLEMA

REFRIGERADORES Y CONGELADORES.

Tanto los tipos estandar como los de impacto de poliestireno encuentran muchas aplicaciones en la industria de refrigeración y congeladores.

Las propiedades del poliestireno que lo hacen un material idoneo para este tipo de aplicación son:

- 1.- Buena resistencia y tenacidad a temperaturas debajo del punto de congelación.
- 2.- Elevada resistencia a la fatiga para soportar choques repetidos -- tales como los cierres violentos de las puertas.
- 3.- Propiedades sobresalientes de relajamiento del esfuerzo para aguantar esfuerzos elevados de ensamble sin rompimiento.
- 4.- Colores estables en una amplia variedad de matices.
- 5.- Un brillo superficial placentero.
- 6.- Excelente resistencia química a los alimentos.
- 7.- Fabricación económica por moldes por inyección, extrusión y métodos de formado de hoja.
- 8.- Resistencia duradera a las manchas.
- 9.- Buenas cualidades para resistir temperaturas relativamente altas durante períodos prolongados.

Una de las mayores aplicaciones del poliestireno de alto impacto es en la fabricación del forro interno de la puerta de los refrigeradores.

Estas piezas eran originalmente fabricadas por inyección. Económicamente era incontestable y se cambió al formado al vacío de hoja.

Actualmente, el 90 % de los forros internos de las puertas se fabrican por formado de hoja al vacío.

Otras aplicaciones del poliestireno en la refrigeración es en la fabricación de las charolas, puertas de congeladores, gavetas para vegetales y carne, entrapaños para huevos, conservadores de mantequilla y perillas de control.

ACONDICIONADORES DE AIRE.

El poliestireno también ha sido usado en partes componentes de acondicionadores de aire y enfriadores. Facilidad de limpieza, suavidad superficial, y ausencia de corrosión, junto con el bajo costo del material y la economía en producción hacen al poliestireno de alto impacto de buena fluidez; para unidades en las cuales hay que soportar calor y frío, se emplea un poliestireno de alto impacto resistente al calor. Otras partes hechas de poliestireno de alto impacto son las perillas de control.

El poliestireno de medio impacto se usa también para fabricar las carcassas de los ventiladores y rejillas debido a su combinación de superficie brillante y resistencia al rompimiento.

Las salidas de aire hechas de poliestireno y que se usan en los automoviles, aeroplanos, buques de vapor y en construcción ofrecen ventajas de durabilidad, facil instalación, apariencia placentera, una variedad de colores y bajo costo.

LAVADO AZ Y SECADORAS.

Los diferentes componentes hechos de poliestireno y que se usan en las lavadoras y secadoras ofrecen brillo elevado, vida de servicio adecuada y la resistencia no solo al calor sino al ataque químico de los detergentes de lavanderías.

En las lavadoras automáticas, el poliestireno se emplea en gabinetes o cuadrantes.

RADIO Y TELEVISION.

Los polietirenos son especialmente usados en partes electrónicas debido a sus cualidades de aislamiento eléctrico, capacidad para ser moldeado o formado en formas intrincadas, y su bajo costo.

El polietireno estandar se usa en la lente frontal de los televisores portátiles. Estas piezas reúnen las cualidades de resistencia transmisión de luz y uniformidad óptica.

Los gabinetes traseros de TV son hechos de polietireno de alto impacto. Algunos fabricantes los hacen por termoformado de hoja y otros los moldean por inyección. La parte frontal de los gabinetes de los televisores son también hechos de polietireno de alto impacto. Su característica de resistencia a temperaturas durante períodos prolongados sin distorsión hacen al polietireno de alto impacto el material adecuado para estas aplicaciones.

Tanto el polietireno regular como el de medio impacto se usan para la fabricación de gabinetes para radios, debido a su resistencia a elevadas temperaturas y resistencia al impacto.

BATERÍAS.

El poliestireno es usado ventajosamente en componentes estructurales y funcionales de muchos tipos de baterías. Se usa este plástico debido a su peso ligero, casi completamente resistente al ácido, fácil manufactura y posee buena resistencia eléctrica.

El poliestireno regular resistente al calor ha sido usado para la fabricación de los cascos de las baterías estacionarias para instalaciones telefónicas. Este poliestireno proporciona excelente resistencia al calor durante períodos prolongados, control visual del nivel del líquido, y facilidad de fabricación. También se fabrican cascos de batería de automóviles en poliestireno de impacto.

