



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE QUIMICA

**ESTUDIO MONOGRAFICO ACTUALIZADO
DEL COPOLIMERO DE TRIOXANO**

HORTENSIA SANTIAGO FRAGOSO

QUIMICO

EMILIO ELIAS KURI KARAM

INGENIERO QUIMICO

1977



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 1977

822 M-~~5~~

ECHA _____

REC _____

S _____



A nuestros padres con
profundo cariño y --
agradecimiento.

Agradecemos la atinada dirección del Profesor Julio Terán Z. y - las valiosas indicaciones de los Profesores Antonio Reyes Chumacero y Fernando Iturbe Hermann.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ESTUDIO MONOGRAFICO ACTUALIZADO DEL COPOLIMERO DE TRIOXANO

HORTENSIA SANTIAGO FRAGOSO
Químico

EMILIO ELIAS KURI KARAM
Ingeniero Químico.

1977.

PRESIDENTE Quim. JULIO TERAN ZAVALA.

V O C A L _____

SECRETARIO _____

1er. SUPLENTE _____

2do. SUPLENTE _____

FACULTAD DE QUIMICA, U.N.A.M.

EMILIO ELIAS KURI KARAM

HORTENSIA SANTIAGO FRAGOSO

QUIMICO JULIO TERAN ZAVALA

CONTENIDO

	Pág.
I.- Introducción - - - - -	5
II.- Propiedades - - - - -	10
1.- Propiedades a Corto Plazo - - - - -	11
a) Propiedades Mecánicas - - - - -	11
b) Propiedades Eléctricas - - - - -	18
c) Propiedades Térmicas - - - - -	20
2.- Propiedades a Largo Plazo - - - - -	22
a) Envejecimiento Ambiental - - - - -	22
b) Resistencia a Agentes Químicos - - - - -	22
c) Inmersión en Agua Caliente - - - - -	27
d) Envejecimiento en Aire Caliente - - - - -	31
e) Resistencia a climas y exposición exterior - -	35
f) Envejecimiento bajo cargas - - - - -	36
g) Permeabilidad - - - - -	49
III.- Obtención - - - - -	52
IV.- Moldeo - - - - -	59
1.- Moldeo por extrusión - - - - -	59
2.- Moldeo por soplado - - - - -	62
3.- Moldeo por inyección - - - - -	69
4.- Características del moldeo por inyección del copolímero de acetal - - - - -	90
V.- Operaciones de Post-Moldeo - - - - -	128
1.- Aserrado - - - - -	130
2.- Perforado - - - - -	130
3.- Torneado - - - - -	132
4.- Molido - - - - -	132
5.- Limado - - - - -	133

	Pág.
6.- Roscas y Tapas - - - - -	134
7.- Ranurado - - - - -	134
8.- Adhesivos - - - - -	135
9.- Tuercas de Presión para Sostenes - - - - -	139
10.- Tornillos Tipo Pija - - - - -	141
VI.- Usos, Composiciones, Aplicaciones y Ventajas de rivadas de sus usos - - - - -	142
1.- Composiciones - - - - -	142
2.- Diversas Aplicaciones y Ventajas derivadas de sus composiciones - - - - -	147
3.- Algo más sobre GC 25 acoplado con fibra de vi- drio - - - - -	157
4.- Mezclas de M90 con GC 25 - - - - -	158
VII.- Propiedades, Ventajas y Costos del Copolímero - respecto a las demás Resinas empleadas en Inge- nería. - - - - -	161
1.- Propiedades comparativas a largo plazo - - - - -	161
2.- Propiedades comparativas a corto plazo - - - - -	177
3.- Comparación del Copolímero con el Homopolímero de Acetal - - - - -	180
4.- Costos - - - - -	189
VIII.- Conclusiones - - - - -	191
Bibliografía - - - - -	194

CAPITULO I

- INTRODUCCION

Si fuéramos a bautizar a nuestra edad por los materiales que la caracterizan, como ocurrió con las edades de piedra y de bronce, podría llamársele la edad de los plásticos, ya que los plásticos hechos de moléculas gigantes sintéticas tienen una influencia dominante en la moderna sociedad industrial.

Las moléculas gigantes o polímeros son la materia prima de la vida. Componen las células, el protoplasma y el núcleo de los tejidos animales y vegetales, como son las proteínas y la celulosa, etc. en donde se requieren propiedades mecánicas especiales. Por poseer estas propiedades, como resistencia, tenacidad, elasticidad, plasticidad, etc. es por lo que son empleadas tan extensivamente estas substancias que al ser obtenidas en forma sintética se llaman "Plásticos".

Desde su descubrimiento estos materiales alcanzaron su significado técnico, aún antes de que se conociera su constitución. Por este motivo los plásticos se desarrollaron al principio sobre una base puramente empírica. No fué sino hasta principios de los años veinte cuando la química de los polímeros se convirtió en una rama aparte de la química general. En poco tiempo y gracias a la investigación iniciada por esos días en universidades y laboratorios industriales, el estudio de los materiales plásticos se tornó en una rama compleja y especializada de la investigación científica.

fica, surgiendo al mismo tiempo la industria de los plásticos que se ha convertido en una de las industrias más grandes y prometedoras de nuestro tiempo, sus productos durante los últimos años toman parte sea directa o indirectamente en casi todas las facetas y actividades de nuestra vida, los hemos aceptado como parte de la era actual.

En los próximos años crecerá la producción sintética de macro moléculas, y al crecer afectará problemas críticos de la sociedad. Por ejemplo, la mayor producción de textiles y cauchos sintéticos permitirá destinar enormes extensiones de tierras en que hoy se cultivan caucho y fibras textiles (algodón e indirectamente lana) al cultivo de alimentos. Se ayudará así a aliviar la escasez de alimentos que va empeorando con la desigual distribución de la riqueza y el incontenible aumento de la población. Así también incurrirán en otras disciplinas : ciencia espacial, arquitectura, agronomía, oceanografía, planeación de computadoras, medicina, biología, ingeniería civil, etc. Si proyectamos al futuro principios y técnicas todavía no entendidos del todo hoy día, es posible imaginar algunas de las más sorprendentes realizaciones de los polímeros en los próximos 10, 30 ó 50 años, cosas baratas, incluso variedades espumosas que se construirán virtualmente solas; membranas de plástico para filtrar el agua del mar para abastecer a las sedientas ciudades o desiertos; motores eficientísimos, todos de plástico, celdillas de combustible, colectores de energía solar, automoviles, botes, aviones, trenes urbanos veloces; sistemas para el manejo de información que almacenan bibliotecas completas en minúsculos gabinetes y que reduzcan el tamaño de las computadoras al de máquinas portátiles, "Detergentes" que quiten de la sangre depó

sitos y substancias peligrosas antes de que infecten al organismo, son algunos de los usos que podrán tener los plásticos. Todas éstas maravillosas ventajas que poseen los polímeros, se ven fuertemente empañados en la actualidad, debido a la voraz sociedad de consumo y a la desmedida ambición de los industriales ya que de seguir con la producción inmoderada e irracional de plásticos, cuyas grandes cadenas moleculares no se integran el ciclo biológico, la contaminación del medio llegará a tal grado en un futuro cercano y éste planeta alterará de tal manera su ecología, que será totalmente inhabitable para cualquier forma de vida conocida.

Entre algunas de las medidas que se podrían considerar, para evitar este desagradable futuro, sería el de que todos los desperdicios plásticos, en lugar de fundirse o quemarse como se hace en la actualidad, cosa que por el otro lado baja la calidad de resistencia y plasticidad en el segundo moldeo de la pieza, y además deja en el medio pequeñas porciones de polímero con las desventajas antes expuestas, se podría llevar a cabo la despolimerización del plástico y volver a polimerizar; de ésta forma inclusive se ahorrarían materias primas, las cuales fundamentalmente provienen de recursos naturales no renovables (petróleo, carbón). De esas colaboraciones y medidas es dónde ciertamente sacará la química de los polímeros sus aportaciones más radicales y valiosas a la mejora del medio, y con seguridad en la del cuerpo del hombre y su cerebro.

A pesar de que ya ha pasado casi un siglo desde que se descubrieron los primeros materiales plásticos, conti

nuamente se siguen desarrollando nuevos procesos y nuevos materiales. Dentro de esos nuevos productos existen varios plásticos que son fundamentales en la ingeniería moderna. En la actualidad, entre los plásticos de ingeniería más importantes que se producen en México están.

- a) Tereftalato de Polietileno.- Que es un poliéster termoplástico con 30% de fibra de vidrio y cuyo nombre comercial es Celanex.
- b) Poliamida.- Que es Nylon 6
- c) Acetato de Celulosa.- Cuyo nombre comercial es Cris-tacel.
- d) Propionato de Celulosa.- Cuyo nombre comercial es Propiocel.
- e) Poliestireno Modificado con Oxido Polifenílico.- Cuyo nombre comercial es Noril.
- f) Policarbonato.- Cuyos nombres comerciales son Lexan y Merlon.

- g) Nylon 66.- Cuyos nombres comerciales son Zitel y Vidyne.
- h) Nylon 66 reforzado con fibras minerales cuyo nombre comercial es Minlón.
- i) Acrilonitrilo Butadieno Estireno cuyo nombre comercial es ABS.
- j) Cloruro de polivinilo cuyo nombre comercial es PVC.
- k) Polimetacrilato cuyo nombre comercial es Acrilit.
- l) Polietileno de baja densidad.
- M) Las Resinas Acetales:
- 1.- El Homopolímero de Acetal cuyo nombre comercial es Delrin.
 - 2.- El Copolímero de Acetal basado en Trioxano, cuyo nombre comercial es Celcon.

El estudio de difusión de las propiedades, métodos de obtención, usos, métodos de moldeo y ventajas de este último son el objetivo de ésta tesis.

CAPITULO II.

PROPIEDADES DEL COPOLIMERO DE ACETAL.

El copolímero de acetal es un producto conocido en multitud de países bajo los siguientes nombres: Kematal, Celcon, Hostaform y Duracón, el nombre comercial con el que se conoce este producto en el mercado mexicano es el de Celcon.

El copolímero puede ser procesado varias veces - sin perder su dureza y resistencia práctica al impacto.

Los datos del laboratorio han sido confirmados - por los años de servicio en varias aplicaciones, este producto es particularmente importante en la ingeniería de diseño para usarlo en recubrimientos térmicos, laminados y para - substituir placas de algunos metales como magnesio, Zinc, - bronce, hierro y acero.

Las partes de este producto además de poderse - colorear pueden ser decoradas en diversas formas, pueden ser pintadas, impresas, metalizadas y teñidas sin dificultad. - De por sí las partes moldeadas tienen dureza, brillantez y - tersura excepcional.

1.- PROPIEDADES A CORTO PLAZO

A).- PROPIEDADES MECANICAS.

Las propiedades físicas determinadas por pruebas standard están listadas en la figura 1, estas propiedades muestran un buen balance de propiedades de alta capacidad a la tensión, esfuerzo cortante, dureza y tenacidad.

Los plásticos celcon exhiben una gran resistencia a la abrasión y a la intemperie, el coeficiente de fricción del copolímero sobre una superficie de copolímero, es de .35 y el de éste contra acero, latón y aluminio, es solamente de .15, además el coeficiente de fricción contra acero se mantiene constante en un intervalo de temperatura de 20°C a 95°C.

En las figuras 2 a y 2 b, se muestran relaciones de esfuerzo de tensión contra deformación para dos tipos del material, y el área bajo la curva representa el trabajo de destrucción es decir la cantidad de energía necesaria para hacer fallar el material.

FIGURA 1. PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS A CORTO PLAZO

Propiedad	METOD. ASTM	ESPESIMEN			UNID.	Grados M.			
		Moldeo por	TIPO	Cond.		M270	M90	M25	GC-25
Grav. Especific.	D792	—	—	—	—	1.410	1.410	1.410	1.61
Densidad	—	—	—	—	g/cm ³	0.0507	0.0507	0.0507	0.0575
Vol. Especifico	—	—	—	—	cm ³ /g	19.7	19.7	19.7	17.4
Ezf. de Tensión	D638	Inyecc.	TIPO 1	D618	kg/cm ²	959	959	959	995
-40°C						616	616	616	295
23°C						350	350	350	987
71°C									
Resist. a la Fatiga	D671	Extr.	TIPO 2	D618	kg/cm ²	294	294	—	560
23°C						105	105	—	—
105°C									
Alargamiento	D638	Inyecc.	Tipol	D618	%	15	20	30	—
-40°C						40	60	75	3
23°C						>250	>250	>250	5
71°C									
Mod. de Tensión	D638	Inyecc.	Tipol	D618	kg/cm ²	28700	28700	28700	87500
Ezf. de Tensión	pruebas univ.	Inyecc.	TIPO 3	D618	kg/cm ²	770	770	770	—
Alta veloc.	elasticon	Inyecc.	TIPO 3	D618	%	21	21	21	—
Alargamiento									
Fza. de Flexión	D790	Inyecc.	TIPO 4	D618	kg/cm ²	910	910	910	1960
5% de Def.									
Mod. de Flexión	D790	Inyecc.	TIPO 4	D618	kg/cm ²	26250	26250	26250	77000
23°C						12600	12600	12600	49000
71°C						7000	7000	7000	35000
105°C									
Resist. a la Fatiga	D671	Extr.	TIPO 5	D618	kg/cm ²	231	231	—	—
Fuerza de Compr.	D635	Inyecc.	TIPO 6	D618	kg/cm ²	315	315	315	1100
15% Deflec.						1120	1120	1120	
Dureza Rockwell	D785	Inyecc.	TIPO 7	D618		M80	M80	M78	M75
Ezf. al impact.	D256	Inyecc.	TIPO 8	D618	kg-m/cm	.128	.16	.192	.192
-40°C						.16	.20	.24	.16
23°C						4.2	3.6	5.4	3.0
Ezf. de tensión al Impacto	D1822	Inyecc.	TIPO 1	D618	kg-m/cm ²				
Abs. de H ₂ O.	D570	Inyecc.	TIPO 9	D570	%	0.22	0.22	0.22	0.29
24 hr. inmersión						0.16	0.16	0.16	—
Eq. 50% de H.R.						0.80	0.80	0.80	—
Eq. Inmersión	D732	Inyec.	TIPO 10	D618	kg/cm ²	539	539	539	910
Ezf. Contante						469	469	469	—
23°C						399	399	399	—
49°C									
73°C									
Coef. de fricción Dinámica Contra acero bronce aluminio celcon	D1894	Inyec.	TIPO 11	D618		0.15	0.15	0.15	0.15
						0.15	0.15	0.15	0.15
						0.15	0.15	0.15	0.15
						0.35	0.35	0.35	0.35

Tipo 1.- 3 cms. de grueso
 Tipo 2.- 4.8x.6x16.5 cms.
 Tipo 3.- 3x1.25x.8 cms.
 Tipo 4.- 7.5x.3 cms.
 Tipo 5.- 12.5x3.5x1.25 cms.
 Tipo 6.- 1.25x1.25x2.5 cms.

Tipo 7.- 1.25x1.25x7.5 cms.
 Tipo 8.- 3.75 cms. de grueso
 Tipo 9.- .8x5 cms.
 Tipo 10.- .8 gsox 2 cm. Diam.
 Tipo 11.- 7.5x 10 cms.

FIGURA 2a- ENERGIA REQUERIDA PARA LA FALLA

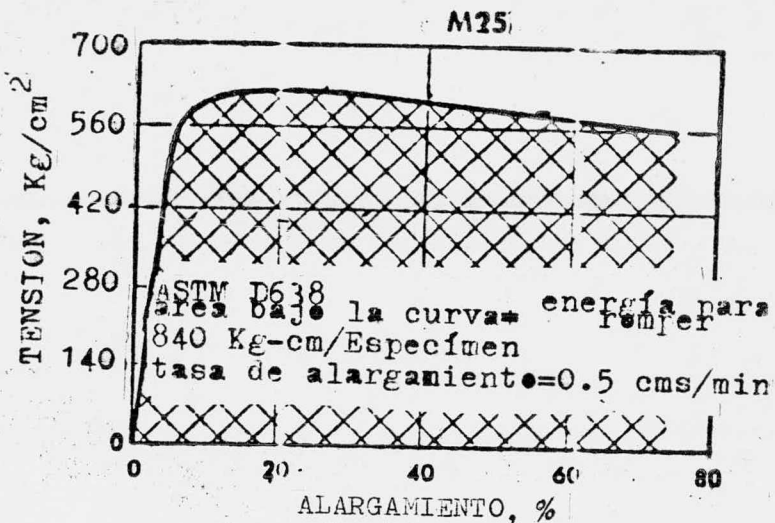
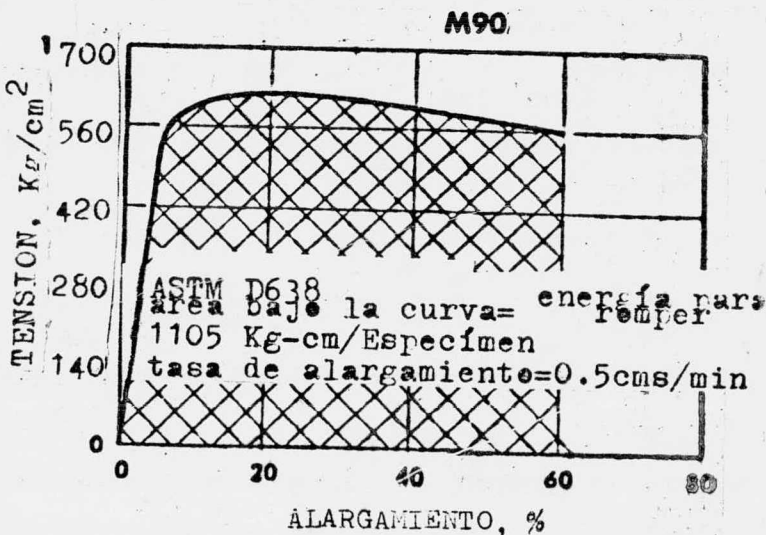
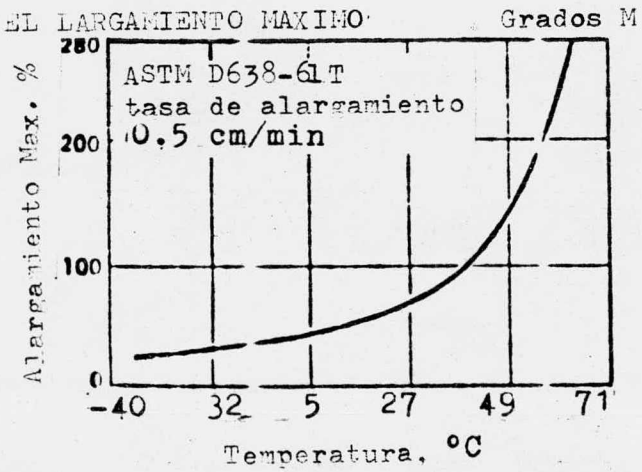


FIGURA 2b ENERGIA REQUERIDA PARA LA FALLA

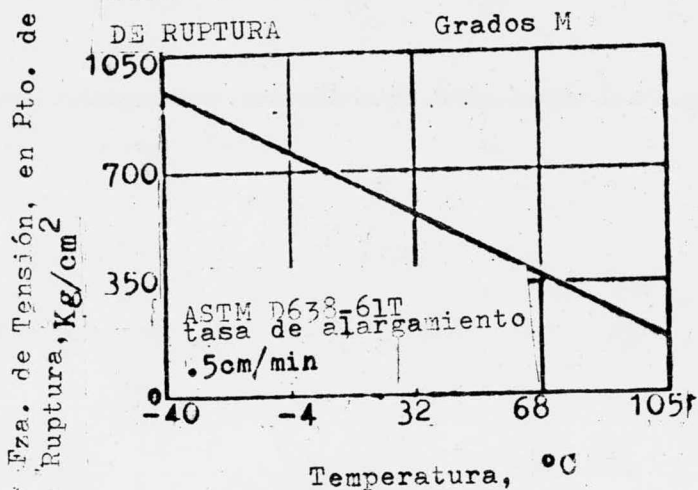


Las figuras 3 a 7, muestran varios efectos de la temperatura sobre algunas propiedades mecánicas, como lo son esfuerzos de tensión admisibles, módulo de flexión, módulo de torsión y alargamiento máximo. Y finalmente en la figura 8, se muestra una gráfica de alargamiento con esfuerzos tensión -compresión.

FIGURA 3. EFECTO DE LA TEMPERATURA EN



**FIGURA 4. EFECTO DE LA TEMPERATURA
SOBRE LA FZA. DE TENSION EN EL PTO.
DE RUPTURA**



**FIGURA 5. MODULO DE TENSION VS. TEM-
PERATURA ASTM D638-61T 0.5 cm/min**

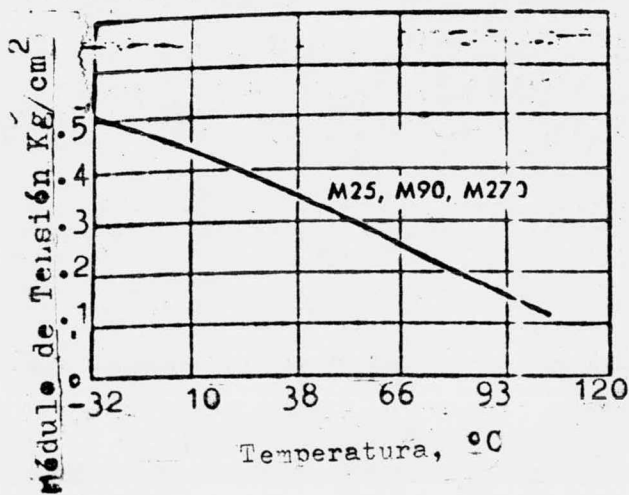


FIGURA 6. MODULO DE TENSION

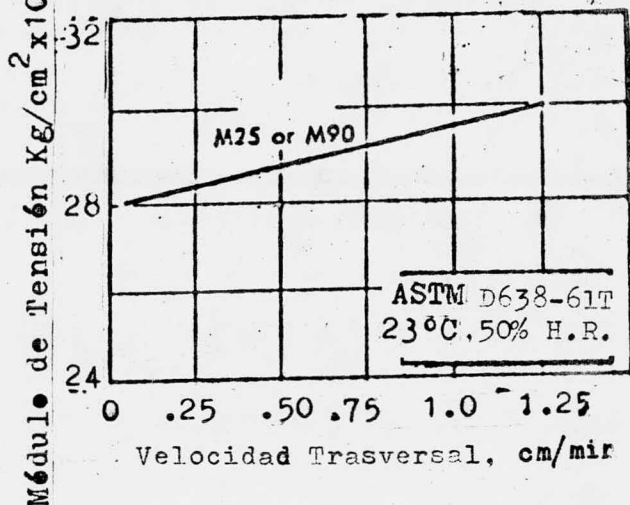


FIGURA 7. EFECTO DE LA TEMPERATURA
SOBRE EL MODULO DE FLEXION

(Tasa de Alargamiento 0,5 cm/mir)

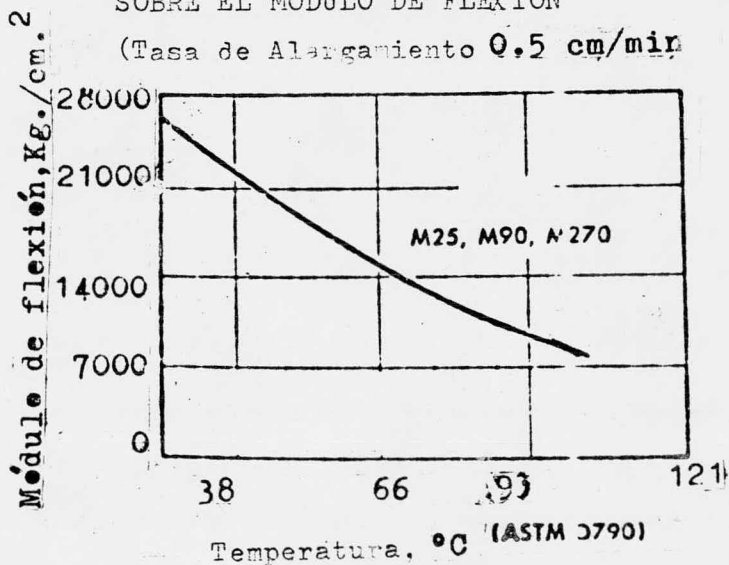
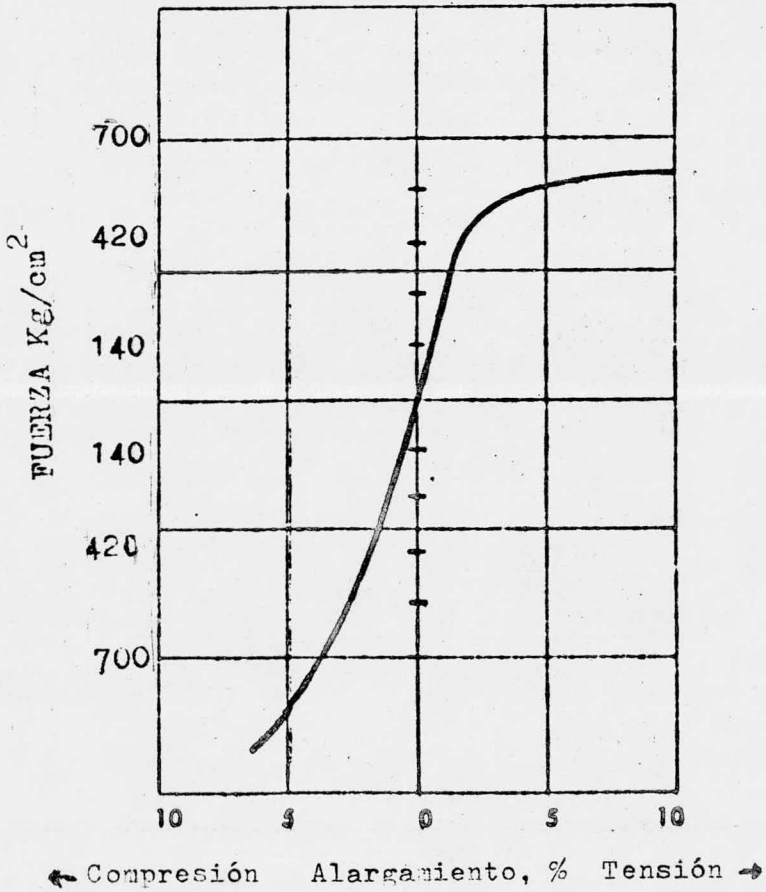


FIGURA 8. CURVA TENSION-COMPRESION A
23°C M90



B) PROPIEDADES ELECTRICAS.

La figura 9 muestra las propiedades eléctricas - del copolímero de acetal, estas propiedades son comparables a las de muchos otros termoplásticos usados en ingeniería.

La resina presenta un magnífico factor de disipación baja constante dieléctrica en un amplio intervalo de - frecuencias y una alta resistividad volumétrica.

Pero lo verdaderamente importante es que este - termoplástico combina estas propiedades con un buen esfuerzo mecánico y resistencia al calor, estas propiedades combina- das dan estabilidad al producto y lo hacen confiable en mu- chas y variadas aplicaciones eléctricas.

El producto se recomienda para usarse en aplica- ciones eléctricas en un rango de temperaturas de -40 a 50°C.

El copolímero no es adecuado para aplicaciones a más de 90 megaciclos por segundo, ni aún a temperatura am- biente.

FIGURA 9.
PROPIEDADES ELECTRICAS
23°C Y 50% H.R.

PROPIEDAD	METODO ASTM.	UNID.	valores.	
			GRADOS M	GC 25
cte. dielectrica	D150	—		
10 ² ciclos/seg.			3.7	3.9
10 ³ " "			3.7	3.9
10 ⁴ " "			3.7	3.9
10 ⁶ " "			3.7	3.9
factor de disipacion(poder).	D150	—		
10 ² ciclos/seg.			0.0010	0.0027
10 ³ " "			0.0010	0.0025
10 ⁴ " "			0.0015	0.0025
10 ⁶ " "			0.006	0.0062
resistiv. sup. (.3 cm, gsc.)	D257	ohm	1.3 x 10 ¹⁶	3.8 x 10 ¹⁵
resistiv. vol. (.3 cm, gsc.)	D257	ohm-cm	1 x 10 ¹⁴	1.2 x 10 ¹⁴
arco de resistencial 3 cm, gsc.	D405	seg.	240	136
esfuerzo dielectrico a corto plazo. .005 cm .0005 cm	D149	voits/mil	2100 500	
Factor de Pérdida	D150			
10 ² ciclos/seg.			0.005	0.011
10 ³ " "			0.005	0.010
10 ⁴ " "			0.005	0.010
10 ⁶ " "			0.024	0.024

C) PROPIEDADES TERMICAS.

El copolímero tiene unas propiedades térmicas poco comunes (ver fig. 10). Presenta una gran resistencia a altas temperaturas pues muestra una alta temperatura de deflexión, propiedad considerada como primordial en el control y desarrollo del trabajo, pues es la temperatura a la cual una deformación arbitraria ocurre cuando una pieza específica es sujeta a un esfuerzo dado.

Su alto punto de reblandecimiento hace apropiado al copolímero para ser usado a altas temperaturas. En la Fig. 11, se muestra la expansión térmica lineal del producto, contra la temperatura.

Las partes del producto tienen excelente resistencia a altas temperaturas intermitentes, se deforman bajo peso solo hasta cerca de su temperatura de fusión. La temperatura continúa máxima a la que se aconseja someter al material es de 105°C. en aire y 83°C en agua.

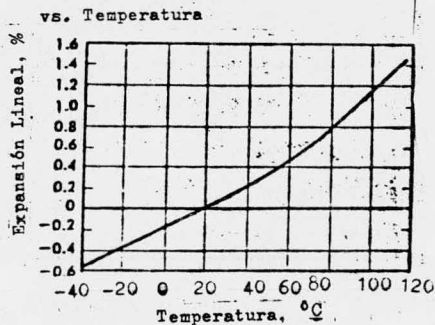
Las pruebas muestran que bajo cargas de flexión a 33 Kg/cm² las fibras de la resina en aire se deforman menos del 5 % durante tres años de continua exposición a 83°C.

En otras aplicaciones sufriendo cargas continuas en aire cerca de los 105°C por períodos de cuatro meses se obtienen resultados similares.

FIGURA 10. PROPIEDADES TERMICAS

Propiedad	Método ASTM	Unidades	Grados M	GC-25
Temperatura de Flujo	D569		174	—
Temperatura de Fusión	—		165	166
Pto. de Reblandecimiento	D1525	°C	162	162
Temperatura de Moldeo	—		160	—
Temperatura Max. Intermitente	—		138	138
En aire				100
En agua			100	
Temperatura Max. Continua	—		105	105
En aire				82
En agua			82	
Deflexión y Deformación Térmica				
Temperatura de Deflexión	D648	°C	110	163
a 10 kg/cm ²			158	166
a 5 kg/cm ²			1.0	0.6
Deformación bajo carga 140Kg/cm ² a50°C	D621	%		
Conductividad Térmica				
Calor Específico	—	cal/se _t /cm ² /°C/cm	7.5x10 ⁻⁵	—
Coeficiente de Expansión Térmica Lineal	D698	cal/er/°C	0.35	—
Rango -30°C. a +30°C.)		cm/cm/°C		
Dirección del Flujo			2.6x10 ⁻⁵	1.2x10 ⁻⁵
Dirección Transversal			2.6x10 ⁻⁵	2.6x10 ⁻⁵
Flamabilidad				
Encogimiento Promedio	D635	cm/min	2.8	—
Dirección del Flujo	—	cm/cm		
Dirección Transversal			0.022	0.004
			0.018	0.018

FIGURA 11. Expansión Térmica Lineal



2.- PROPIEDADES A LARGO PLAZO.

Al someter el copolímero de acetal por un largo tiempo a altas temperaturas sin estar cargado, el producto muestra excelente retención de propiedades mecánicas, estas propiedades son las que permiten hacer la elección del material más adecuado para el uso específico correspondiente.

A).- ENVEJECIMIENTO AMBIENTAL.

Al exponer el producto a diversas condiciones ambientales (químicas, de humedad y de temperatura), el termoplástico no presenta cambios significativos en sus propiedades, sin embargo cuando el producto es expuesto a los rayos ultravioleta de la luz solar por largos períodos de tiempo se observa una importante pérdida en sus propiedades por lo que para aplicaciones en las que el producto va a estar ex-puesto al sol deben usarse tipos especiales con estabilizado res ultravioleta.

B).- RESISTENCIA A AGENTES QUIMICOS.

El copolímero tiene una excelente resistencia química. Después de doce meses de inmersión a temperatura ambiente en varios compuestos inorgánicos, no fué afectado excepto por ácidos minerales fuertes como ácido sulfúrico, nítrico y clorhídrico.

Soluciones al 10 % de hidróxido de amonio, agua-oxigenada y cloruro de sodio no producen cambios en las propiedades físicas del producto.

Muchos agentes orgánicos que fueron probados con el material no afectan sus propiedades; los resultados se muestran en la figura 12.

El termoplástico no es afectado al ser lavado con los solventes comunes como acetona, alcohol etílico, y otros solventes de lacas a temperatura ambiente; en inmersión de materiales como nujol, aceite de motor y otros aceites industriales no producen cambios en el producto.

El copolímero es extraordinariamente resistente a los álcalis, pues después de muchas horas de inmersión en soluciones en ebullición de bases fuertes como NaOH y KOH al 5 % no presenta cambios significativos en sus propiedades.

La inmersión a 23°C en varias soluciones alcalinas con un intervalo de concentración del 4 al 14 % no producen cambios considerables.

a 83° C y seis meses de exposición en varios compuestos electrolíticos y algunos suavizantes, tales como el "Calgonate" y otros detergentes no producen cambio en las -

propiedades mecánicas del producto, en aplicaciones por más de seis meses, se observa una ligera decoloración sin existir cambio en propiedades.

En la figura 12, se muestran los efectos de la inmersión del producto en varios materiales a diferentes temperaturas por diversos intervalos de tiempo, indicando los efectos en algunas propiedades físicas.

FIGURA 12.

25

RESISTENCIA QUIMICA DEL CELCON M90, M25, M70

Material	Tiempo Meses	Temp. °C	% de Cambio			Peso	Efecto Visible
			Módulo Ruptura	Módulo Tensión	Longitud		
Aire como base	12	23	0	0	0	0.22	N.C.
COMPUESTOS INORGANICOS							
Hidróxido de Amonio al 10%	6	✓	0	0	0.3	0.88	Disc.
	12	✓	0.7	-16	0.3	1.03	Disc.
	6	82	-0.3	-12	0.4	0.74	Disc.
Agua Origenada al 3%	6	23	2	-15	0.3	0.97	N.C.
	12	✓	3	-12	0.3	0.88	N.C.
Acido Clorhídrico al 10%	6	✓	X	X	X	X	
Acido Nítrico al 10%	6	✓	X	X	X	X	
Cloruro de Sodio al 10%	6	✓	2	-12	0.2	0.59	N.C.
	12	✓	3	-15	0.2	0.71	Sl.
Carbonato de Sodio al 10%	6	82	4	-10	0.2	0.49	Sl.
	6	23	0	-9	0.2	0.77	N.C.
	12	✓	6	-9	0.2	0.78	N.C.
Carbonato de Sodio al 20%	6	82	3	-2	0.4	0.96	N.C.
Hidróxido de Sodio al 1%	6	23	3	-2	0.2	0.61	N.C.
	6	✓	1	2	0.2	0.80	N.C.
	12	✓	2	2	0.2	0.84	N.C.
Hidróxido de Sodio al 10%	6	✓	1	-8	0.2	0.49	N.C.
	12	✓	-2	-6	0.2	0.73	N.C.
	6	82	-3	-8	0.2	0.83	Sl.
Hidroxido de Sodio al 60%	6	✓	-3	-6	-0.1	-0.18	Sl.
Hipoclorito de Sodio al 4.6%	6	23	-6	-7	0.1	-3.29	Cacarizo
Tiosulfato de Sodio al 26%	6	82	3	-12	0.2	0.61	N.C.
Acido Sulfúrico al 3%	6	23	0	-8	0.4	0.81	N.C.
	12	✓	2	-14	0.2	0.82	N.C.
Acido Sulfúrico al 30%	6	✓	X	X	X	X	
Buffer, pH 7.0	6	82	2	-15	0.3	0.94	Sl.
Buffer, pH 10.0	6	✓	4	-12	0.3	0.89	Sl.
Buffer, pH 4.0	4	✓	X	X	X	X	
Agua (destilada)	6	23	0	-12	0.2	0.83	N.C.
	12	✓	4	-12	0.2	0.84	N.C.
	12	82	0	-18	-0.1	-3.32	Disc.
COMPUESTOS ORGANICOS							
Acido Acético al 5%	6	23	-1	-15	0.3	1.05	N.C.
	12	✓	0.6	-16	0.2	1.13	N.C.
	6	✓	-4	-20	0.7	3.60	N.C.
Acetona	12	✓	-17	-48	1.6	3.68	N.C.
	6	49	-19	-48	2.1	4.45	N.C.
Anilina	6	82	-26	-73	4.8	12.1	Tinte Rojizo
Benceno	6	49	-17	-43	1.8	3.93	N.C.
Tetracloruro de Carbóno	6	23	-1	-4	0.2	0.86	N.C.
	12	✓	2	-6	0.1	1.39	N.C.
	6	49	-11	-32	1.2	5.23	N.C.
Acido Cítrico al 10%	6	23	0	-12	0.3	0.74	N.C.
	12	✓	3	-10	0.2	1.93	N.C.
Eter Dietílico	6	✓	-15	-26	1.1	2.09	N.C.
Dimetil Formamida	6	82	-19	-63	3.1	7.7	N.C.
Acetato de Etilo	6	23	-5	-20	0.6	3.62	N.C.
	12	✓	-17	-46	1.6	4.25	N.C.
	6	49	-22	-50	2.1	5.23	N.C.

Continúa

N.C.=No Cambio.

Disc.=Decoloración

Sl.=Decoloración Insignificante

FIGURA 12 Continúa

Material	Tiempo Meses	Temp. °C	% de Cambio				Efecto Visible
			Esfuerzo Ruptura	Modulo de Tensión	Lon- gitud	Peso	
Dicloruro de Etileno	6	49	-23	-68	3.2	10.05	N.C.
Etilén Glicol al 50%	6	62	0	-18	0.4	1.33	SI.
Etanol al 95%	6	23	-4	-19	0.6	1.43	N.C.
	12	✓	-6	-35	0.7	2.19	N.C.
	6	49	-17	-31	1.3	2.54	N.C.
Etanol al 30%	6	23	-4	-24	0.6	1.62	N.C.
	12	✓	-5	-32	0.7	1.98	N.C.
	6	49	-13	-34	1.0	2.27	N.C.
	6	23	-2	-13	0.2	0.04	N.C.
Heptano	12	✓	3	4	-0.07	0.09	N.C.
	6	62	-6	-9	-0.2	0.35	N.C.
Acido Oléico	6	23	-1	-15	0.3	1.05	N.C.
	12	✓	3	31	-0.04	-1.26	N.C.
	6	62	0	-9	0.5	1.04	N.C.
Fenol al 5%	6	23	-15	-45	2.1	9.34	N.C.
	12	✓	-10	-46	1.4	4.70	Disc.
Tolueno	6	✓	-7	-17	0.4	1.12	N.C.
	12	✓	-7	-19	0.7	1.87	N.C.
	6	62	-14	-43	1.6	3.80	N.C.
OTROS MATERIALES							
Acete para Trasmisión	6	62	5	5	-0.07	-0.15	N.C.
Anticongelante	6	✓	0	-23	0.6	1.53	N.C.
Líquido de Frenos (super 9)	6	23	0	-12	0.3	0.34	N.C.
	12	✓	3	-1	0.2	0.53	N.C.
Líquido de frenos (Lockheed "21")	6	✓	-3	-13	0.3	0.70	N.C.
	12	✓	-0.5	-9	0.2	1.05	N.C.
	6	62	-11	-41	1.4	3.60	N.C.
Líquido de Frenos "Delcon 222"	6	✓	-5	-33	1.3	3.18	N.C.
Detergentes							
"Acclair"	6	✓	2	-11	0.2	0.85	SI.
"Calgonite"	6	✓	3	-15	0.3	1.00	SI.
"Electro-Sol"	6	✓	3	-10	0.3	1.04	N.C.
Igepal al 50%	6	23	18	-14	0.4	0.75	N.C.
	12	✓	3	-15	0.4	0.84	N.C.
	6	62	0	-18	0.7	1.62	N.C.
Solución de Detergente	6	✓	-3	-20	0.4	1.04	SI.
Solución de Jabón	6	✓	-2	-15	0.5	1.32	N.C.
Gasolinas							
Mobil Regular (93/5 Octanos)	6	49	-11	-12	1.7	1.30	N.C.
Mobil "Hi-Test" (99.0 Octanos)	6	✓	-12	-12	0.7	1.50	N.C.
Sonoco "280" (103 Octanos)	6	✓	-6	-10	0.7	1.43	N.C.
Keroseno	6	62	0	-7	0.3	0.34	N.C.
Acete de Casa	6	✓	8	11	0.2	-0.13	N.C.
Grasa lubricante	6	✓	4	3	0.2	-0.03	N.C.
"Rujol"	6	23	-3	-14	0.2	-0.03	N.C.
	12	✓	3	-1	-0.06	0.05	N.C.
	6	62	8	7	0.0	-0.18	N.C.
Acete de Motor (10W30)	6	23	-1	-9	0.2	0.02	N.C.
	12	✓	5	7	-0.06	0.04	N.C.
	6	✓	5	0	-0.06	-0.14	N.C.

C).- INMERSION EN AGUA CALIENTE.

Una resistencia excepcional a la exposición en agua caliente por largos períodos de tiempo, es entre otras razones, el motivo por el cual el producto es un plástico muy usado en los aditamentos de plomería, tales como tubos, válvulas, etc.

El copolímero tiene también la propiedad de soportar altas presiones y esfuerzos cortantes, propiedades necesarias en estos artículos.

La resistencia química es un factor importante en las aplicaciones de plomería ya que continuamente, ya sea en la industria ó en el hogar, el agua va acompañada de detergentes, ácidos, bases, glocales, etc.

El producto ha sido probado por más de un año manejando líquidos a 83°C, sin sufrir alteración de propiedades. En las figuras 13 a 17 se muestran el efecto de la inmersión del termoplástico en agua a 83°C durante varios meses, sobre algunas propiedades físicas.

FIGURA 13.

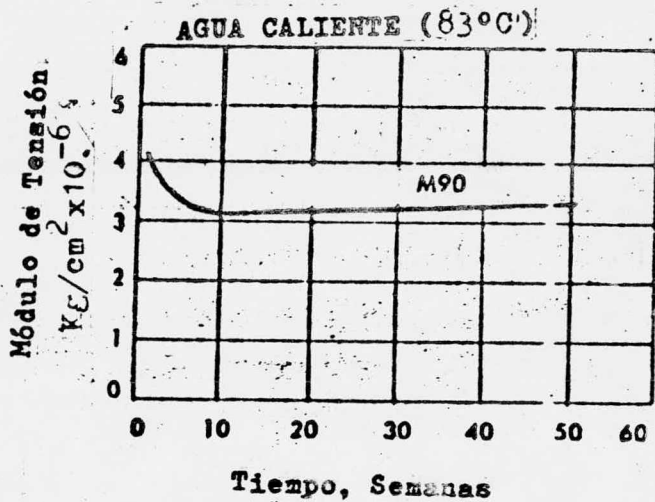


FIGURA 14.

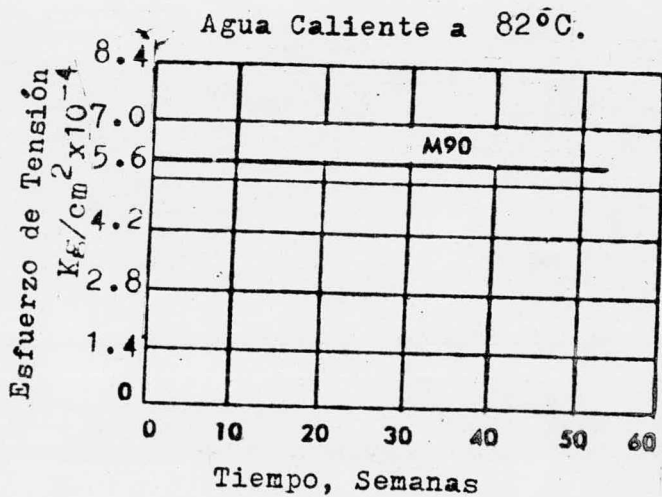


FIGURA 15.