GRABADORAS DE CINTAS.

Una particular e importante aplicación del p/s ha sido en la fabricación de carrete de las cintas grabadoras de sonido. Estos carretes generalmente son hechos en dos mitades por lo que se requiere de una excelente estabilidad dimensional para el ensamblado.

BROCHAS Y CEPILLOS.

Esta aplicación del p/s en el caso de las brochas es muy interesante. El uso del poliestireno como monofilamento en brochas para rope, brochas para entregar y escobas ha sido ultimamente desarrollado. Estos monofilamentos se fabrican de p/s de uso general de un peso molecular elevado para que tengan una resistencia a la tensión elevada. Se han hecho algunas experiencias en este campo con p/s de impacto pero no se han logrado buenos resultados debido a la falta de resistencia de este último.

APLICACION DEL POLIESTIRENO EN LA CONSTRUCCION (ILUMINACION).

El poliestireno es el plástico más usado mundialmente en aplicaciones de iluminación. Para hacer posible esta aplicación, el poliestireno debe ser correctamente estabilizado a la acción de la luz u.v.

Los factores que hacen a este material el adecuado para esta aplicación son los siguientes:

Fácil moldeo y extrusión en una gran variedad de diseños.- El poliestireno es uno de los termoplásticos que presenta menos problemas en su moldeo y extrusión en equipos convencionales. Es importante hacer notar que el poliestireno estabilizado no varía en sus propiedades de moldeo y extrusión comparado con el poliestireno normal.

Excelentes características de difusión.- con posibilidades de diseño al antojo de las necesidades de difusión, opacidad, transparencia translucidez, etc.

Resistencia mecánica, que va desde el cristal (propósito general) hasta los altos impactos.

La línea conocida de poliestirenos normales puede estabilizarse a la luz u.v., y aquí, usualmente es importante contar con un poliestireno estabilizado de alta calidad, ya que hay diferencias en la resistencia a la luz u.v. al aumentar la resistencia al impacto.

Fácil mantenimiento.- Sin los peligros del vidrio al producirse roturas.

Bajo precio.- Factor importante al considerarse el rendimiento final. Por lo tanto, la forma de aprovechar las características anteriores, será usando un poliestireno correctamente estabilizado, ya que este es el factor determinante en el servicio que dará una pieza para iluminación.

POLIESTIRENO PARA USO EN EMPAQUE.

Uno de los mayores usos de los poliestirenos se encuentra en el área de empaques. Estas aplicaciones continúan en franco crecimiento, especialmente en el área de alimentos. A continuación se resumen algunas de las ventajas del poliestireno en esta amplia gama de usos:

Resistencia a la humedad.-

Uno de los factores principales que influyen para la aceptación o rechazo de un material para empaque es su resistencia a la penetración de humedad. La resistencia del poliestireno es mayor que la de cualquier otro plástico. La experiencia ha demostrado que una hoja de poliestireno de 1 mm. de espesor, permite el paso de vapor de agua 25 veces menos que la celulosa regenerada a prueba de humedad en igual espesor. Esto hace al poliestireno un material especial para empaquetar las diferentes clases de productos con sensibilidad a la humedad.

Estabilidad dimensional.-

Los poliestirenos son mucho más estables dimensionalmente que los plásticos como metacrilato, fenólico y acetato de celulosa. Esta propiedad hace que se use el poliestireno en aquellas aplicaciones donde la deformación por humedad o cambios de temperatura no puede ser tolerada.

Empaque de alimentos.-

Los poliestirenos son recomendados especialmente para empaque de alimentos para fabricar envases desechables. Propiedades como fácil soldado, ciclos cortos, excelente brillo y calidad de superficie, alta claridad, bajo costo, y libre de toxicidad, hacen del poliestireno un material adecuado para la línea de empaque.

ventajas en toxicidad del poliestireno para empaque de alimentos.

En todos los países existen leyes que regulan a los materiales que pueden utilizarse con alimentos. Estas leyes se refieren a la toxicidad de los materiales de empaque por sí mismos, los ingredientes, y la posible emigración hacia el alimento de sustancias del empaque que puedan afectar sabor, olor, o que puedan adulterar el alimento.