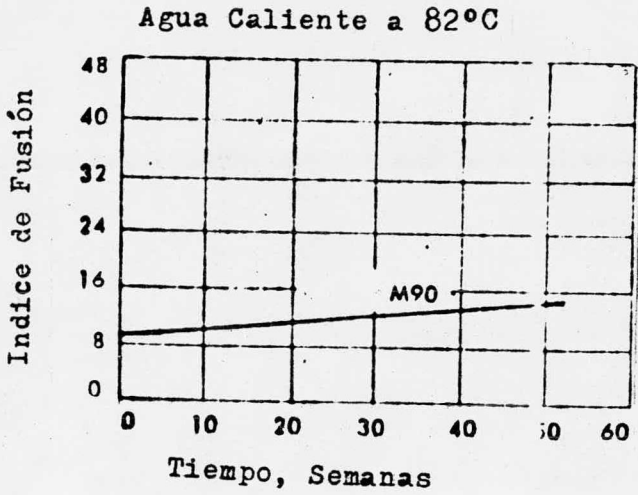


FIGURA 16.

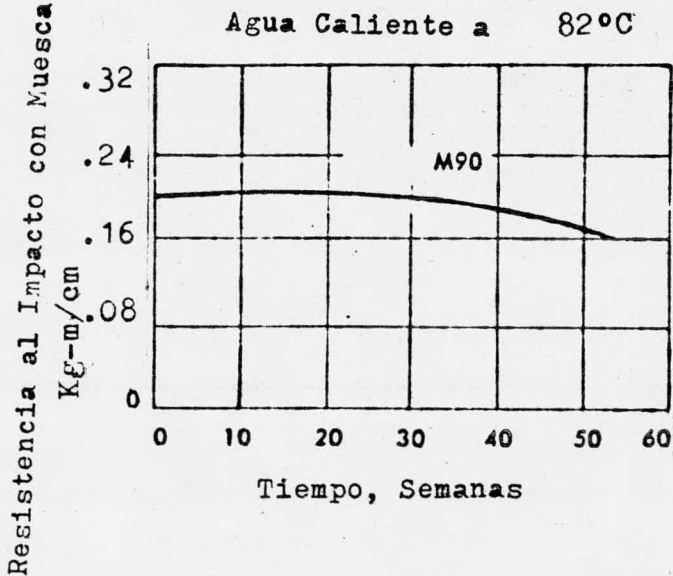


FIGURA 15.

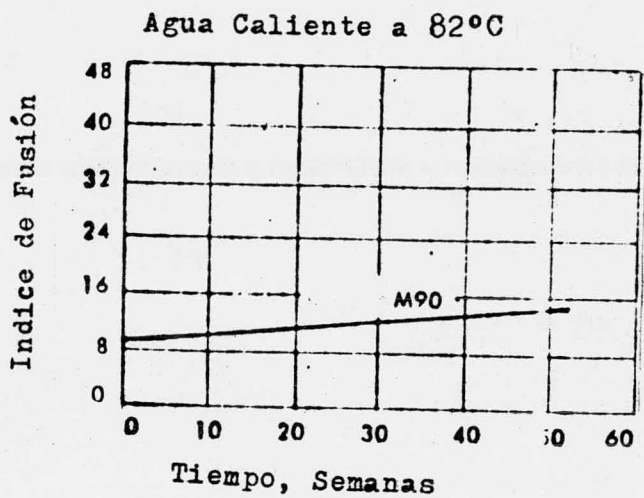
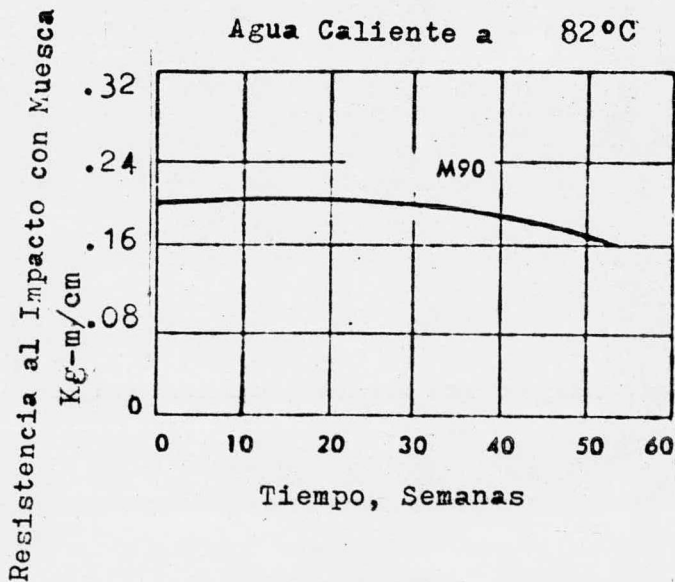
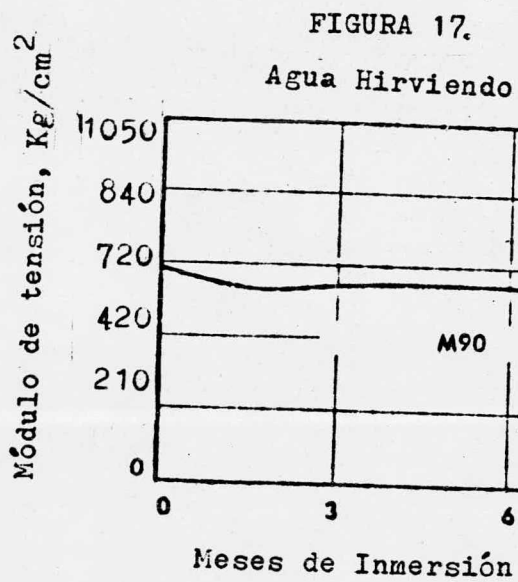


FIGURA 16.





D).- ENVEJECIMIENTO EN AIRE CALIENTE

Los cuerpos moldeados con el copolímero mediante inyección envejecen en aire según se muestra en las figuras 19 a 22. Las gráficas están construídas para 83 y 127°C.

Después de un año de inmersión a 127° C, el esfuerzo de tensión y el esfuerzo de impacto Izod bajan. El esfuerzo del impacto Izod es reducido a la tercera parte después de permanecer estable los primeros seis meses; el esfuerzo de tensión disminuye en la misma proporción y el índice de fusión se incrementa.

Basándose en estos estudios e incluyendo la experiencia de muchos usuarios, el límite práctico recomendado para uso continuo en aire para partes del producto es 105°C, aunque temperaturas más altas por cortos períodos de tiempo pueden ser toleradas fácilmente por el material.

En la fig. 18 se muestra el efecto de exponer a 138°C y bajo tensión a dos especímenes de diferente grosor durante cincuenta días.

FIGURA 18

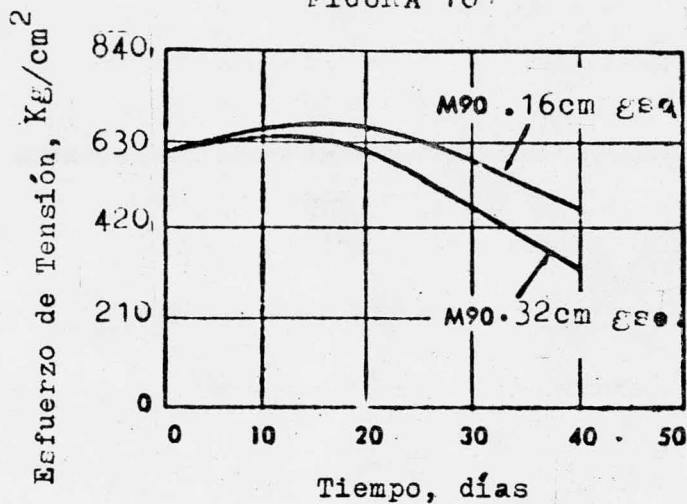


FIGURA 19

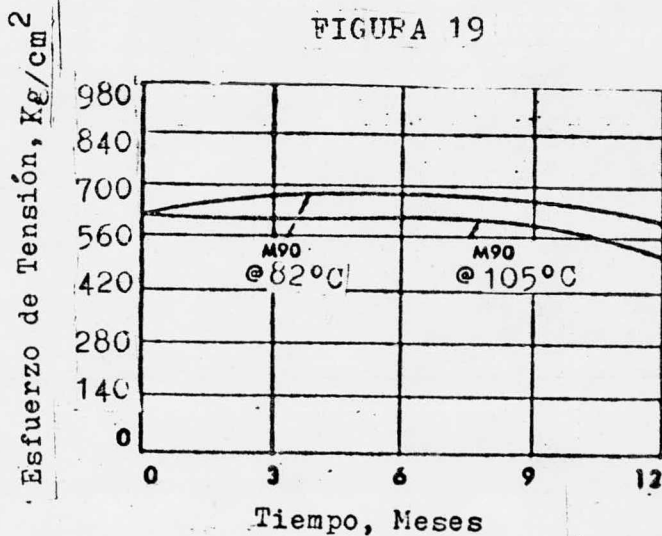
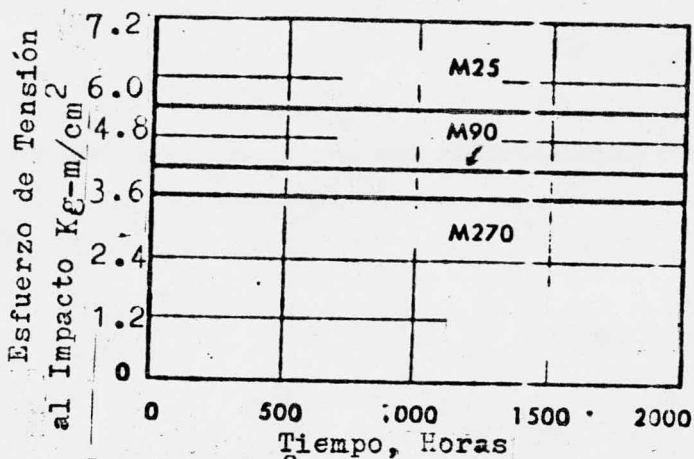


FIGURA 20



Prueba a 23°C Después de envejecer a 82°C. y 105°C. Durante un año.

FIGURA 21

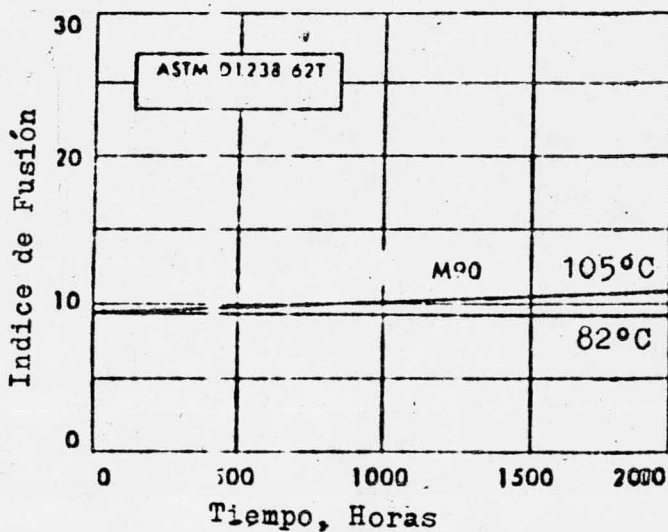
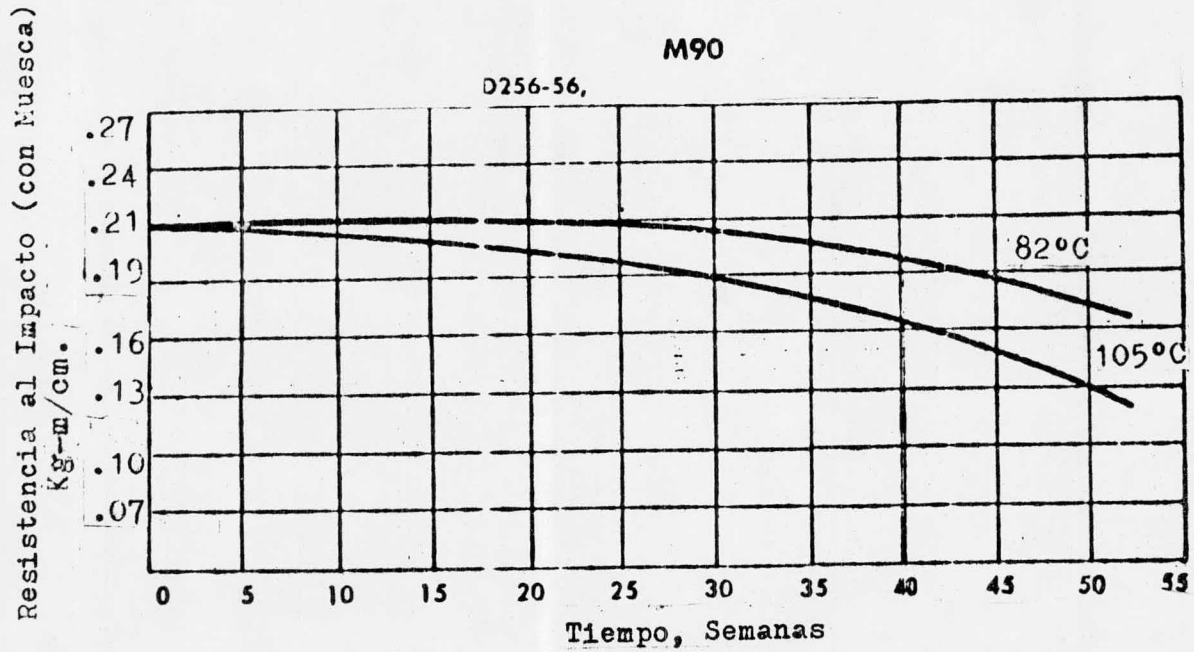


FIGURA 22



E) RESISTENCIA DE LOS CLIMAS Y EXPOSICION EXTERIOR.

Como ya fué comentado, el copolímero suele deteriorarse al ser expuesto a la luz solar, por lo que se deben usar algunas formulaciones a las que se agregan estabilizadores ultravioleta, cuando su aplicación lo requiera.

Otra forma de proteger al material es plateando o pintando las partes expuestas.

Los grados celcon HL han sido formulados para aplicación exterior con estabilizadores ultravioleta, y han sido probados por varios años en diferentes climas de los estados de la Unión Americana. En las Figs. 23 a 25 se muestran los efectos de exposiciones exteriores por períodos de 48 meses.

La resina blanca 3068 tiene la máxima estabili-dad a los rayos ultravioleta. Los resultados de la exposi-ción exterior de esta formulación se muestran de las figs. - 26 a la 28.

La resina M90-08 conestabilizadores ultravioleta adiciona a la resina M 90-08, una protección adicional. -- En las figuras 29 a 31 se muestran los efectos de cuatro -- años de exposición a la luz sobre algunas propiedades físi-cas.

Las fig. 32 y 33 comparan la resistencia a la exposición exterior de varias formulaciones del producto.

F).- ENVEJECIMIENTO BAJO CARGAS

Las partes del copolímero bajo cargas continuas tienen una gran resistencia al corrimiento, y a la fatiga.

1.- RESISTENCIA AL CORRIMIENTO

Es importante notar que en la mayoría de las - aplicaciones la resistencia al corrimiento es un factor im-
portante para el buen funcionamiento de las piezas.

Si una resina no exhibe una resistencia satisfac-
toria al corrimiento, sobre todo a altas temperaturas, es de esperarse que cuando el material esté expuesto a ellas por - un tiempo considerable, muchas de las propiedades mecánicas del material sufrirán una degradación.

El corrimiento también llamado flujo frío se re-
fiere a los cambios dimensionales ocurridos a los plásticos en esfuerzo continuo.

El copolímero de acetal es uno de los termoplás-

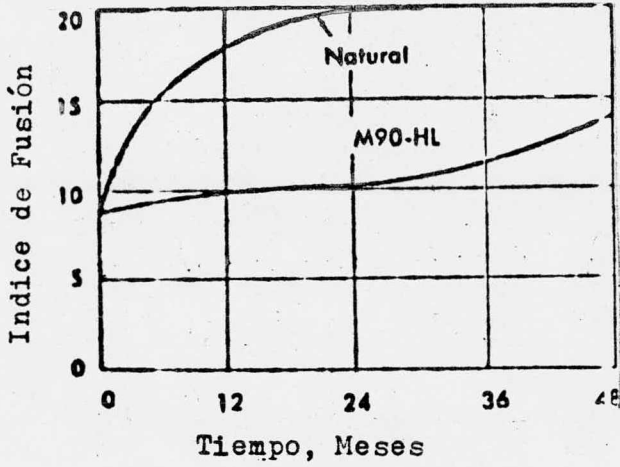
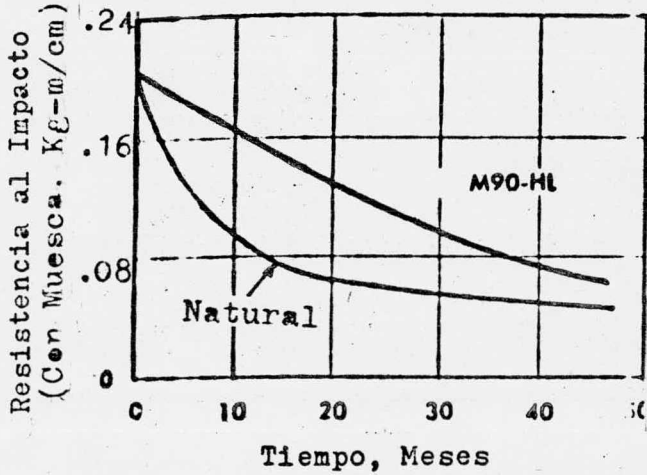


FIGURA 24



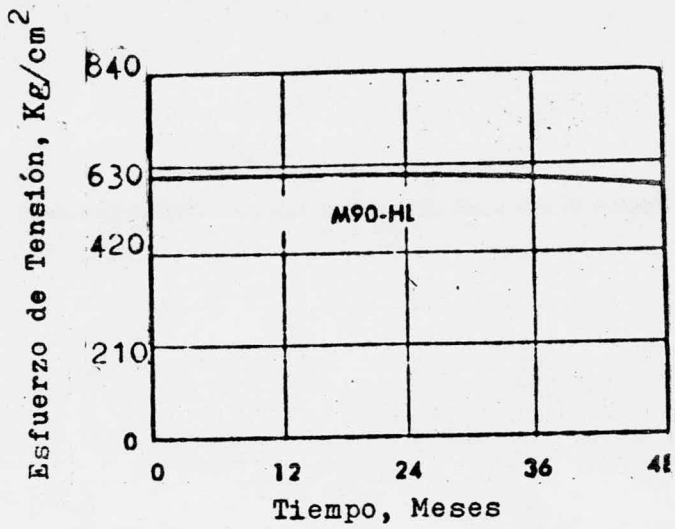


FIGURA 26

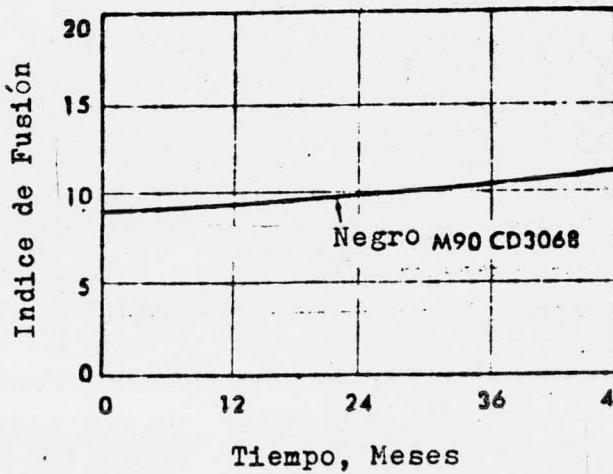


FIGURA 27

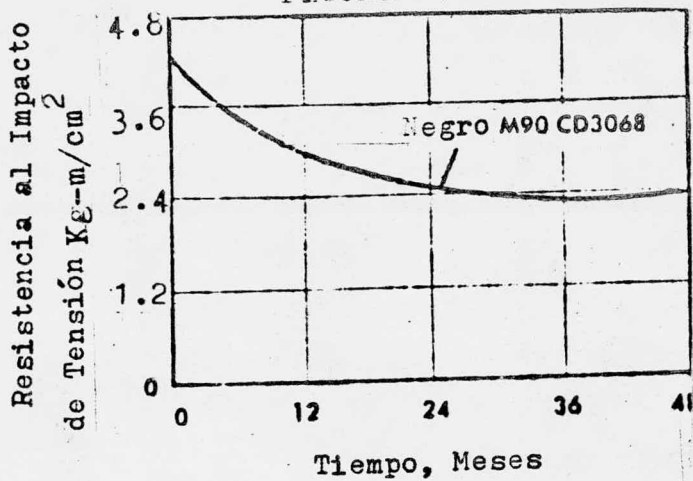


FIGURA 28



FIGURA 29

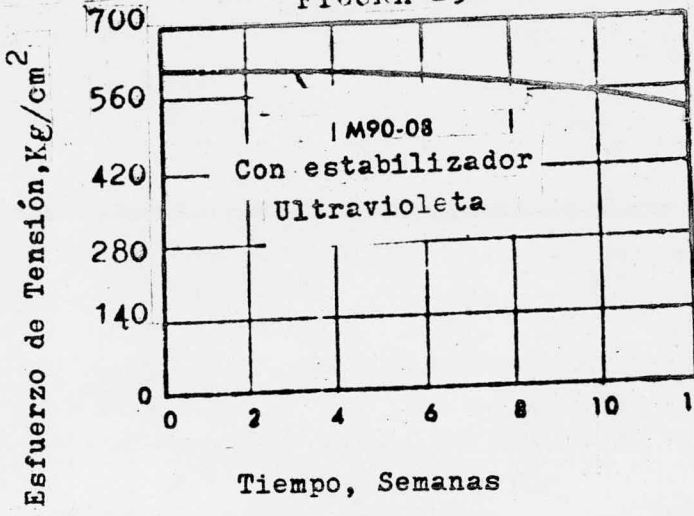


FIGURA 30

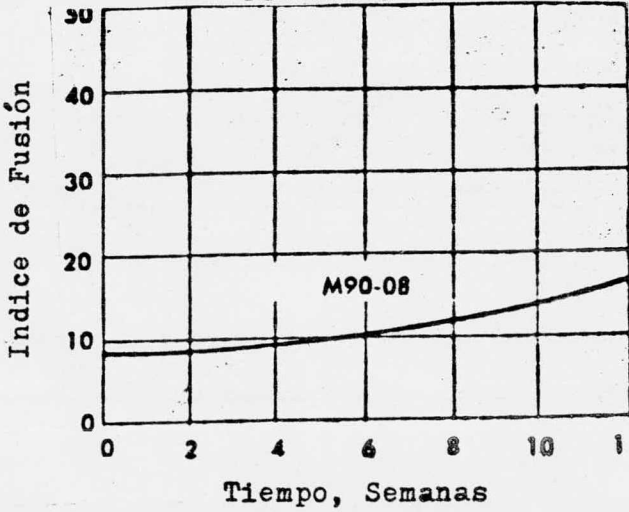


FIGURA 31

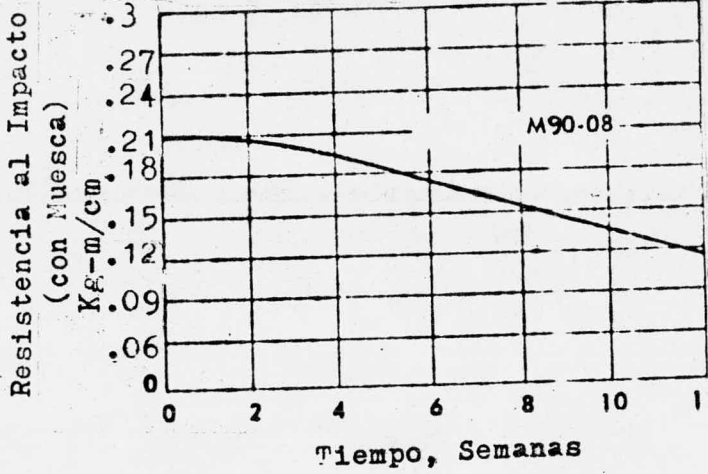
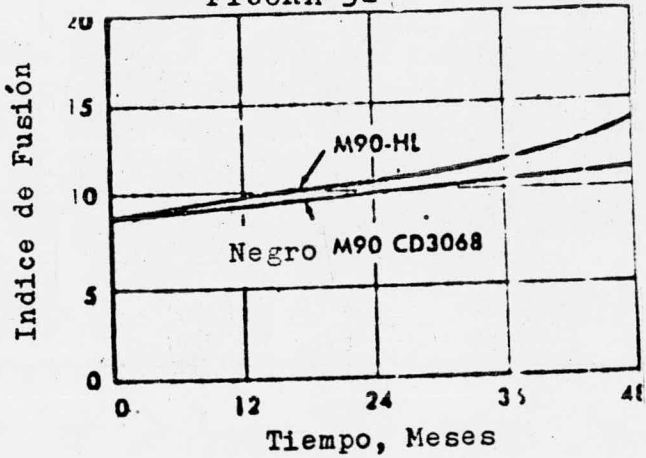
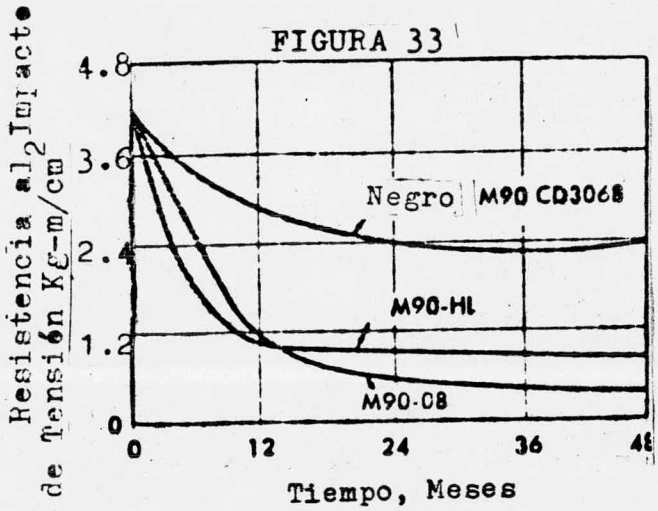


FIGURA 32





ticos de la ingeniería que presentan mayor resistencia al corrimiento, particularmente a altas temperaturas y con cargas bajas o moderadas.

a) Corrimiento de flexión

La deflexión que sufre con el tiempo una viga - cargada por el centro a varias temperaturas se muestra en la figura 34 para la resina M90 reforzada con fibra de vidrio con una carga de 33 Kg/cm^2 y en la figura 35 con una carga de 335 Kg/cm^2 .

b) Corrimiento a la compresión.

El corrimiento a la compresión fue determinado al poner cubos de media pulgada de arista bajo varios valores de carga continua a temperatura ambiente.

Los resultados muestran que el corrimiento a la compresión es despreciable. En la figura 36 se muestra el corrimiento sufrido por estos cubos a 70 y 270 Kg/cm^2 .

c) Corrimiento a la Tensión.

El corrimiento a la tensión para varias cargas - y el esfuerzo de relajamiento contra el tiempo, son mostrados en las figuras 37 y 38.

2.- RESISTENCIA A LA FATIGA.

La fatiga producida a partir de cargas repetidas puede causar fallas eventuales de una parte en servicio. Es importante en el diseño de engranes, bisagras y otras partes mecánicas sujetas a movimientos recíprocos, tener en cuenta la capacidad del material para prevenir fallas por fatiga.

Los datos del laboratorio para especímenes del copolímero son presentados en la figura 39. Bajo los límites de resistencia de los metales por fatiga, los cuales son definidos como la tensión a la cual el espécimen falla a 10 millones de ciclos. El producto muestra un límite de resistencia de flexión a la fatiga de 231 Kg/cm^2 a 23°C y 50 % de humedad relativa. Vigas con centros cargados muestran que la fatiga de flexión para el copolímero es de 285 Kg/cm^2 la fatiga de tensión fué determinada por pruebas universales de fatiga y los especímenes y resultados son mostrados en las figuras 40 y 41.

FIGURA 34.

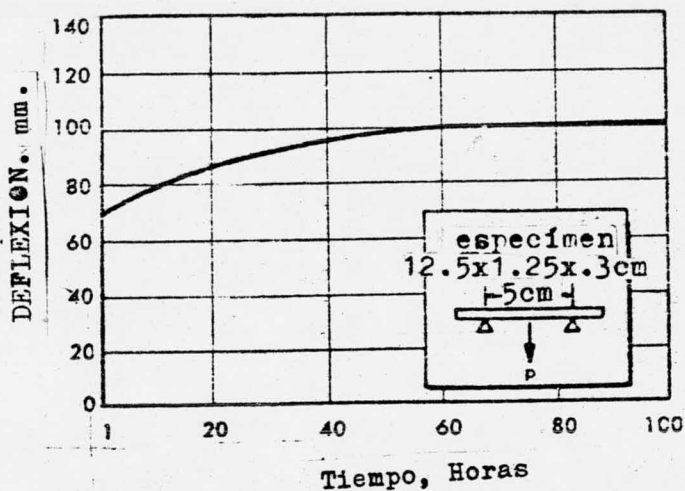
35Kg/cm², M90

FIGURA 35.

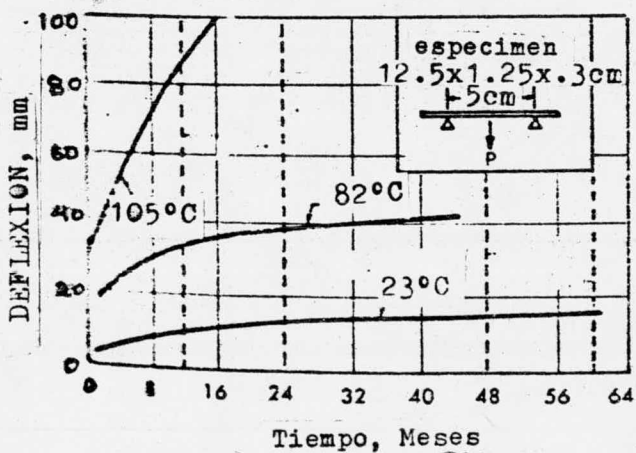
350Kg/cm², M90

FIGURA 36

71°C

M90

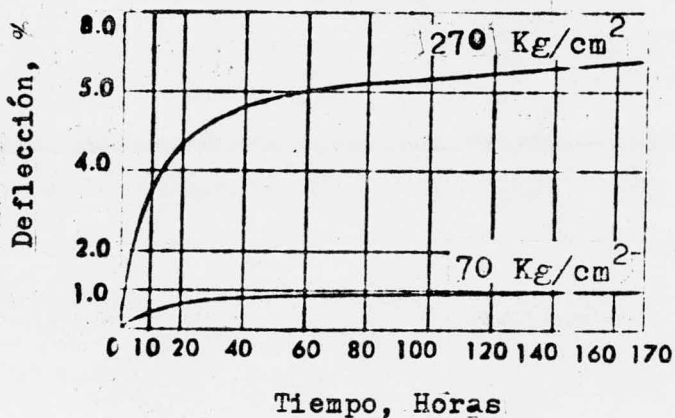


FIGURA 37

60°C

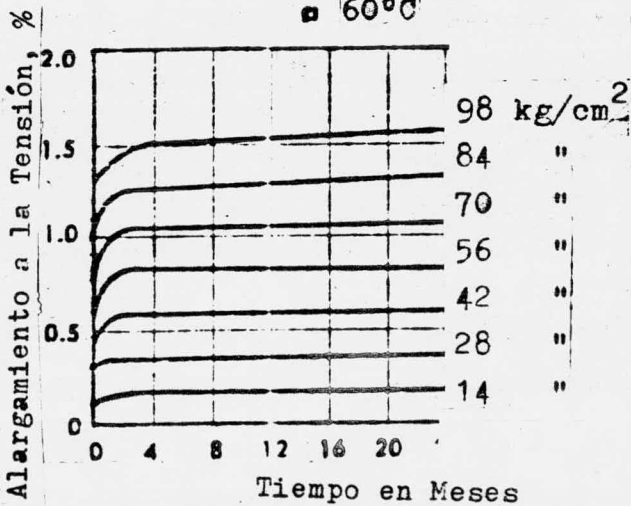


FIGURA 38
@ 20°C 70% H.R.

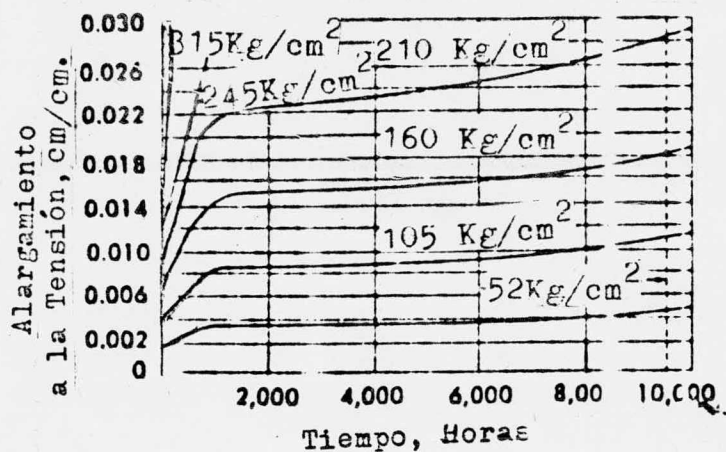


FIGURA 39

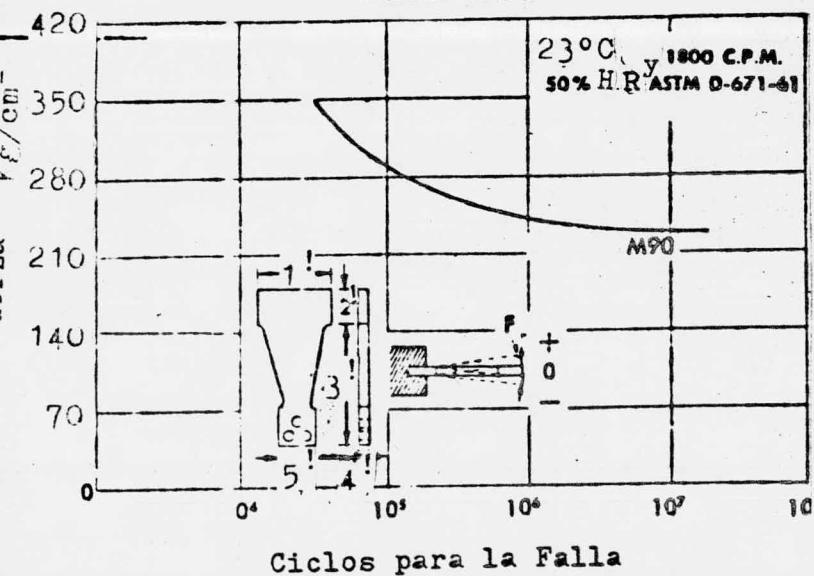


FIGURA 40
CURVA DE FATIGA A LA FLEXION

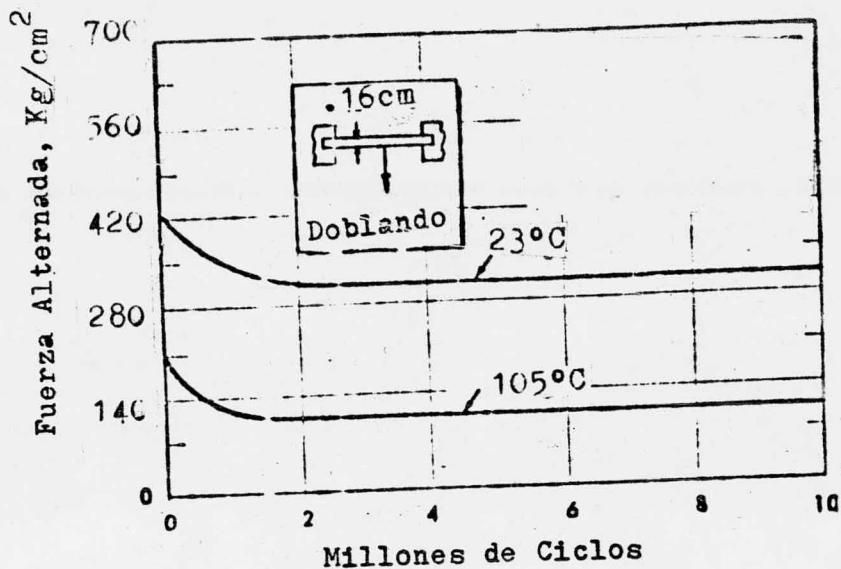
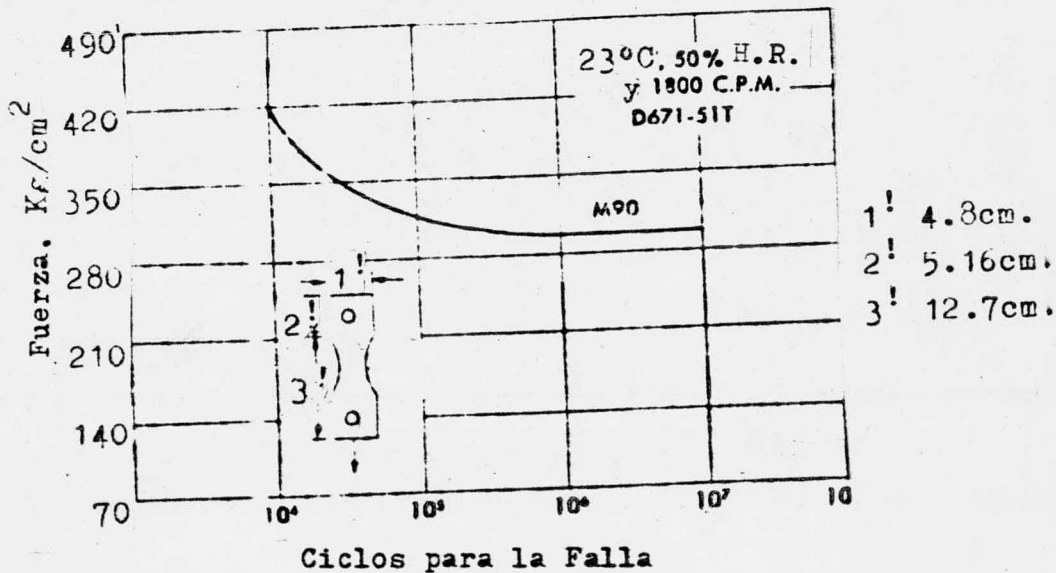


FIGURA 41
FATIGA A LA TENSION



G).- LA PERMEABILIDAD.

La permeabilidad plástica y las velocidades de permeabilidad dependen de la calidad del plástico, el grueso y la temperatura. Las características de permeabilidad para copolímero son mostradas en la figura 42 y 43.

Los recipientes de aerosol a presión han sido probados por varios años a 8 Kg/cm^2 y temperatura de 50°C . la mayoría de las pruebas han sido dirigidas con el fin de empacar diversos productos en aerosol, la excelente resistencia al corrimiento del producto combinado con otras propiedades de resistencia química, resistencia física y permeabilidad hacen ideal el producto para empacar una amplia variedad de materiales en aerosol.

FIGURA 42
Permeabilidad
a los gases del **M25, M90, M270 @ 80°F**

Material	Unidades	Tasa de transmisión del gas @ 23°C
	cm^3	
Aire	24hr, Kg/cm^2 , 650 cm^2	2.2-3.2
Nitrógeno	(gso. de pared .08cm)	2.2-3.2
Oxígeno		5.0-7.4
Bióxido de carbono		144-174

FIGURA 43. FACTORES DE PERMEABILIDAD

Condiciones de prueba: 24 meses a 24°C; 6 meses a 38°C; y 3 meses a 49°C.

MATERIALES	3 Meses	6 Meses	24 Meses
	49°C	38°C	24°C
Aceites y productos Comerciales			
Keroseno	+ 0.3	+ 0.1	+ 0.1
Lanolina	+ 1.0	+ 0.6	- 0.1
Aceite Lubricante Metadelfeno	+ 0.2	+ 0.2	0.0
Aceite Mineral	0.0	+ 0.4	+ 0.2
Aceite de Olivo	+ 0.5	+ 0.2	0.0
Aceite de Pino	+ 0.1	+ 0.1	0.0
Silicona 200 (Dow Corning)	- 0.2	+ 0.1	+ 0.1
Silicona 555 (Dow Corning)	+ 0.3	+ 0.2	0.0
Silicona 580 (Dow Corning)	+ 0.1	+ 0.2	0.0
2metil2,4pentanodiol	0.0	+ 0.1	0.0
	0.0	+ 0.1	+ 0.5
PROPELENTES			
Propelente 11	+ 1.9	+ 0.8	+ 0.2
Propelente 12	—	—	0.0
Propelente 114	+ 1.3	+ 0.5	+ 0.1
Propelente 152A	—	—	—
Propelente 142B	- 0.5	- 0.5	+ 0.5
Propelente 11/12	+ 1.1	+ 0.2	0.0
Propelente 12/114	+ 1.0	+ 0.6	+ 0.2
EMULSIFICANTES			
Erij 30	+ 0.4	+ 0.6	+ 0.2
Span 20 s.e	0.0	+ 0.6	+ 0.3
Span 85	- 0.1	+ 0.2	0.0
Tween 20	- 3.3	- 0.8	+ 0.1
Tween 85	- 7.2	- 3.0	- 1.0
Triethanolamina	+ 0.9	+ 1.2	- 0.8
Carbowax 400	+ 0.3	+ 0.7	+ 0.6
ESTERES			
Acetato de Atilo	- 0.1	+ 0.3	+ 0.4
Dibutil Pftalato	+ 0.1	+ 0.1	0.0
Dimetil Pftalato	0.0	+ 0.2	+ 0.7
Acetato de Etilo	- 40.1	- 21.1	- 9.4
Isopropil Miristato	+ 0.2	+ 0.1	- 0.1
Salicilato de Etilo	—	+ 0.7	- 0.9

Continúa

FIGURA 43 | Continuación

MATERIALES	3 meses	6 Meses	24 Meses
	4900	3800	2400
ALCOHOLAS			
Alcohol Bencílico	- 8.6	- 1.5	- 0.1
Etanol/H ₂ O (90/10)	-15.5	- 5.5	- 1.1
Propanol/H ₂ O (95/5)	- 7.3	- 2.8	- 0.5
Butanol/H ₂ O (95/5)	-25.9	- 8.8	- 1.7
POLIOLES			
Butilen Glicol	+ 1.1	+ 0.6	+ 0.4
Etilen Glicol	- 0.2	+ 0.4	+ 0.9
Propilen Glicol/ Etilen Glicol	—	- 3.7	- 1.5
Eucaliptol	+ 0.1	+ 0.3	+ 0.1
Glicerina	- 0.4	+ 0.1	+ 0.2
Hexilen Glicol	+ 2.0	+ 1.6	+ 1.5
Poli-etilen Glicol	+ 0.3	+ 0.8	+ 0.7
Propilen Glicol	+ 0.9	+ 0.8	+ 0.8
Tri-etilen Glicol	+ 0.8	+ 0.9	+ 0.8
AROMATICOS			
Benceno	+ 0.2	+ 0.7	—
Naftaleno	—	—	—
Tolueno	- 1.1	+ 0.2	—
COMPUESTOS ALIFATICOS			
CLORADOS			
Ortodiclorobenceno	- 2.5	0.0	+ 0.1
Cloruro de Etileno	—	—	—
Tetracloruro de	—	—	- 0.1
Cloroformo Carbono	—	—	—
Tricloroetileno	-56.6	-28.5	-13.8
Cloroetano	- 2.7	- 0.8	- 0.5
CETONAS			
Acetona	—	—	-12.4
Metil etil Cetona	-25.8	-10.1	- 3.3
Metil Isobutil Cetona	+ 0.7	+ 1.1	+ 1.3

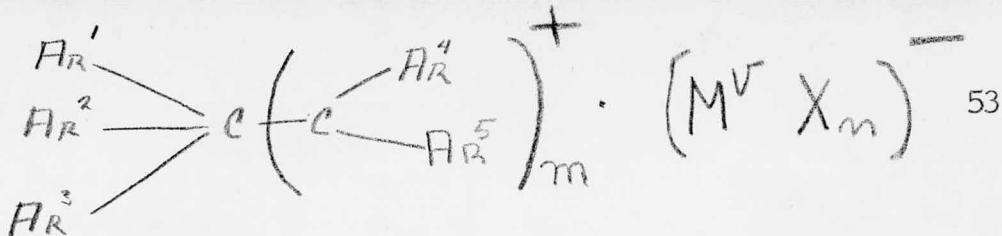
CAPITULO III

OBTENCION

El celcón es un copolímero de oximetileno que se obtiene mediante un proceso de polimerización catiónica. —

Los catalizadores de polimerización catiónica — utilizados para obtener el producto pueden ser de diversos tipos entre los cuales los siguientes son los más utilizados.