Los poliestirenos son materiales no tóxicos. Aún en el caso que tuvieran que digerirse, son insolubles e inertes; las enzimas del sistema digestivo no son capaces de degradar ni de despolimerizar el material en sí. Durante su manufactura, los poliestirenos no requieren plastificantes o estabilizadores térmicos que puedan afectar en carácter tóxico del polímero por sí mismo. Además, el proceso de polimerización no deja residuo de monómero de estireno en el plástico, el cual elimina cualquier riesgo de emigración a los productos alimenticios.

A continuación se describen las principales aplicaciones de los diferentes tipos de poliestirenos indicándose, en cada caso, las características que hacen posible la aplicación, así como el tipo de poliestireno adecuado a cada uso.

PARTES PARA REFRIGERADOR.

Forro de puerta, cajones y gabinete.

Para esta aplicación son idóneos los poliestirenos de alto impacto, que reúnen las características de alta resistencia al impacto a baja temperatura, resistencia al rayado, y resistencia a ácidos grasos.

Para partes accesorias como charolas, puertas de compartimentos etc. se recomiendan los poliestirenos de uso general y de medio impacto, que reúnen características de claridad y transparencia, opacidad, y resistencia al impacto.

CARRETE DE PELICULA Y GRAFADORA.

Rigidez y estabilidad dimensional son las principales características que hacen posible esta aplicación, siendo el poliestireno de uso general el material específico.

TOMAS ELECTRICAS (CAJAS Y CUBIERTAS).

El poliestireno de medio impacto es el material específico para esta aplicación por sus propiedades de rigidez, buen aislamiento, y resistencia al choque.

APLICACIONES DOMESTICAS (CUBIERTA DE ASPIRADORAS).

Los poliestirenos de alto impacto son los adecuados para esta aplicación debido a sus propiedades de alta resistencia al impacto, resistencia al calor, resistencia al rayado.

GABINETES DE RADIO Y TELEVISION.

Modelos grandes:

Para estos modelos los poliestirenos de alto impacto son los más adecuados por sus características de alta resistencia al impacto, resistencia al calor.

Modelos de mesa, modelos de bolsillo o portátil.

Por su buena resistencia al impacto, resistencia al rayado y brillo, los poliestirenos de medio impacto son los adecuados para estas aplicaciones.

GARRETE O ENPAQUE DE PELICULA PARA FOTOS.

Alta resistencia al impacto, buena resistencia al calor, estabilidad dimensional son las características que deben llenar estas piezas y se logran usando los poliestirenos de alto impacto.

COMOS TEXTILES.

Resistencia al choque y resistencia a la deformación son las características de los poliestirenos de muy alto impacto, siendo por lo tanto los ideales para esta aplicación.

CUBIERTAS DE MAQUINAS DE OFICINA.

Los poliestirenos de alto impacto son los adecuados para esta aplicación por sus propiedades de resistencia al rayado y resistencia al calor.

EMPAQUE DESECHABLE (VASO BEBIDA CALIENTE).

Vaso bebida caliente: son fabricados de poliestireno de alto impacto debido a sus propiedades de resistencia al calor y está libre de olor, comida congelada, productos de leche: por su buena resistencia al impacto a bajas temperaturas el alto impacto es ideal para esta aplicación, mientras que por su claridad y no tener olor, el poliestireno de uso general se considera el de más utilidad.

TAPAS PARA BOTELLAS.

Poliestireno de medio impacto por su rigidez y resistencia al impacto.

PERILLAS DE CONTROL.

El poliestireno de medio impacto por su rigidez y resistencia al impacto.

TACÓN DE SAPATO.

Poliestirenos de alto impacto y superalto impacto por sus elevadas resistencias al impacto.

PLAFÓN DE ILUMINACION.

Se emplean poliestireno de uso general y poliestireno de uso general estecolizado a la luz u.v.

JUGUETES.

Se emplean tipos de medio y alto impacto por sus propiedades de resistencia al impacto.

ARTICULOS PARA EL HOGAR.

En algunas aplicaciones que se requieran resistencia al impacto se usan los de medio y alto impacto, pero en otras donde la rigidez, claridad, alta apariencia son determinantes se emplean los poliestirenos de uso general.

MANGOS PARA CEBILLO.

Por las propiedades de color y brillo, los poliestirenos de uso general son los idoneos.

GABINETE DE COCINA Y BOTIQUINES, CAJA DE CARGA.

Los poliestirenos de alto y superalto impacto por sus propiedades de alta resistencia, buen brillo, resistencia al impacto y flexibilidad, son los adecuados para estas aplicaciones.