- a) Algunos halogenuros, tales como el tricloruro de fósforo, el tetracloruro de Zirconio, el cloruro férrico, el tetracloruro de titanio, el tricloruro de aluminio y otros, pero sobre todo el más utilizado de los catalizadores de este tipo es el trifluoruro de boro anhidro, monohidratado o trihidratado. En algunas ocasiones los compuestos citados anteriormente se usan mezclados en diferentes proporciones.
- b) Algunos compuestos orgánicos como los ácidos sulfónicos — entre los cuales el más utilizado es el ácido metano sulfónico.
- c) Catalizadores orgánicos cuya fórmula general es la representada por la fórmula I,



Fórmula I.

En la cual Ar^1 , Ar^2 , Ar^3 , Ar^4 , y Ar^5 representan un radical arilo que pueden ser iguales o diferentes, m es es un n° entero igual a 0 ó 1.

M representa un elemento no halógeno con un número atómico superior a 4.

V es la valencia del elemento representado por M

X representa un halogenuro y más particularmente un cloruro o un fluoruro.

n es un número entero igual a la valencia v — aumentada en una unidad. Los elementos representados por M en la fracción aniónica de la fórmula pueden ser por ejemplo:

Fracción aniónica	Elementos
-1	
MX_2	Au^+ Ag^+
-1	
MX_3	Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+}

MX₄⁻¹

In³⁺, Ti³⁺, Au³⁺, Fe³⁺, Cu³⁺, B³⁺, Al³⁺, Ga³⁺

MX₅⁻¹

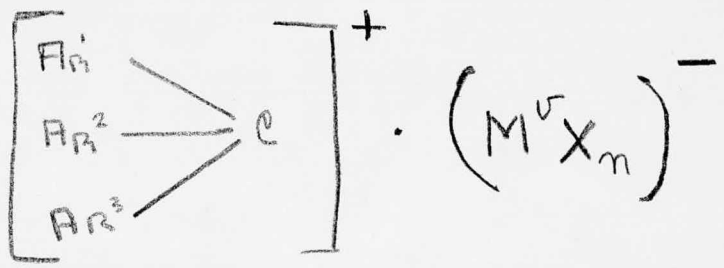
Sn⁴⁺, Zr⁴⁺, Hf⁴⁺

MX₆⁻¹

P⁵⁺, As⁵⁺, Sb⁵⁺, Bi⁵⁺, V⁵⁺, Nb⁵⁺, Ta⁵⁺

Los radicales arilos representados por Ar en la fórmula pueden ser radicales fenil o bifenil, aunque son radicales fenil de preferencia. Cuando el número entero representado por m en la fórmula I es igual a cero, la fórmula general I toma la apariencia de la fórmula II,

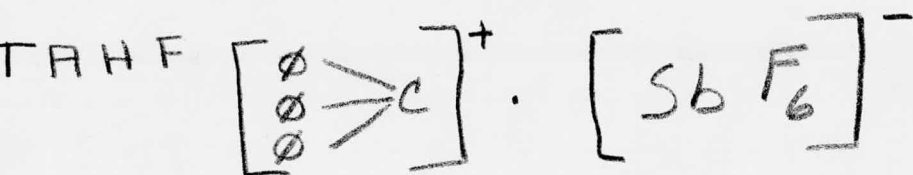
Fórmula II



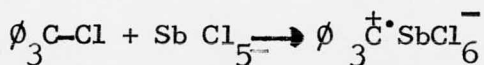
En donde todas las literales tienen el mismo significado que en la fórmula I.

De todos los elementos precitados, representados por M en las fórmulas I y II, los que mejores resultados han dado, son el fósforo, el arsénico, el antimonio y el bismuto pero particularmente el antimonio es el más aceptado de todos ellos.

Como puede apreciarse son muchas las combinaciones que podrían hacerse para obtener compuestos que cumplirían con las fórmulas generales I y II, pero de todas estas posibilidades los compuestos que han sido probados con los mejores resultados son el hexacloruro trifenilmetílico de antimonio (TAHC) y el hexafluoruro trifenilmetílico de antimonio (TAHF)



El método general de obtención de estos catalizadores aplicado al TAHC es el siguiente:



Es importante hacer notar que las propiedades físicas del producto tales como la estabilidad térmica, el peso molecular, la facilidad de moldeo, la colorabilidad y -- otras, varían en parte con las condiciones de operación para su preparación y especialmente con el catalizador utilizado.

También se ha observado que los catalizadores de fórmula general I son los que relativamente producen mayores rendimientos. Se ha observado también que una polimerización en marcha continua exige el empleo de mayores cantidades de catalizador, que una polimerización semi continua o -- por cargas.

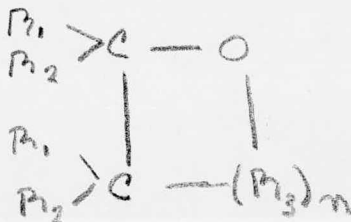
Los reactivos utilizados para la obtención del copolímero son:

A) Por una parte

El trioxano que es un trímero cíclico de formaldehído (aunque podría usarse formaldehído o cualquier otro compuesto susceptible de producirlo.

B) de Eteres cíclicos de fórmula general III,

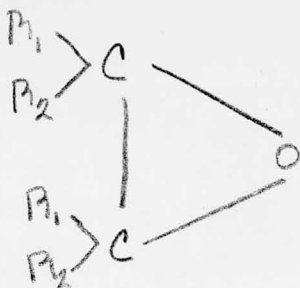
FORMULA III



Donde R_1 y R_2 son hidrógenos o algún otro grupo inerte o que no puede entrar en juego en las condiciones de reacción; n es un N^o. entero de 0 a 3.

R_3 puede ser un radical metileno u oximetileno con substitución halógena ó no.

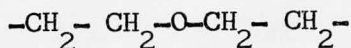
Cuando $N=0$, la fórmula general III se reduce a la fórmula IV



FORMULA IV

De la gran variedad de éteres que cumplen con la fórmula general III, el que ha sido utilizado con mejores resultados es el óxido de etileno.

Estos óxidos se adicionan a la cadena después de la ruptura de una unión carbono-oxígeno, donde R y R' son unidades divalentes alqueno o alqueno oxialqueno dependiendo del óxido cíclico usado, como por ejemplo.



y $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$; con o sin substitución halógena.

Los monómeros cargados en el recipiente de reacción deben estar libres de humedad, mientras más secos se encuentran los monómeros mejores son los resultados obtenidos, sin embargo una humedad normal introducida por el aire ambiental no daña substancialmente la producción de un copolímero con calidad comercial.

La reacción se efectúa en un reactor herméticamente cerrado, el catalizador se agrega disuelto en algún solvente, tal como cloruro de etileno o ciclohexano, el cual debe estar seco. La mezcla se mantiene bajo constante agitación y a una temperatura de 80 a 115°C.

Después de terminada la reacción es deseable neutralizar la actividad del catalizador ya que un contacto prolongado de este con el copolímero formado tiene tendencia a provocar la degradación de este último. Un lavado con una solución acuosa muy diluída de una sal básica como el carbonato de sodio, por ejemplo, ayuda a neutralizar la acción negativa que pudiera tener el catalizador y a eliminar el trióxano que no reaccionó.

Finalmente el producto debe ser estabilizado -- pues las extremidades de las cadenas del copolímero formado deben ser bloqueadas para evitar una posible descomposición de éste. El proceso de bloqueo, puede hacerse por ejemplo -- con una solución diluída de Na OH en agua, o metanol agua durante 40 a 60 min. y una temperatura entre 130 y 160°C. En este proceso de estabilización se registran algunas pérdidas en peso de copolímero formado, por la descomposición de algunas cadenas inestables.

CAPITULO IV.

MOLDEO

El copolímero puede ser moldeado por los métodos convencionales más usados, como son, el método de extrusión, el de soplado y el de inyección.

El método menos empleado en México es el de extrusión. El método de soplado se usa bastante en otros países sobre todo en los Estados Unidos pero en México se usa poco. El método más empleado es el de inyección el cual se ocupa aproximadamente en el 96 % de la producción de plásticos de ingeniería moldeados en nuestro país.

A continuación se describen los métodos de moldeo, tratando con más detalle aquellos que en nuestro país son de uso más importante y frecuente.

1.- MOLDEO POR EXTRUSION

Este proceso, es usado con los termoplásticos para hacer objetos tales como tubos, barras, películas, hojas láminas, filamentos, perfiles, mangueras y recubrir alambre. El material es alimentado en forma de gránulos sólidos desde una tolva a un cilindro calentado donde el material es —

completamente mezclado por un tornillo. Cuando se funde, es forzado a través de un dado configurado con la forma deseada. La forma final es enfriada por aire o agua y cortada en longitud o enrollada dependiendo de los requerimientos del artículo.

La extrusión se usa en la industria de los plásticos para fundir, mezclar, formar y solidificar un plástico a la configuración deseada en proceso continuo. Un formado posterior a la extrusión por estirado, prensado, embutido o maquinado puede ser también necesario.

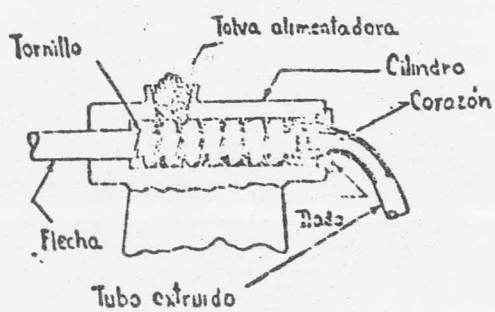
Además se producen por extrusión los tubos o "espaguetis" que se requieren para la operación de soplado, y las unidades de inyección que se usan en algunas máquinas que las requieren.

Los "extrusores" pueden ser de uno o varios tornillos, que deben estar suficientemente ventilados para la correcta eliminación de los materiales volátiles.

Particularmente todos los artículos fabricados por este proceso no tienen alternativa para fabricarse de otra manera, por lo que no tiene sentido relacionar las ventajas y desventajas que tiene este proceso respecto de otros.

Un diagrama de este proceso se muestra en la FIGURA 44.

FIGURA 44



2.- MOLDEO POR SOPLADO

En el moldeo por soplado de termoplásticos una cantidad medida de material fundido llamado "parison o espagueti" es alimentado dentro de un molde, ésta inyección puede ser llevada a cabo ya sea por un extrusor ó por un equipo de inyección, por lo que el moldeo por soplado puede dividirse en moldeo por soplado de inyección y moldeo por soplado de extrusión. Después de haber alimentado el "parison o espagueti", se inyecta aire a presión dentro del "espagueti" con lo cual se infla forzando el material hacia las paredes de la cavidad del molde. Cuando la parte se enfría toma su forma final. Este proceso es usado para producir piezas huecas.

El tubo fundido se llama "espagueti", término — utilizado en el soplado de vidrio. La principal característica del proceso de moldeo por soplado consiste en que los — objetos huecos, por ejemplo aquellos que tienen una entrada — menor a la dimensión mayor del artículo, pueden ser fabricados en una sola pieza. Es por eso que la mayoría de las botellas y objetos plásticos similares son moldeados por soplado.

Existen muchas combinaciones de equipo para el — moldeo por soplado basadas en la diferencia en funcionamiento de los componentes mecánicos que lo forman, pero básicamente consisten en una tolva de alimentación o un inyector — y un dado, que es donde se controlan las dimensiones del "espagueti" cuando es extruído o inyectado, aunque el proceso — de soplado de inyección es un poco diferente como veremos — más adelante.

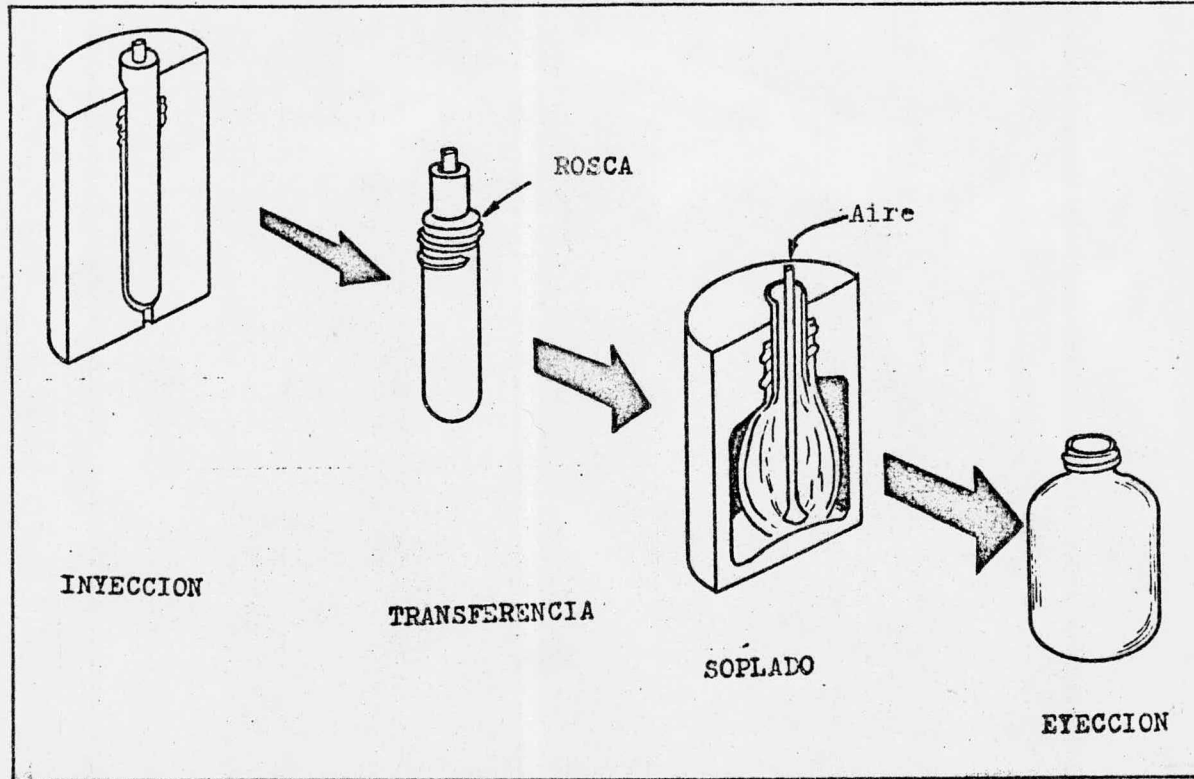
Son ejemplos típicos de productos soplados: Botellas, recipientes de riego, juguetes huecos, exhibidores de fruta, etc.

En general las ventajas que se obtienen en los métodos de moldeo por soplado son los bajos costos de material, producción y herramientas, aunque la inversión en equipo a veces es fuerte.

A.- Moldeo por soplado de inyección.

El moldeo por soplado de inyección es generalmente el menos usado de los métodos de moldeo por soplado ya que es el que requiere más alto costo de equipo y herramientas, y una baja velocidad de producción, aunque sea un método excelente para tener un buen control del grueso uniforme de las paredes y cuando se requiere una gran precisión en las partes roscadas de los recipientes; la FIGURA 45, representa el proceso del moldeo por soplado de inyección.

FIGURA 45. MOLDEO POR SOPLADO DE INYECCION

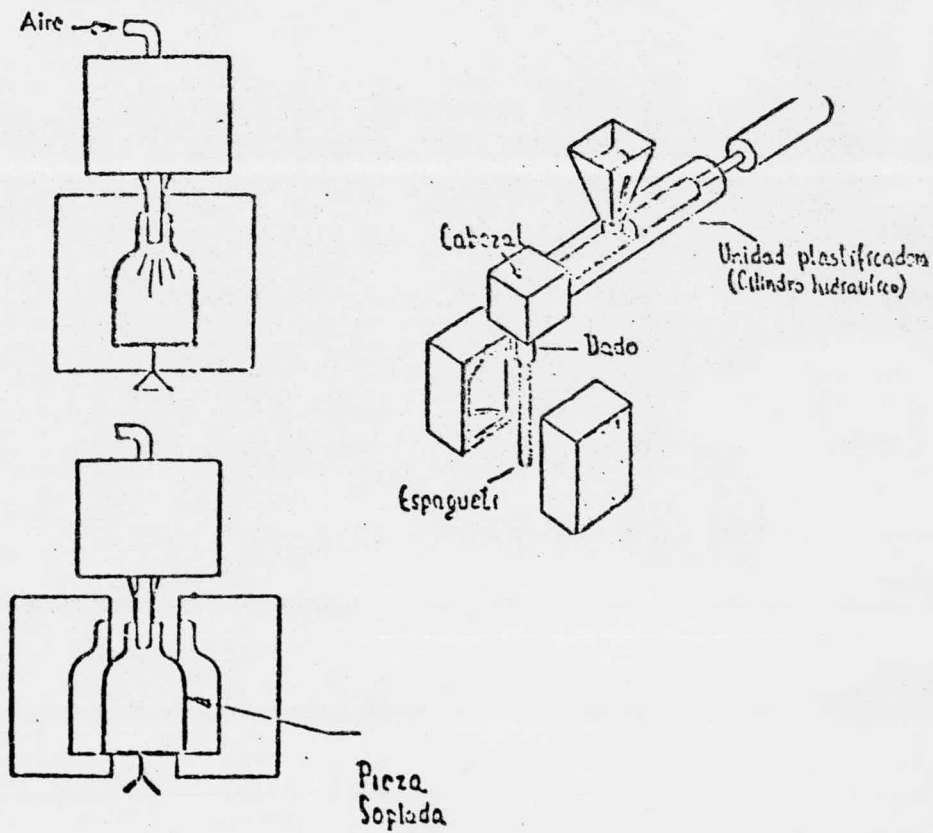
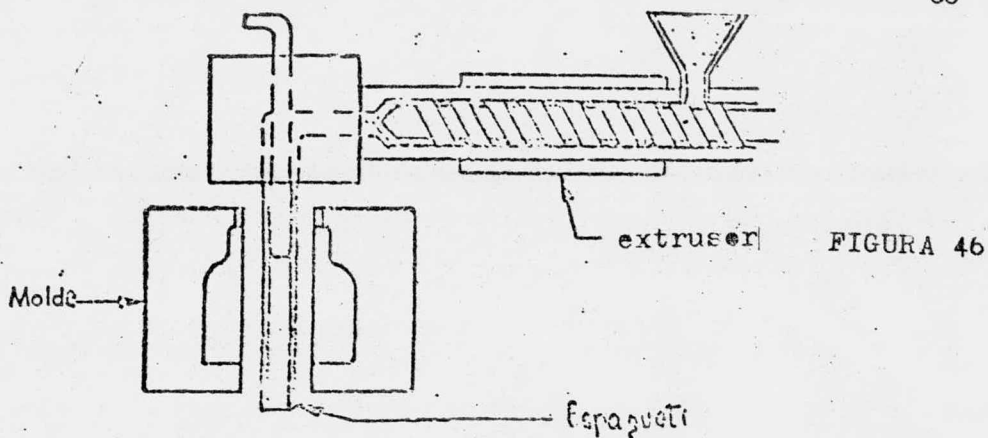


MOLDEO POR SOPLADO DE EXTRUSION

El moldeo por soplado de extrusión es el más usado de los métodos de moldeo por soplado ya que presenta una gran economía en los costos y pueden obtenerse grandes velocidades de producción, aunque presenta la desventaja de tener poca uniformidad en el control del grueso de las paredes de los recipientes; un diagrama general del proceso de moldeo por soplado de extrusión está representado en la FIGURA 46.

Existen diversos arreglos para el moldeo por soplado de extrusión. Los más comunes son: flujo alternado, flujo de extrusión continua, flujo de extrusión continua con multiestación rotacional y flujo mixto de extrusión con molde acumulador; estos métodos son mostrados en la FIGURA 47.

Este método de moldeo por soplado a pesar de sus grandes ventajas es aún muy poco usado en nuestro país.



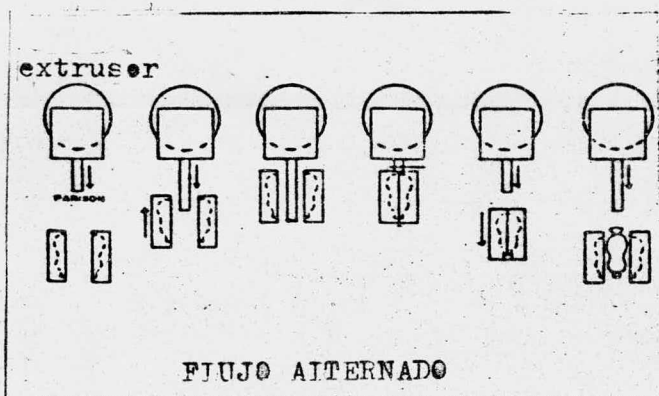
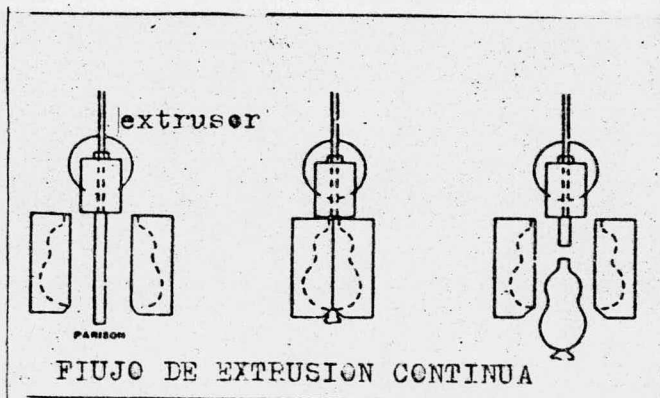
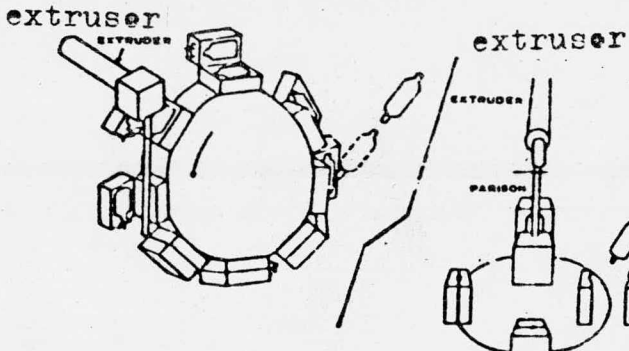


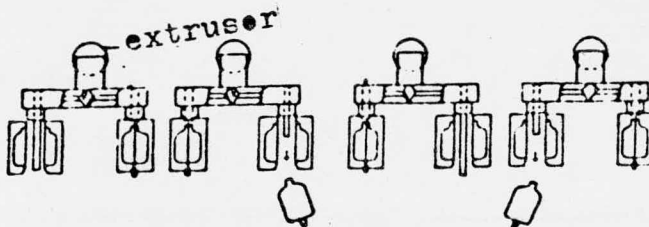
FIGURA 47





FIUJO DE EXTRUSION CONTINUA CON MULTI-
ESTACION ROTACIONAL

FIGURA 47
(continuación)



FIUJO MIXTO DE EXTRUSION CON MOLDE
ACUMULADOR

3.- MOLDEO POR INYECCION

Breve exposición del proceso de moldeo por inyección.

El moldeo por inyección es un proceso que básicamente consiste en hacer fluir un termoplástico térmicamente plastificado por el efecto de la presión ejercida por un émbolo.

El termoplástico es introducido por la presión ejercida por el émbolo dentro de un molde de tal manera que cuando el termoplástico se enfría y se endurece, al ser separado del molde toma la configuración de éste, por lo tanto es de esperarse que la configuración o forma de la pieza moldeada dependa enteramente de la forma o configuración del molde.

Los moldes tienen dos partes, la razón para ello, es que la pieza moldeada pueda sacarse cuando se haya enfriado.

En la FIGURA 48 se muestran dos diagramas con una pieza moldeada en su interior, en el diagrama A el molde está cerrado y en el diagrama B el molde está abierto.

Como ya habíamos dicho la forma de introducir — el material dentro del molde es inyectándolo por medio de un cilindro a través de una boquilla o tobera, la cual está fija en el extremo del cilindro (De aquí el nombre de moldeo por inyección). La FIGURA 49 muestra un diagrama de un molde — acoplado a la boquilla y el cilindro.

Generalmente la materia prima o sea el termoplástico se encuentra en forma de gránulos sólidos. Estos granulos sólidos caen de una tolva alimentadora y son empujados — dentro del cilindro por el pistón.

Al moverse el pistón hacia adelante se producen dos cosas: primero, empuje de la materia prima en forma de gránulos hacia el principio del cilindro y segundo, empuje — del material plastificado en el otro extremo del cilindro — hacia dentro del molde, de tal forma que en el cilindro a un mismo tiempo existe desde material completamente frío y sólido al final de la tolva alimentadora, hasta material plastificado al final de la boquilla.

La figura 51 muestra los pasos del moldeo por — Inyección .

La plastificación del material se logra comunmente calentando el cilindro por medios eléctricos y la temperatura es controlada por termostatos. El cilindro es calentado por resistencias en bandas alrededor de él, con lo que di-

FIGURA 48

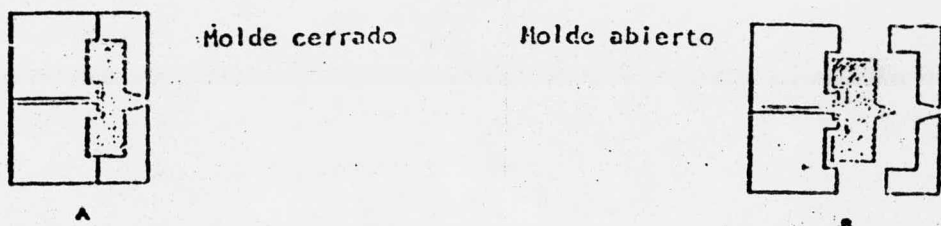


FIGURA 49

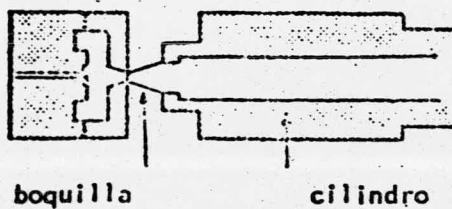


FIGURA 50

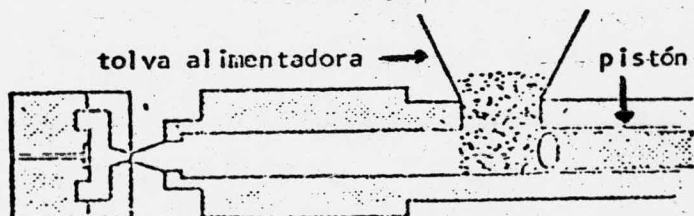
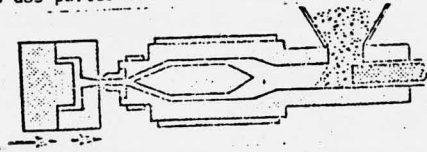


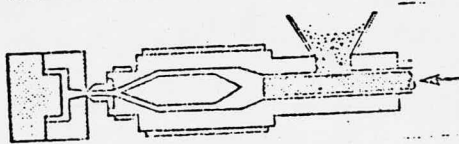
FIGURA 51

Nosotros lo hemos dividido en cinco diferentes pasos;

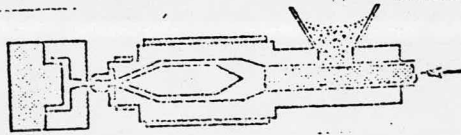
1er. paso: Las dos partes del molde se cierran



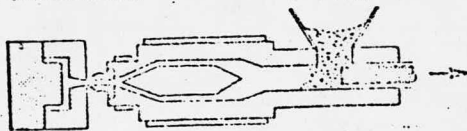
2o. paso: El Pistón se mueve hacia delante y empuja el material dentro del cilindro. Al mismo tiempo inyecta el material plastificado dentro del molde.



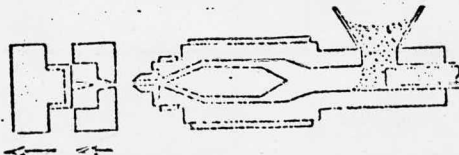
3er. paso: El Pistón permanece en esta posición por algún tiempo mientras se mantiene aún la presión a través de la boquilla. El material dentro del molde se está enfriando y solidificando.



4o. paso: El Pistón retrocede, pero el molde permanece cerrado. Una nueva cantidad de materia prima en gránulos cae desde la tolva alimentadora.



5o. paso: El molde se abre y las piezas moldeadas pueden ser extraídas.



El proceso está ahora listo para repetirse de nuevo.

ferentes secciones del cilindro pueden ser calentadas a diferentes temperaturas. El número de bandas calefactoras depende de la medida del cilindro.

Los plásticos son pobres conductores del calor.- En otras palabras, una gruesa masa de plástico en el cilindro llevará un largo tiempo en plastificarse.

Para acelerar la plastificación, la mayoría de los cilindros tienen un TORPEDO (o esparcidor) en el interior de ellos.

Cuando el material entra al cilindro, fluye por los delgados canales de cada lado del TORPEDO. Ver figura - 52.

Es muy importante asegurarse que se alimenta la cantidad correcta de material dentro del cilindro en cada ciclo. Si se alimenta insuficiente material las piezas estarán incompletas, por lo cual se debe colocar un aditamento de alimentación en la tolva, para regular que tanto entró al cilindro en cada ciclo. Algunos aditamentos controlan el peso del material y otros controlan el volúmen.

La cantidad máxima de un material específico que puede ser alimentado dentro de la máquina y eficientemente plastificado en cada desplazamiento del pistón, se conoce —

con el nombre de CAPACIDAD DE INYECCION con referencia a ese material. Se pueden obtener máquinas de moldeo por inyección con diferentes CAPACIDADES DE INYECCION que van desde 28 grs. hasta 25 kilogramos. Probablemente las máquinas más comunes son aquellas con capacidades de inyección entre 100 y 800 grs.

En algunas máquinas el émbolo puede tener la forma de un pistón roscado al cual se le denomina tornillo.

El tornillo empuja el material dentro del cilindro y efectúa un movimiento de rotación contra el material. El trabajo que efectúa al girar tornillo, es mezclar el plástico eficientemente y también calentarlo.

Este calor causado por la rotación del tornillo ayuda a plastificar el material.

Con un émbolo de tornillo, el material es plastificado por el calor proveniente de las bandas o resistencias caloríficas y por el calor que se produce del trabajo efectuado sobre el plástico por la rotación del tornillo. Con un émbolo de tornillo no se necesita un torpedo ya que existe bastante calor para plastificar el material.

Existen máquinas inyectoras en las que no es necesario un dispositivo de control en la tolva de alimenta-

ción, debido a que la máquina está diseñada de tal manera, - que cuando no hay material suficiente para llenar el molde, el tornillo deja de girar y retrocede para permitir la entrada de la cantidad adicional que se requiera para llenar correctamente el molde.

Hay dos consecuencias cuando se tiene una máquina de tornillo:

- a) El material es plastificado en forma más rápida completa y uniforme y no hay necesidad de tener un torpedo en el interior del cilindro.
- b) No se necesita ningún dispositivo de alimentación en la tolva.

En la figura 53 se muestra una máquina de pistón roscado o tornillo.

Mecanismo de cierre del Molde y Ventilación del mismo.

El mecanismo de cierre del molde puede ser operado en forma mecánica o en forma hidráulica. En la FIGURA 54 un pistón operado en un cilindro alimentado con aceite bajo presión, empuja la parte móvil del molde hasta cerrarla fuertemente.

Sin embargo, las partes del molde no deben estar tan fuertemente ajustadas que el aire no pueda escapar. Si el aire es atrapado dentro del molde, se calentará por la compresión y causará marcas oscuras (quemaduras) en la pieza moldeada. Para permitir que el aire escape del molde

cuando

FIGURA 52
TORPEDO

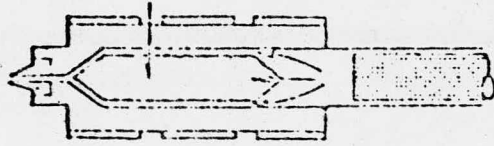


FIGURA 53
Pistón roscado (husillo)

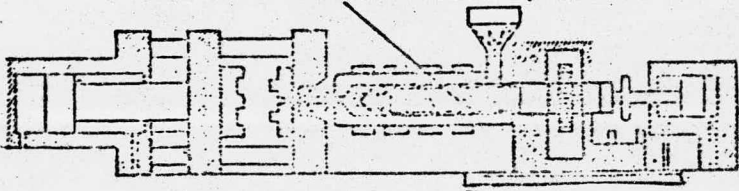
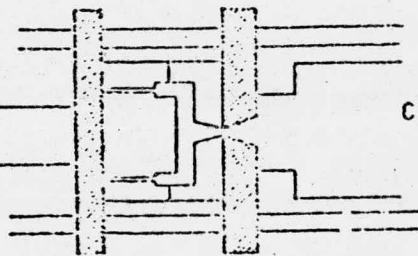


FIGURA 54

Mecanismo de cierre
del molde

Aceite bajo presión



Cilindro

se inyecta el plástico fundido se hacen unas pequeñas salidas que se denominan VENTILACION DEL MOLDE.

LA BOQUILLA

La boquilla ajusta contra un barreno o agujero correspondiente en el molde el cual es llamado PORTACOLADA. (FIGURA 55)

Quando la pieza moldeada es extraída del molde, el material plástico en el bebedero se habrá endurecido como la masa de la pieza moldeada y se podrá extraer junto con ésta. Esta parte sólida del plástico es llamada la COLADA. FIGURA 56.

Algunos plásticos fluyen muy fácilmente cuando son calentados. Quando un plástico de éstos está siendo moldeado, algún material fundido podría chorrear de la boquilla cuando el molde está abierto. Existen dos dispositivos que son usados para prevenir esto. Uno es una válvula de cierre automático en la boquilla, la otra posibilidad es que la boquilla pueda tener una CONOCIDAD INVERTIDA COMO SE VE EN LA FIGURA 57.

El propósito de la Conicidad invertida, es prevenir el goteo o chorreo de la boquilla.

Existen moldes de cavidades múltiples de tal manera que varias piezas moldeadas pueden ser inyectadas a la vez. Cuando el molde es de cavidades múltiples, debe haber una forma de distribuir el material desde el bebedero a las diferentes cavidades en el molde. Esto se logra con la Mazarota y los canales en el molde llamados Venas de Inyección.

Como en el bebedero, el material en las venas se endurece y se debe desprender fácilmente de la pieza moldeada.

En la FIGURA 58 se muestra un diagrama de piezas moldeadas en un molde de cavidades múltiples:

Tanto el bebedero como las venas deben ser diseñadas para permitir que el material plastificado fluya a través de ellos suavemente. Los canales o venas no deben ser demasiado largos. Dado que el material fluye a través de las venas, el flujo se reduce mientras la presión decrece. Por ello, bastante material no puede alcanzar la cavidad si las venas son demasiado largas o demasiado delgadas.

La mejor distribución en las cavidades de un molde es aquella en la cual la distancia de la mazarota a las cavidades del molde es constante, lo cual permite que las cavidades se llenen al mismo tiempo. Ver FIGURA 59.

FIGURA 55

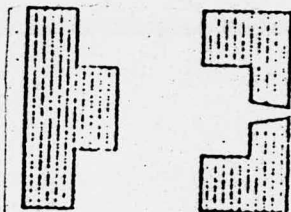


FIGURA 56

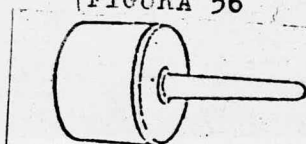
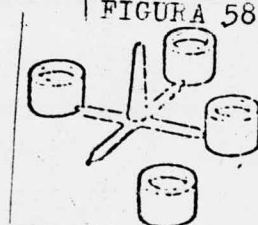


FIGURA 57



FIGURA 58



Esta figura muestra dos disposiciones diferentes para un molde de ocho cavidades, la figura A es incorrecta, pues no presenta distancias constantes a la mazarota y el llenado de las cavidades no será uniforme lo que ocurrirá en la parte B de la figura.

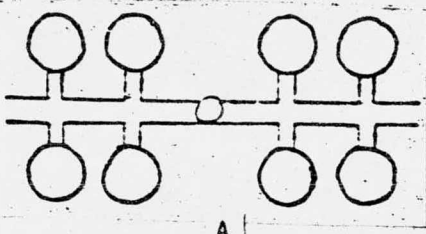
El diseño de las mazarotas, los canales y los puntos de inyección es muy importante y fundamental ya que un mal dimensionamiento puede presentar fallas en la pieza tales como hendiduras, huecos y tensiones internas. Este dimensionamiento se debe llevar a cabo tomando en cuenta el tiempo de enfriamiento del material. Es sumamente fácil diseñar las dimensiones de la mazarota, los canales y puntos de inyección conociendo el espesor de la pieza, aplicando las siguientes reglas:

Primera.- El punto de inyección no deberá solidificar antes de que la pieza esté bien llena.

Segundo.- El canal deberá solidificarse después del punto de inyección.

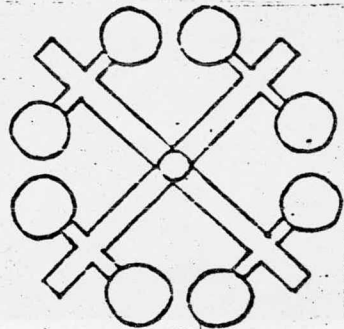
Tercera.- La mazarota solidificará después de los canales y el punto de inyección, es decir la inyectada deberá solidificar de dentro hacia afuera.

Se ha observado por medio de la experiencia que un punto de inyección que esté comprendido entre un medio y dos tercios del espesor de la pieza resulta satisfactorio. En la FIGURA 60 se puede observar la manera de proceder para dimensionar canales, mazarota y puntos de inyección conociendo el espesor de la pieza.



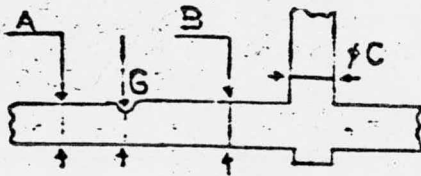
A

FIGURA 59



B

FIGURA 60



$$\frac{1}{2}A < G < \frac{2}{3}A$$

PUNTO
DE
INYECCIÓN

$B > A$ CANAL

$C > B > A$ MAZAROTA

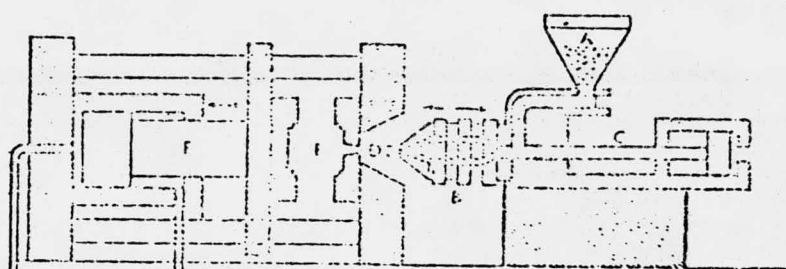
A = Espesor de la pieza

B = Espesor del canal

C = Espesor de la mazarota.

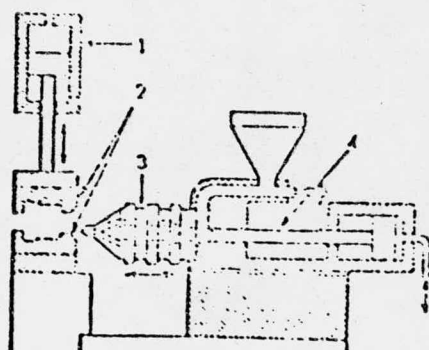
G = Espesor del punto de inyección.

FIGURA 65



- A. Tolva alimentadora
- B. Cilindro
- C. Pistón ó émbolo
- D. Boquilla
- E. Las dos partes del molde
- F. Mecanismo de cierre del molde

FIGURA 66



- 1. Mecanismo de cierre del molde
- 2. Partes del molde
- 3. El cilindro
- 4. El pistón ó émbolo

La FIGURA 61 muestra un diagrama de tipo de inyección directa.

La FIGURA 62 muestra dos tipos de punto de inyección comunmente usados.

El uso de cualquiera de estos puntos depende de la geometría general de la pieza; es importante tomar en consideración que las dimensiones del puntos de inyección determinan la velocidad del llenado de la pieza.

Los puntos de inyección submarino se recomiendan generalmente cuando una operación de post-moldeo haría la pieza incosteable. Generalmente se usa en piezas muy pequeñas. La FIGURA 63 muestra un punto de inyección de tipo submarino.

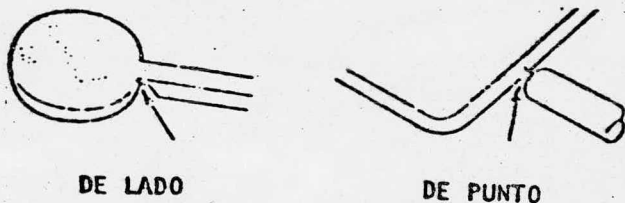
Los puntos de inyección en abanico o cola de pez son empleados para piezas anchas y delgadas de las cuales no se puede preveer una inyección central.

Los puntos de inyección en diafragma constituyen la mejor solución para moldear piezas cilindricas o redondas como engranajes, ruedas, etc.

FIGURA 61



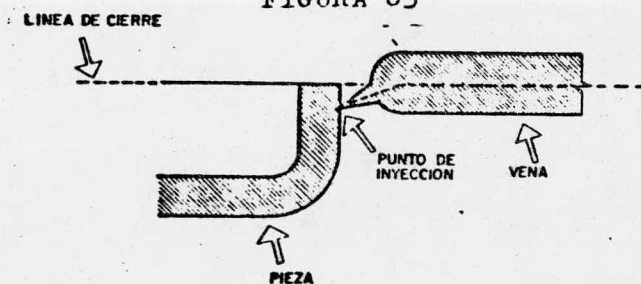
FIGURA 62



DE LADO

DE PUNTO

FIGURA 63



LINEA DE CIERRE

PUNTO DE INYECCION

VENA

PIEZA

FIGURA 64



DE ABANICO



DE ANILLO



DE LENGUETA

Los puntos de inyección anulares o de anillo se emplean sobre todo para piezas cilíndricas. La FIGURA 64 — muestra diferentes tipos de punto de inyección.

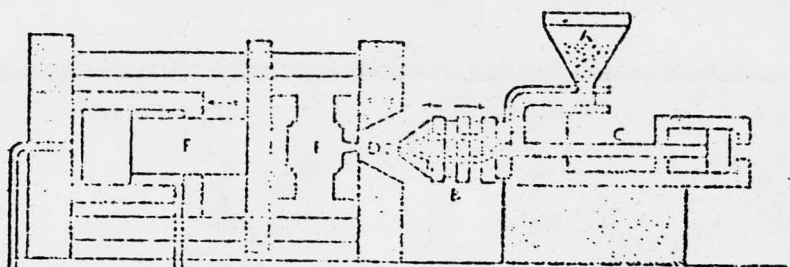
TEMPERATURA DEL MOLDE

El material plastificado debe enfriarse en el molde por lo cual la temperatura del mismo debe ser menor — que la temperatura del material plastificado; esto no quiere decir que forzosamente el molde requiera de un sistema de en friamiento.

La temperatura del molde juega un papel muy im— portante en la conservación de las dimensiones de la pieza — moldeada, por lo que es sumamente importante mantener una — temperatura adecuada y constante cuando así se requiere. Las condiciones de moldeo para el copolímero de acetal son men— cionadas más adelante.

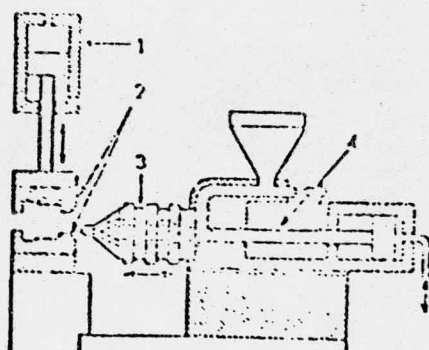
En las FIGURAS 65 a y 66 se muestran dos tipos de máquinas de moldeo por inyección con diferente mecanismo de cierre de molde. La FIGURA 65 muestra un mecanismo de en cierre horizontal y la FIGURA 66 un mecanismo de cierre de molde vertical.