EPILOGO

El presente trabajo ha tenido el objetivo de dar a conocer la forma en que se han venido desarrollando, desde su descubrimiento, las principales resinas termoplásticas usadas en la Industria Mexicana. Se pretende además, proporcionar al usuario de estos materiales ya sea como fabricante de determinadas artículos o dentro del campo de la investigación, la información necesaria para poder hacer una selección correcta del material que deberá de cumplir con una serie de requisitos de acuerdo a la aplicación final que se le de dentro del inmenso campo de acción de los polímeros termoplásticos.

BIBLIOGRAFIA

1. LIBROS

- 1.- J. A. Brydson, "Plastics Materials", Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1969.
- 2.- Morris Kaufman, "Giant Molecules", The technology of plastics, fibers, and rubber; Doubleday and Company, Inc., New York, 1968.
- 3.- J. Harry Dubois, "Plastics History U.S.A.", Cahners Publishing Co., Inc., New York, 1972.
- 4.- C. H. Baedekis, "ABS Plastics", Reinhold Publishing Corporation, New York, 1964.
- 5.- Henry Lee, Donald Stoffely, Kris Seville, "New Linear Polymers", Mc. Graw-Hill Book Company, New York, 1967.
- 6.- J. H. Briston and C.C. Gosselin, "Introduction to Plastics", The Hamlyn Publishing Group Ltd., Midd Letex, 1968.
- 7.- William C. Teach, George C. Klesling, "Polystyrene", Reinhold Publishing Corporation, New York, 1964.
- 8.- W. S. Penn, B. Sc., "PVC Technology", Maclaren and Sons Ltd., London, 1969.
- 9.- Herbert R. Simons, Archie J. Weith, M. E. Bigelow, "Handbook of Plastics", D. Van Nostrand Co., Inc., segunda edición, New York, 1949.
- 10.- Calvin E. Schildknecht, "Vinyl and Related Polymers", Chapman and Hall, Limited, London, 1952.
- 11.- Herbert R. Simons, Archie J. Weith, "Extrusion of Plastics, Rubbers and Metals", Book Division Reinhold Publishing Corporation, New York, 1952.

- 12.- George F. Foy, "Engineering Plastics and their Commercial Development", American Chemical Society, Washington D.C., 1969.
- 13.- W. J. Roff, J. R. Scott, J. Pacitti, "Handbook of Common Polymers", International Scientific Series, London, 1971.
- 14.- Fred W. Billmeyer, Jr., "Ciencia de los Polímeros", Editorial Reverté, S.A., Barcelona, España, 1975.

II. CATALOGOS

- 1.- LUSTREX. Monsanto.
- 2.- DURA FLEX "D". Plásticos Internacionales, S.A..
- 3.- TUBERIA RIGIDA DE PVC. Plásticos Internacionales, S.A..
- 4.- THE EXTRUSION OF PLEXIGLAS. MOLDING POWDERS, PL-32d Plexiglas. Rehm and Haas.
- 5.- PLEXIGLAS MOLDING MANUAL. Rehm and Haas.
- 6.- PLEXIGLAS INJECTION AND EXTRUSION MOLDING POWDERS. Rehm and Haas.
- 7.- PLASTICOS HOECHST. TECNICA DE EXTRUSION-SOPLADO DEL BOSTALEN G.
- 8.- PLASTICOS DE HOECHST. BOSTALEN G.
- 9.- FORTIFLEX POLIETILENE. Boletín P3c, Celanese.
- 10.- PLASTICOS DE HOECHST. BOSTALEN GM 5010 Para Tuberías.
- 11.- HI-FAX HIGH DENSITY POLYETHYLENE (Types, properties and applications). Hércules.
- 12.- ESCON POLYPROPYLENE/INJECTION MOLDING. Esso Chemical Corporation.
- 13.- PROPERTIES OF ESSO POLYPROPYLENE. Esso Chemical Corporation.
- 14.- ENJAY POLYPROPYLENE/GENERAL INFORMATION. Enjay Chemical Co.
- 15.- POLIESTIRENO EN ILUMINACION. Ing. Gustavo Barbabosa. Industrias Resistol, S.A..
- 16.- STYRENE POLYMER PRODUCTS. Monsanto.