FIGURA 65



- A. Tolva alimentadora
- B. Cilindro
- C. Pistón ó émbolo
- D. Bequilla
- E. Las dos partes del molde
- F. Mecanismo de cierre del molde

FIGURA 66



- 1. Mecanismo de cierre del molde
- 2. Partes del molde
- 3. El cilindro
- 4. El pistón ó émbolo

MECANISMO DE EXPULSION DE LA PIEZA MOLDEADA

Recordemos que al final del ciclo de moldeo, el molde abre para permitir que la pieza moldeada sea extraída. Actualmente en la mayoría de las máquinas, la pieza moldeada es extraída automáticamente. Hay varias formas de expulsar la pieza moldeada, por ejemplo: Un perno expulsor o pernos pueden usarse para ello. Ver FIGURA 67.

Cuando el molde abre, los pernos expulsores se mueven hacia adelante y empujan la pieza moldeada hacia fuera.

Hay muchas formas de extraer la pieza moldada, usualmente el método más simple es escogido de tal manera que no la dañe ni la marque.

Después de que la pieza moldeada ha sido extraída, el bebedero y las venas son separadas en el punto de inyección. Normalmente el bebedero y las venas son molidas y usadas de nuevo al ser alimentadas a la tolva junto con material virgen. Maniobra solo posible con TERMOPLASTICOS los que pueden ser procesados una y otra vez.

Los moldes con VENAS CALIENTES Son muy usados. En esta técnica, las venas son calentadas de tal manera que el material en las venas esté siempre fundido o reblandecido.

Si se usan venas calientes, cuando el molde — abre las piezas moldeadas se desprenden en el punto de inyección y no se desprenden las venas. Las venas permanecen llenas de plástico listo para la siguiente inyección.

Con esta técnica se evita tener que moler la — colada o sea el material del bebedero y las venas.

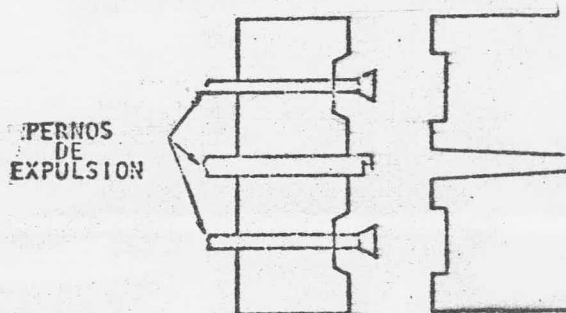
Recordaremos que las dos partes del molde tienen que ser cerradas fuertemente para soportar la alta presión de inyección.

Esto significa que el molde en sí, debe estar hecho de un material que pueda soportar una gran presión. — Los moldes son usualmente maquinados de acero de la más alta calidad y posteriormente endurecidos.

Debido a que hay muchos factores que deben ser tomados en cuenta para diseñar un molde, el costo de los — mismos es muy alto.

Por lo que el moldeo por inyección solo es un proceso económico si el molde se va a ocupar para producir — un gran número de piezas

FIGURA 67



4.- CARACTERISTICAS DEL MOLDEO POR INYECCION - DEL COPOLIMERO DE ACETAL.

Material Recuperado (Molido).

El copolímero puede reprocesarse más veces que la mayoría de los materiales, sin cambios significativos en sus características de procesamiento y sus propiedades físicas. Después de varios reprocesos especialmente si se emplean altas temperaturas el material se oscurece y eventualmente llega a tornarse café. El remoldeo puede continuar hasta que la coloración rebasa los límites de apariencia tolerable. Las propiedades físicas como resistencia a la tensión, elongación, rigidez, etc; permanecen sin cambios ver FIGURA 68. Limitando a 25 % la incorporación del material molido, se ayuda a obtener uniformidad en el color por lo que se recomienda utilizar esta proporción.

COMO SELECCIONAR LA INYECTORA

Los factores más importantes que debemos tomar en cuenta para escoger la inyectora adecuada son los siguientes:

1.- Peso de la Inyección

FIGURA 68

EFFECTO DEL REPROCESO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL CELCON

<u>PROPIEDADES A LA TENSION</u>	1er. MOLDEO	5o. MOLDEO
RESISTENCIA A LA DEFORMACION PERMANENTE	Kg/cm^2 620	590
ELONGACION EN EL PUNTO DE DEFORMACION PERMANENTE	o/o 12	12
MODULO DE TENSION	$\text{Kg/cm}^2 \times 10^{-6}$ 2.6	2.5
RESISTENCIA A LA RUPTURA	Kg/cm^2 560	535
ELONGACION A LA RUPTURA	o/o 60	60
<u>RESISTENCIA A LA FLEXION, 5 o/o</u>	Kg/cm^2 910	910
<u>MODULO DE FLEXION</u>	$\text{Kg/cm}^2 \times 10^{-6}$ 2.6	2.6
<u>RESISTENCIA AL IMPACTO, IZOD RANURADO</u>	Kg-m/cm	
23°C 50 o/o H. R.	.19	.19
-40°C	.16	.16
<u>PUNTO DE REBLANDECIMIENTO VICAT</u>	71°C	71°C

2.- Tiempo de ciclo

3.- Máquinas disponibles (condición actual y capacidad)

Para piezas grandes o para ciclos rápidos, la máquina deberá ser capaz de plastificar suficiente material. Contrariamente para piezas pequeñas o para piezas con ciclo largo, la máquina no deberá ser muy grande para evitar mucho tiempo de residencia de plástico en la cámara.

Debido a que no existen muchos tipos de maquinaria de diferentes características, no es posible generalizar respecto a las capacidades de inyección y a su velocidad de plastificación. Para el moldeo del producto el peso de la pieza deberá ser entre el 50 y el 75% de la capacidad de la máquina. Sin embargo, en máquinas con aditamentos para incrementar capacidad se pueden inyectar piezas del mismo peso o mayores a las de capacidad nominal de la inyectora, siempre que la velocidad de plastificación sea adecuada.

El calentamiento del cilindro y los circuitos hidráulicos pierden eficiencia al paso del tiempo de donde se pueden prever bajas capacidades de plastificación y menos dosificación por golpe en máquinas viejas.

La presión de cierre de la máquina debe ser suficiente para evitar que el molde se abra al momento de aplicar

carse la máxima presión de inyección sobre el material. La mayoría de las inyectoras comerciales de uso normal están di señadas para dar de 2 a $2\frac{1}{2}$ toneladas de fuerza de cierre — por pulgada cuadrada del área del molde. Presiones de cierre de esta magnitud resultan adecuadas para el moldeo del — copolímero.

Diseño del Tornillo en Inyectoras de éste tipo.

El diseño del tornillo no es importante excepto cuando la inyectora opera arriba del 50% de la capacidad. Arriba de este punto el diseño del tornillo se hace cada vez más importante. En el moldeo del material las características más importantes del tornillo son:

- 1.- Debe tener varias vueltas de profundidad — constante en la punta.
- 2.- Una relación relativamente alta de largo — a diámetro (L/D con un mínimo de 15:1 aproximadamente), que permita residencia adecuada del material en el cilindro.
- 3.- Una relación de compresión alta (3:1 Min.) que asegure buen trabajo mecánico.

- 4.- La profundidad constante de las vueltas en la punta no debe ser mayor de 0.325 cm. para evitar que se deposite en éstas material no fundido.
- 5.- Una válvula de retención del flujo (check) en la nariz. Esto es más importante cuando las temperaturas usadas son sobre 218 grados centígrados.

BOQUILLAS:

Las boquillas más adecuadas para trabajar con el copolímero de acetal son aquellas que presentan una mínima resistencia al flujo.

Sin embargo para trabajar a altas temperaturas es adecuado usar boquillas como las que se usan para procesar nylon, las cuales por tener una conicidad invertida en el orificio evitan el escurrimiento; la conicidad más adecuada en las boquillas para procesar el copolímero es de 2° a 3° con el ángulo incluido.

La temperatura de las boquillas debe controlarse de tal manera, que no permita ni el endurecimiento del material, ni el escurrimiento de éste. Para lograr esto es conveniente usar resistencias de banda con control independiente de temperatura.

M O L D E S

CONSTRUCCION Y MATERIALES.- El bastidor del molde debe ser lo suficientemente grande y robusto para soportar adecuadamente las cavidades que llevará y tener suficiente espacio para los canales de agua. Todos los principios generales para el buen diseño y construcción de moldes, se deben aplicar a los moldes para el copolímero. Las cavidades (hembras) y corazones (machos), maquinados de aleaciones de acero al carbón o aceros para herramientas endurecidos al aceite y con una dureza final Rockwell c 58-60, prestan larga vida y sin problema.

Las aleaciones pueden ser consideradas también para adaptarse a las condiciones de moldeo. Los diferentes elementos que se agrupan Cr, Mn, V, Mo, influyen en las propiedades del acero en lo que respecta a resistencia mecánica, dureza y conductividad térmica. Es recomendable usar aceros que puedan ser templados, ya que las altas presiones de trabajo exigen gran resistencia mecánica. Por otro lado, la poca conductividad térmica de estos es una propiedad excelente para conservar la temperatura de los moldes y al mismo tiempo se elimina el riesgo de corrosión en moldes mal ventilados.

En los moldes de multicavidades, en los que la ventilación del molde presenta dificultad, es adecuado fabricar el molde con una aleación de 97.5% de cobre y 2.5% de berilio.

El producto se puede moldear en molde con botador de 2 y 3 placas, así como en la colada caliente.

ACABADO.- Es recomendable que todas las superficies en contacto con el plástico estén bien pulidas. Esto facilita el flujo y da buen acabado a las piezas inyectadas.

Para conservar el pulido del molde se recomienda cromarlo (.0012 a .0025 cm.es suficiente), lo cual no es necesario para extraer la pieza, ya que este material es autolubrificante. Además de que se enfría rápidamente tiene un bajo coeficiente de fricción y despliega una gran rigidez aún caliente.

En dado caso de que de alguna forma se atasque existen en el mercado algunos agentes aflojantes.

MANTENIMIENTO DEL MOLDE.- generalmente los moldes para el copolímero de acetal no requieren cuidados diferentes que los demás moldes para termoplásticos de ingeniería. En el caso de que se les vaya a tener por un período largo en almacenamiento, es adecuado limpiarlos bien y enjuagarlos con algún agente antioxidante.

VENAS DE INYECCION.- Para fácil llenado a temperatura y presión mínimas, la longitud de las venas y las boquillas debe ser lo más corta posible y de sección recta -

adecuada. Son preferibles las venas completas de sección — circular (caña completa) fluctuando de .5 cm. de diámetro, para partes pequeñas con trayectos cortos, de .1cm. de diámetro para piezas grandes con trayectos largos. También se han obtenido buenos resultados con venas circulares de media caña o de sección recta trapezoidal. Los cuales, debido a que — la resina prácticamente no corre en las paredes, llega a solidificarse y la sección trapezoidal se convierte en una sección circular.

Se recomienda evitar cambios bruscos en la dirección del flujo. Para moldes sin colada, ya sean de colada caliente o del tipo de aislamiento térmico, la principal consideración debe ser evitar puntos muertos en donde el material se acumule sin fluir y por consiguiente se degrade.

PUNTOS DE INYECCION.— El producto se moldea — con buenos resultados a través de puntos de inyección con diversas configuraciones, incluyendo puntos de inyección submarinos.

Los puntos de inyección rectangulares son generalmente los más adecuados para piezas con el punto de inyección localizado en el borde, ya que son fáciles de maquinar a dimensiones exactas y con ello se consigue más rápidamente el balanceo en moldes de muchas cavidades.

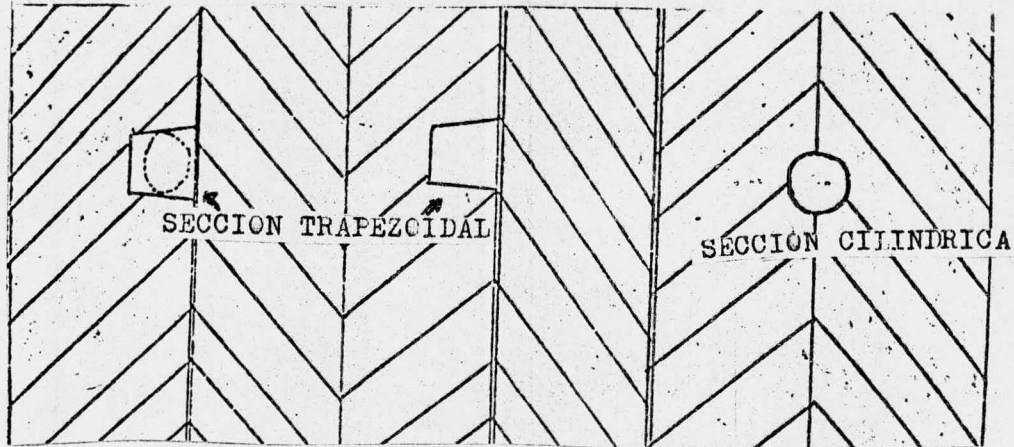
Sin embargo es recomendable que los puntos de inyección rectangulares no sean menores de 0.75 cms.

En general se recomiendan longitudes cercanas a .10 x .15 cms. para el punto de inyección. Los puntos -- submarinos se han empleado con éxito en el moldeo del pro-- ducto. Por ejemplo: se han podido moldear abrazaderas pa-- ra la guarnición de vestiduras de automoviles en moldes de 100 cavidades, con este tipo de puntos de inyección. Las - dimensiones de estos puntos que se han comportado satisfac-- toriamente varían entre .075 y .15 cms. Ver FIGURA 69

CANALES DE AGUA.-- Se deben abrir canales de agua tan grandes como sea posible (al menos 1.4 cms. de diá-- metro) a través del molde. Para asegurar una transferencia de calor uniforme, esto facilita el llenado del molde y ayu-- da a conseguir ciclos óptimos con buen acabado con las pie-- zas. La uniformidad de temperatura, tanto en los corazones como en las cavidades, ayuda a prevenir distorsiones. Este aspecto es muy importante y una vez que se han proyectado - las cavidades, la boquilla y las venas de inyección, sigue en importancia la incorporación de canales efectivos, lo -- cual antecede a la localización de los botadores, tornillos de sujeción y pernos guías.

VENTILACION.-- La ventilación del molde es ne-- cesaria, para permitir la salida del aire y los gases que - se forman a medida que entra el plástico fundido a la cavi-- dad. Una ventilación inadecuada, dificulta el llenado del - molde y en ocasiones el llenado completo de una cavidad resul-- ta imposible debido a una ventilación inadecuada.

FIGURA 69



Las salidas del aire usualmente son surcos de .004 a .005 cms de profundidad x 0.3 cm de ancho sobre la línea de cierre del molde, desde la cavidad del molde hasta la parte exterior del mismo. Para asegurar la salida sin obstrucción se acostumbra profundizar la salida comenzando a 0.25 ó .2 cms de la cavidad hasta su salida al exterior.

Las salidas de aire, normalmente se localizan en los lugares más alejados del punto de inyección, así como en los lugares dónde puede quedar aire atrapado. Los botadores en cavidades con depresiones son también efectivos en la ventilación de esas áreas.

PRUEBAS DE VENTILACION.-- Una prueba sencilla y efectiva para conocer la eficiencia del molde consiste en rociar keroseno dentro del molde acompañado de un preventivo de herrumbre; si el molde no está correctamente ventilado, se quemarán pequeñas cantidades de keroseno en el molde correctamente ventilado, dejando manchas negras en dónde el aire es atrapado, lo que indica las posibles fallas de ventilación a corregir. Si el molde está bien ventilado el keroseno escapa sin dejar quemaduras.

AISLAMIENTO TERMICO DEL MOLDE.-- Es muy probable que una gran cantidad de calor se pierda por transmisión a través del molde en la operación de inyección debido a la conductividad térmica del metal. Esto provoca que se lleve un tiempo muy prolongado en llegar a la temperatura requerida por el molde, al mismo tiempo, las tolerancias de las pie

zas podrían verse afectadas por las variaciones de la temperatura durante la producción. Una buena solución es colocar entre el molde y la máquina una placa aislante que puede obtenerse en el comercio y están constituidas generalmente de asbesto laminado con resinas fenólicas.

INTERVALO DE ENCOGIMIENTO.— El encogimiento se ve afectado por varios factores: Propiedades térmicas de las resinas, intervalo de temperatura en el que enfría el plástico, velocidad de enfriamiento, diseño de la parte y el molde, y condiciones de moldeo. Ya que varios factores influyen simultáneamente, es difícil predecir con precisión cual será el encogimiento.

El encogimiento promedio que se ha observado para diversas piezas del producto es de 0.022 cms x cm.

En las figuras 70 a 72, se muestran ejemplos de encogimiento en varias piezas junto con las variables que lo modifican.

REVENIDO.— El revenido es una operación que consiste en introducir las piezas en un horno con circulación de aire, o en aceite caliente, con el fin de estabilizar las dimensiones al acelerar la eliminación de esfuerzos en la pieza.

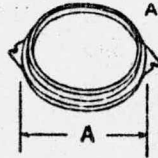
FIGURA 70

ENCOGIMIENTO REGULAR DE LAS PIEZAS

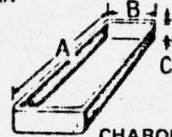
CASQUILLO



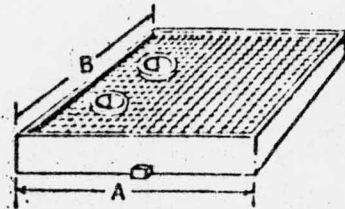
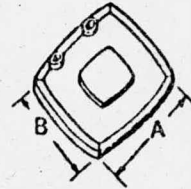
ANILLO MERRIMAN



CHAROLA

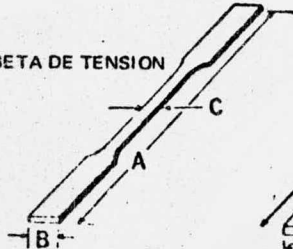


CARATULA DE RELOJ

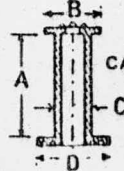


GABINETE DE RADIO

PROBETA DE TENSION



CARRETE



PLACA

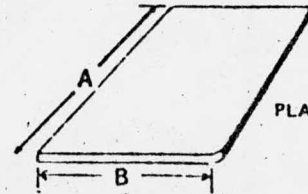
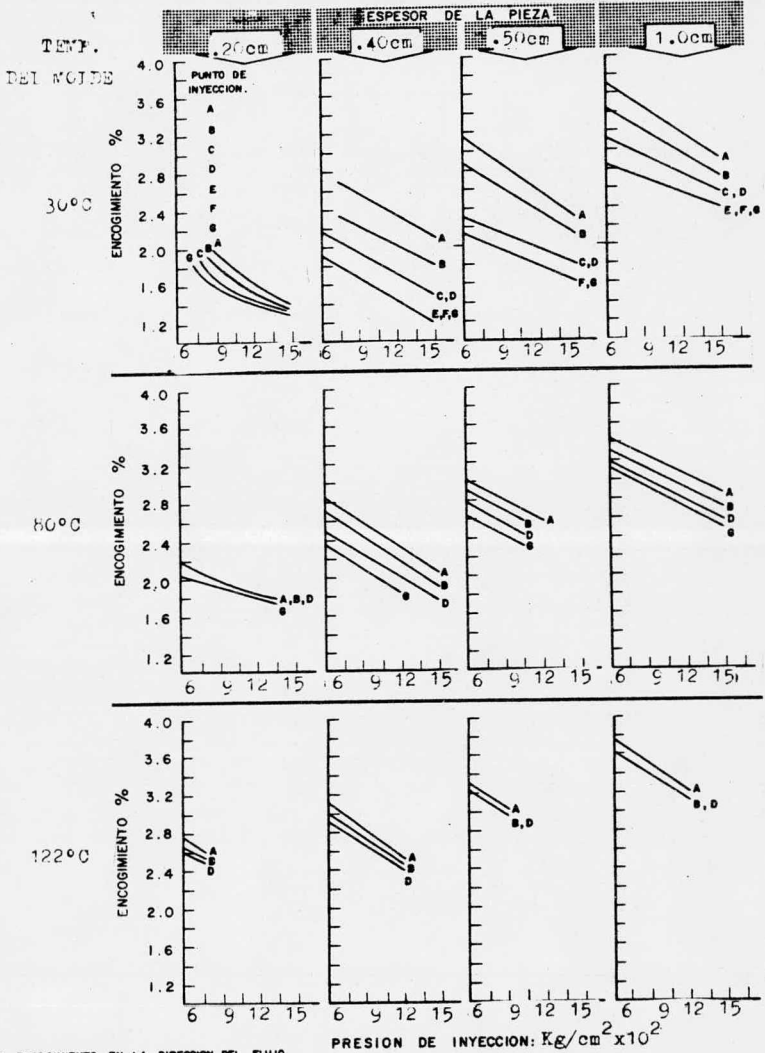


FIGURA 71

NOMBRE DE LA PIEZA	CONDICIONES DE MOLDEO		DIMENSIONES	ENCOGIMIENTO	FUNTO DE INYECCION
	TEMPERATURA DEL MATERIAL °C	TEMP. DEL MOLDE, °C	CENTIMETROS	cm/cm	
Cosquillo	193	93	A 2.0 B 4.76 C 0.450 D. (orificio interno)	0.020 0.037 0.022	Uno en el labio inferior
Anillo Merriman	215	88	A 15	0.025	Uno en el borde interno
Gabinete de radio	210	98	A 12.5 B 13.0 (espesor 0.082)	0.019 0.020	Uno en la oreja lateral
Carrete	215	105	A 25.0 B 12.6 C 7.5 D 16.0 (espesor 0.026)	0.026 0.028 0.028 0.030	Radial en la parte superior
Charola	205	105	A 30.0 B 17.5 C 5.0 (espesor 0.070)	0.020 0.023 0.022	Tres sobre la línea central inferior
Cartula de Reloj	193	110	A 15.0 B 12.6 (espesor 0.100)	0.027 0.029	Uno sobre el filo inferior, opuesto a los orificios
Probeta de tensión	205	88	A 20.4 B 1.8 C 1.25 (espesor 0.128)	0.026 0.020 0.019	Uno en una esquina
Pieza	205	93	A 12.5 B 7.5 (espesor 0.128)	0.019 0.017	Uno en una esquina

FIGURA 72

EFFECTO DE LAS CONDICIONES DE OPERACION Y EL ESPESOR DE LA PIEZA SOBRE EL ENCOGIMIENTO. (X')



(X') ENCOGIMIENTO EN LA DIRECCION DEL FLUJO.
TEMPERATURA DEL MATERIAL. (100° - 205°C).