- 17.- SUGESTIONES PARA EL MOLDEO DEL LMI 630 M (ABS para el depósito de metal sobre plástico). Monsanto.
- 18.- CHEMICAL RESISTANCE OF LUSTREX STYRENE PLASTICS. Boletín 1071A, Monsanto.
- 19.- SUGESTIONES PARA EL MOLDEO POR INYECCION DEL LUSTRAN A Y LUSTRAN I. Boletín LN-6601. Monsanto.
- 20.- LUSTRAN. Una nueva familia de materiales ABS y SAN para moldeo y extrusión. Monsanto.
- 21.- PLASTICS. Monsanto.
- 22.- CELANES CELLULOSE ACETATE (PROPERTIES). Boletín A1B. Celanese.
- 23.- LUSTRAN. Industrias Resistel, S.A..
- 24.- PORTICEL CELLULOSE PROPIONATE (PROPERTIES). Boletín A1A. Celanese.
- 25.- CELANES CELLULOSICS (molding, fabricating, finishing, decorating). Boletín A3A. Celanese.
- 26.- CELCON COPOLIMERO DE ACETAL. (moldeo por inyección). Boletín C2A. Celanese.
- 27.- CELCON ACETAL COPOLYMER. Bulletin C1A/Properties. Celanese.
- 28.- DELRIN, UN TERMOPLASTICO DE INGENIERIA. Du Pont.
- 29.- MAKROLON. Polímeros técnicos Bayer. Bayer.
- 30.- MOLDEO DE LEXAN. General Electric.
- 31.- LEXAN RESIN. General Electric.
- 32.- ZYTEL NYLON RESINS. Design and Engineering data. Du Pont.
- 33.- TAPIQUES DE NYLON. Plásticos Internacionales, S.A..
- 34.- DURETHAN TIPO 6 NYLON. Bayer Engineering Materials. Bayer.
- 35.- POLIETILENO DE ALTA PRESION. Hoechst.
- 36.- NOTICIERO PLASTICO DE DU PONT:
1970/1, 1970/3, 1971/1, 1971/2, 1971/3, 1971/4, 1972/2, 1972/3, 1972/4,
1973/1. Du Pont.

- 37.- THE DU PONT FIRST FAMILY OF ENGINEERING PLASTICS. Du Pont.
- 38.- HOLDING MANUAL FOR DU PONT LUCITE. Acrylic resins. Dupont.
- 39.- LEXAN POLICARBONATE RESINS. Chemical resistance data. Technical Report CDC-392 A. General Electric.
- 40.- LEXAN. El termoplástico técnico versátil. General Electric.

III REVISTAS

- 1.- PVC INDUSTRY AND ITS STANDARDIZATION IN JAPAN. Publicada por: Agency of Industrial Science and Technology, Ministry of International Trade and Industry. Tokyo, Japan. 1966.
- 2.- THE STORY OF THE PLASTICS INDUSTRY. The Society of the Plastics Industry, Inc.. New York. 1966.

IV TESIS

- 1.- GATICA TEBORIO LEOPOLDO. " La Resina de Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno y su importancia en la Industria Mexicana de Plásticos". Facultad de Química. México. 1974.

V MODERN PLASTICS ENCYCLOPEDIA

September 1965. Volume 43 No. 11.

Mc.Graw Hill, New York.

- 1.- J.L. Whitney. ABS Resins. De la página 104 a la 108.
- 2.- E.F. Hamilton, Jr. (Delrin). A. Richard Rose (Celcon). "Acetal Resins". De la página 109 a la 113.
- 3.- Russell B. Akin. "Acrylics and Modified Acrylics". De la página 114 a la 119.
- 4.- "Cellulosic Plastics". De la página 145 a la 148.
- 5.- "Fluoroplastics". De la página 153 a la 156.
- 6.- L.T. Sherwood, Jr. "Hylens (Polymides)". De la página 197 a la 203.
- 7.- R.L. Mc. Combie. "Polycarbonates". De la página 239 a la 243.
- 8.- J.E. Fritchard. "Polyethylene Resins". De la página 263 a la 277.
- 9.- "Polypropylene". De la página 329 a la 332.
- 10.- R.G. Otting. "Styrene Polymers and Copolymers". De la página 349 a la 354.
- 11.- B.F. Goodrich Chemical Co.. "Vinyl Polymers and Copolymers". De la página 355 a la 362.

TERRON CAMP
SINCE 1975
MEMBERSHIP 92
REACTIVE 85
EARTH 80
1975