DISPOSICIONES PARA EL REVENIDO.— La decisión de realizar o no el revenido sobre una pieza moldeada, debe llevarse a cabo cuando el molde está siendo planeado. Ya que la operación de revenido produce una inmediata reducción de dimensiones en la pieza moldeada, se deben dar las tolerancias adecuadas en el tamaño de las cavidades.

En la FIGURA 73 se presentan valores de encogimiento antes y después del revenido de barras con .34 y 1.27 cms de grueso de pared, moldeadas a 93°C y revénido por 15 minutos en aceite a 152°C. Las barras de ambos espesores tenían 1.27 cms de ancho y 12.7 cms de largo, con el punto de inyección en un extremo.

EQUIPO AUXILIAR.

Secadores.— El material se puede secar en hornos con circulación de aire o en secadores de tolva. Para el secado en hornos, se debe colocar el material en charolas en capas uniformes no mayores de una pulgada de espesor, permaneciendo por tres o cuatro horas en el horno entre 77 y 94°C No es recomendable secar diferentes materiales en el mismo horno a un tiempo. Con secadores de tolva se debe acondicionar una carga a 82°C con una hora de anticipación al modeo, mateniéndose la temperatura durante el moldeo.

El producto almacenado adecuadamente puede moldearse sin previo secado, pero cuando ha estado expuesto a

FIGURA 73

ENCOGIMIENTO ANTES Y DESPUES DEL REVENIDO, o/o				
	PARED DE .625 CM		PARED DE 1.25 CM.	
	LONGITUDINAL	TRANSVERSAL	LONGITUDINAL	TRANSVERSAL
ENCOGIMIENTO EN EL MOLDE	2.1	1.8	2.6	2.0
ENCOGIMIENTO TOTAL DESPUES DEL REVENIDO.	2.7	2.0	3.0	2.0

altas temperaturas y humedades por largos períodos, producirá en las piezas moldeadas, defectos superficiales, a menos que sea secado.

A pesar de que la excesiva humedad causa algunas veces imperfecciones superficiales sobre las piezas moldeadas, no tiene efectos significativos en las propiedades físicas de las piezas.

EQUIPO DE TRANSPORTE.— El material granulado puede ser alimentado por transportadores neumáticos sin dificultad.

EQUIPO DE REVENIDO.— Se pueden emplear baños de aceite u hornos capaces de mantener la temperatura uniformemente a $152 \pm 3^{\circ}\text{C}$.

UNIDADES PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA DEL MOLDE.

Existen tres tipos:

- 1.— Unidades de agua circulante (sin presión) — en las que el depósito está abierto a la atmósfera.

2.- Unidades de agua circulante a presión.

3.- Unidades de aceite circulante a presión.

Las temperaturas de molde necesarias para el moldeo del copolímero varían entre 66 y 127°C. siendo 93°C la temperatura más comunmente empleada. Para mantener 93°C en el molde, el controlador de temperatura deberá ser fijado entre 104 y 110°C. Con una unidad sin presión que emplee agua, no se podrá alcanzar esta temperatura facilmente. Si las resistencias y empaques de esta unidad pueden ser operables a estas temperaturas tan altas, el punto de ebullición del agua puede elevarse sin riesgos, con la adición de etilenglicol. Una solución de 60 o/o de etilenglicol / 40o/o de agua (en volumen) hierve a 113°C aproximadamente, mientras que la de 80o/o de etilenglicol / 20o/o de agua hierve a 138°C aproximadamente.

Con unidades de agua a presión, la máxima temperatura que se puede alcanzar en el molde es de 93 a 99°C aproximadamente, cuando se trabaja en el límite superior de su intervalo de temperatura.

Para piezas que se requieran temperaturas de molde superiores a 99°C, se necesitará normalmente una unidad de aceite a presión. Para mayor versatilidad en el control de la temperatura, el depósito de aceite debe equiparse con un cambiador de calor adecuado para enfriar el aceite cuando se requiera.

CAMBIO DE OTRO MATERIAL AL COPOLIMERO DE ACETAL

En una inyectora que ya tenga otro tipo de resina, si ésta requiere temperaturas de moldeo muy altas (como nylon o policarbonato) ó es de baja estabilidad térmica a la temperatura de moldeo del copolímero (como PVC), deberá purgarse primero el cilindro con un material intermedio, antes de alimentar copolímero. El Polietileno y el Poliestireno son adecuados para tal operación, ya que son estables a altas temperaturas y aún moldeables a temperaturas, relativamente bajas.- El material más adecuado para este operación es el polietileno de alta densidad.

Ya purgada completamente la resina de alta temperatura de fusión (Nulon o policarbonato) las temperaturas del cilindro deberán bajarse a 193 - 199°C antes de alimentar el producto en la máquina. Ya que salga únicamente copolímero por la boquilla de la inyectora, pueden fijarse las temperaturas adecuadas y comenzarse a moldear con ciclo regular.

ARRANQUE CON COPOLIMERO DE ACETAL.

Para arrancar una inyectora que se paró con copolímero en el cilindro, lo más importante es asegurarse que la boquilla no esté bloqueada. Esta es una de las principales razones por las que se recomiendan boquillas con resistencias de banda.

El procedimiento de arranque en este caso es el siguiente: fije la temperatura de la boquilla entre 204 y 216°C y las temperaturas del cilindro entre 121 y 135°C. A medida que se empiezan a alcanzar estas temperaturas, el orificio de la boquilla empezará a escurrir material. Cuando esto ocurre (indicando que el material en la boquilla está completamente fundido) se pueden elevar las temperaturas del cilindro a 188-193°C.

Cuando se alcanzan estas temperaturas en el cilindro se deberán hacer algunas purgas a presión reducida y sin sostenerse. Si no hay alguna anomalía, se ajustan -- las temperaturas de operación del cilindro y la boquilla, -- se acerca la unidad de inyección al molde y se inicia el -- moldeo con ciclo estandar. Cuando se va a arrancar con copolímero en un cilindro vacío los procedimientos de arranque deberán ser adecuados. La temperatura de la boquilla -- se fijará entre 204 y 216°C y las del cilindro entre 188 y 193°C.

Se carga la resina dentro del cilindro a presiones moderadamente altas y velocidades de pistón rápidas, con varias inyecciones cortas. Después de unos minutos se comienza otra serie de inyecciones, repitiendo el procedimiento descrito.

A medida que el plástico funde, las inyecciones sucesivas lo introducen cada vez más en el cilindro hasta que lo llenan. Se hacen entonces varias inyecciones al aire para eliminar del cilindro cualquier posible burbuja de aire que pudiera haberse atrapado durante la operación de llenado del mismo. Entonces se podrán ajustar temperaturas de boquilla y cilindro y se procede con el moldeo.

En todos los casos, una vez que se ha introducido el copolímero se debe mantener en movimiento para prevenir sobrecalentamientos. Si se quedara el material quieto dentro del cilindro por más de siete u ocho minutos deberá retirarse la unidad de inyección del molde y purgarse éste.

Si se prevee una demora de más tiempo, deberá pararse completamente, siguiendo el procedimiento "Paro con copolímero de acetal" que se explica adelante.

CAMBIO DE COPOLIMERO DE ACETAL A OTRO MATERIAL

Para este caso, muchas de las consideraciones

mencionadas con anterioridad deben aplicarse. Cuando una in yectora se va a arrancar teniendo copolímero frío en el cilindro, se deberá seguir el procedimiento Arranque con copolímero de acetal antes de hacer el cambio. Si el nuevo material requiere temperaturas mayores o menores que el copolímero, deberá emplearse un material intermedio para purgar a las temperaturas del copolímero. Sólo cuando ya todo el material ha sido eliminado del cilindro, se podrá introducir el nuevo material, cambiando las temperaturas.

PARO CON COPOLIMERO DE ACETAL

Para detener una inyectora operando con copolimero, se deben tener las mismas precauciones en evitar un bloqueo de la boquilla como en el arranque, o sea que la boquilla debe ser la última parte que se enfríe. La temperatura en la boquilla deberá fijarse entre 204° y 216°C . El calentamiento del cilindro deberá desconectarse, purgando intermitentemente la máquina hasta que todas las temperaturas del cilindro sean reducidas a 177°C o menos.

Si las características de la máquina o el empleo de una boquilla con orificio restringido hacen que el flujo cese sin que el cilindro se haya enfriado hasta 177°C se deberán calentar las zonas del cilindro hasta su temperatura normal, purgar con polietileno u otro material y parar con éste.

CONDICIONES DE MOLDEO

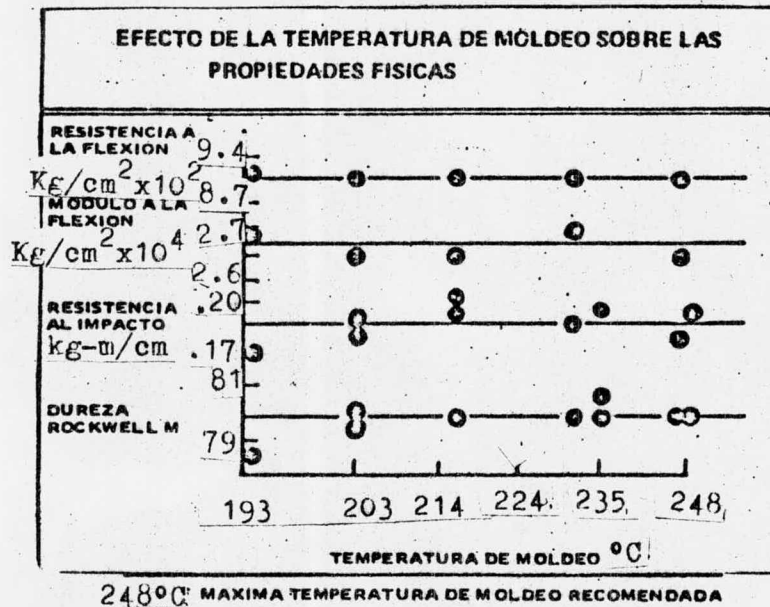
Las propiedades físicas de la resina permanecen prácticamente constantes en todo el intervalo de temperaturas en las que el copolímero puede ser moldeado. Esto -- permite el moldeo bajo una gran variedad de condiciones de procesamiento, sin que se afecten las propiedades.

En la FIGURA 74 se muestra que las propiedades básicas permanecen prácticamente constantes en el intervalo normal de las temperaturas de moldeo. Generalmente se obtiene el mejor acabado superficial y brillo cuando se moldea en el intervalo alto de las temperaturas recomendadas.

TEMPERATURA EN EL MATERIAL. El copolímero debe moldearse en un intervalo de temperaturas de 182° a 249°C dependiendo del ciclo empleado. La mayoría de las piezas se moldean entre 193° y 216°C

TEMPERATURA DEL MOLDE. Se recomiendan moldes con calentamiento. Las altas temperaturas del molde facilitan su llenado y ayudan a dar mejor apariencia en las piezas moldeadas. Se han empleado temperaturas de 66. a 127°C, con buenos resultados, pero 93°C es la más adecuada para la mayoría de los casos.

FIGURA 74



PRESIONES. La presión necesaria para inyectar copolímero varía con la eficiencia de calentamiento en el cilindro, la longitud de flujo requerida, temperatura de la resina y temperatura del moldeo. La mayoría de las piezas se moldean con presiones (Sobre el material) de 1055 a 1406 Kg/cm².

La eficiencia en la transmisión de presión del pistón al molde se puede mejorar cuando se requiera, ajustando al mecanismo de alimentación de la máquina un mínimo cojín de plastificación, aproximadamente .0625 cms. y por precalentamiento del material en la tolva.

CICLOS. Para la mayoría de las piezas de copolímero, se busca llenar rápidamente las cavidades, usando la máquina velocida del tornillo (Pistón) adelante debe ser suficiente para llenar el molde y para permitir la solidificación del material en los puntos de inyección. El tiempo de sostenimiento de la presión de inyección normalmente corresponde a 1/3 del ciclo total. Después que el tornillo (pistón) ha retrocedido, se debe dar suficiente tiempo de endurecimiento para que las partes solidifiquen y endurezcan en las cavidades y puedan ser botadas sin producirse deformaciones.

La longitud del ciclo depende primordialmente del espesor de la pieza que es con el que se controla la velocidad de enfriamiento. El tiempo puede variar sondierablemente con diferentes moldes y máquinas. Los siguientes da

tos pueden tomarse como una guía en las condiciones normales del moldeo.

FIGURA 75

ESPESOR DE LA PIEZA, centímetros	CICLO TOTAL, SEGUNDOS
.16	30
.33	45
.62	60
1.25	75

Se muestran condiciones características del moldeo en la FIGURA 75 tanto de inyector de pistón, como de tornillo, para el moldeo de las piezas que se ilustran. Se usaron tres moldes para fabricar nueve partes de un atomizador y el ciclo total promedio fue de 54". El cuerpo del atomizador en el número 2 tiene mayor espesor de pared y por eso, su ciclo es mayor. Las tapas circulares, inyectadas en el molde No. 3 son de tamaño uniforme y están balanceadas en el mismo, lo que influye a tener un ciclo relativamente corto en el molde.

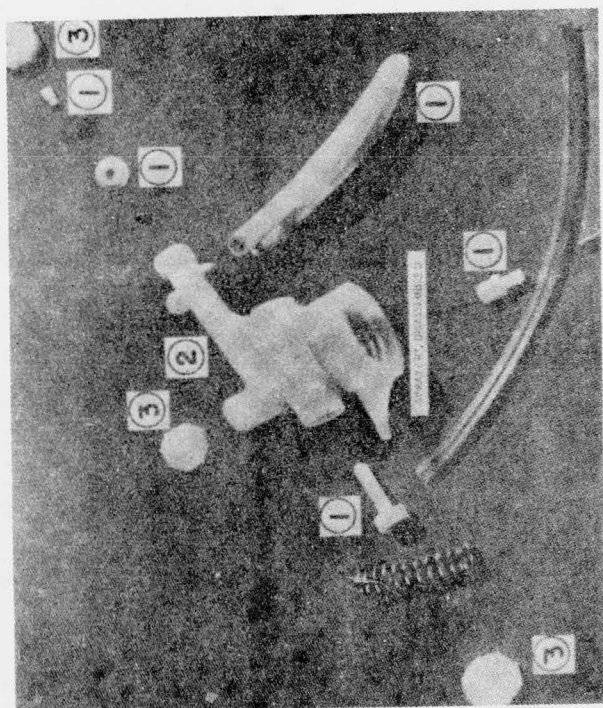


FIGURE 76

CONDICIONES CARACTERISTICAS EN

INYECTORA DE TORNILLO

Capacidad de la máquina	510 gr.
Descripción de la pieza-valvula extinguidor	94 g. de peso
Molde inyección por el filo peso de la colada completa, gramos temperatura del cilindro (°C)	dos cavidades. 225
Frente	193
Medio	187
Atras	175
Presión de inyección, Kg/cm ²	840
RPM del tornillo	15
Temperatura del molde, °C	88
Ciclo total, seg.	110
Presión de cierre, ton.	300

CONDICIONES DE MOLDEO EN

INYECTORA DE PISTON

Capacidad de la máquina	453 gr.		
Presión de cierre, ton.	150		
Molde No. 1 (11 cavidades)	Piezas internas		
Molde No. 2 (2 cavidades)	Cuerpo		
Molde No. 3 (9 cavidades)	Capuchones		
MOLDE	No. 1	No.2	No. 3
Peso de la colada, gramos	40	110	58
Temperatura del cilindro o °C			
Frente	205	205	188
Centro	177	177	188
Atrás	177	177	188
Temperatura del Pistón °C	195	195	195
Temperatura del molde, °C	66	66	66

Ciclo, seg.

Inyección	15	15	12
Sostenimiento	14	10	10
Cierre	20	25	15
Total	20	72	40

Presión de inyección, Kg/cm ²	1,400	1,400	4,400
--	-------	-------	-------

REVENIDO

CUANDO REVENIR

Pocas aplicaciones requieren de esta operación. Las piezas de copolímero diseñadas y moldeadas apropiadamente en molde caliente a 93°C , tienen la suficiente estabilidad dimensional para todas las aplicaciones, incluso las de mayor precisión. El revenido se recomienda en piezas que requieran funcionar a 82°C o temperaturas mayores. El revenido elimina los esfuerzos residuales en el moldeo provocando que los esfuerzos por encogimiento se eliminen principalmente en el baño de revenido, en vez de que suceda cuando las piezas están en servicio a altas temperaturas, de tal forma que el encogimiento que pueda resultar después del revenido es despreciable.

COMO REVENIR

Las piezas de copolímero pueden revenirse en un baño de aceite o en un horno con circulación de aire a temperaturas de $152 \pm 3^{\circ}\text{C}$. El revenido de baño de aceite es preferible debido a la mayor facilidad de control de temperatura. El tiempo requerido por revenir en aceite, normalmente es más corto.

El aceite para revenir puede ser cualquier -- aceite mineral refinado o aceite de silicón que no tiene acidez.

Algunos solventes del tipo percloroetileno pueden emplearse para extraer el aceite de las piezas revenidas.

Cualquier horno que se emplee para realizar el revenido debe ser con circulación de aire y deberá estar -- equipado para mantener la temperatura interior uniforme, con una tolerancia de 3°C. El revenido en horno es simple y limpio, sin tener que eliminar aceite de las piezas después de esta operación. El tiempo de revenido depende primordialmente del espesor de la pieza, de su configuración y de las -- condiciones de operación. Es recomendable predeterminar el mínimo tiempo de revenido necesario para alcanzar los resultados deseados y prolongarlo unos minutos como factor de seguridad.

Para esta determinación, se debe colocar, un -- buen número de piezas en el equipo de revenido, baño de aceite u horno, y remover algunas a intervalos de tiempo tales -- como cada 5 minutos, hasta 45 minutos. Se dejan enfriar -- las piezas hasta la temperatura ambiente se espera un mínimo de 24 horas (preferible que sean 48 horas) y después se mideden las piezas.

Con estas muestras a intervalos se tantea el --

mínimo tiempo de revenido, ya que al mediarlas se observa -- que las dimensiones de la pieza disminuyen a medida que el -- tiempo de revenido aumenta, hasta que encierto punto, las -- piezas ya no muestran mayor encogimiento, este tiempo en -- que las piezas ya no manifiestan encogimiento, se considera_ el tiempo mínimo de revenido.

El tiempo mínimo de revenido en baño de aceite raramente es menor de 5 minutos, incluso para piezas relativamente pequeñas ya que los plásticos son de por sí conductores térmicos deficientes, por lo cual se debe esperar suficiente tiempo para que la pieza se caliente completamente. -- Una regla práctica consiste en dejar 15 minutos de tiempo de revenido por cada ,33 cms en el espesor de la pieza.

APENDICE

PRECAUCIONES GENERALES DE SEGURIDAD

Para garantizar un uso satisfactorio del pro-- ducto, así como para evitar posibles daños al equipo o lesiones al personal, se deberán observar las siguientes reglas.

El copolímero de acetal, no debe calentarse a más de 249°C ni debe dejarse permanecer períodos largos en -- el cilindro de calentamiento a temperaturas mayores de 193°C

Las temperaturas excesivamente altas o largo tiempo de residencia en el cilindro a temperaturas inferiores, pueden provocar decoloración de la resina y con el tiempo, liberación del formaldehído que producirá presiones en el cilindro suficientes como para presionar el material hacia la zona de alimentación. En caso de no existir salida para los gases la presión desarrollada puede romper la maquinaria.

Si ocurre sobre-calientamiento moderado, las resistencias del cilindro deben fijarse a temperaturas más bajas o desconectarse y deberá purgarse en varias ocasiones consecutivas, hasta eliminar el material sobre calentado. En el caso de un gran sobrecalentamiento del copolímero, el personal deberá evacuar el área (Después de apagar el calentamiento del cilindro), hasta que se haya ventilado la zona. Para este caso es conveniente dejar el pistón completamente atrás (en la parte superior del cilindro, sin presión), y la resistencia de la boquilla conectada.

Colocando todas las purgas en una cubeta con agua, se reducirá considerablemente la cantidad de vapores liberados.

VENTILACION DEL AREA DE TRABAJO

La mayoría de los polímeros cuando son calentados a muy altas temperaturas, tienden a descomponerse, produciendo materiales de descomposición. El copolímero de ace---

tal no es la excepción. Cuando se calienta considerablemente arriba de su temperatura de fusión, libera pequeñas cantidades de formaldehído. Si debido a una ventilación deficiente se permite la acumulación de estos vapores por largos períodos de tiempo, pueden resultar perjudiciales al personal. De aquí que se sugiera que todas las operaciones de calentamiento y procesamiento en que intervenga se realicen en --- áreas convenientemente ventiladas.

Aún cuando los gases de formaldehído pueden --- ser tóxicos, el peligro de una lesión permanente al personal, por inhalación de estos vapores, es remota. La concentración máxima de formaldehído en el ambiente del área de trabajo, en la cual los trabajadores pueden exponerse sin riesgo, durante un turno de 8 horas, es de 5 partes por millón. Ya que el olor a esta concentración es bastante notable y difícil de soportar, resulta prácticamente imposible que el personal tolere cualquier tiempo en condiciones de excesiva concentración, y por lo tanto que pueden ser lesionados por el gas.

En la FIGURA 77 se sintetizan las precauciones de seguridad para el moldeo del producto.

FIGURA 77

- 1.- No calentar el producto a más de 249°C
- 2.- No permitir que el copolímero permanezca mucho tiempo en el cilindro a más de 193°C
- 3.- Emplear boquilla con calentamiento por resistencia y man tener a $204-216^{\circ}\text{C}$ al arrancar o parar.
- 4.- Si se observa o se estima que hubo sobrecalentamiento, bajar las temperaturas del cilindro y purgar el material sobre calentado del cilindro. Mantener despejada la zona de alimentación del cilindro y colocar una mampara (protección) entre el operador y la boquilla de la máquina durante la purga.
- 5.- Procurar la ventilación adecuada en el área del moldeo.
- 6.- Tener una cubeta siempre junto a la inyectora para enfriar las purgas.

Para conseguir ciclos óptimos y calidad en las piezas, es necesario en ocasiones ajustar las condiciones de operación y del equipo. En la figura siguiente se presenta un sumario de los pasos a seguir si llegaran a presentarse problemas. (FIGURA 78)

FIGURA 78

GUIA DE RESOLUCIONES DE PROBLEMAS

LAS SOLUCIONES MAS SIMPLS SE DAN PRIMERO	
PROBLEMA	ACCION SUGERIDA
PIEZA INCOMPLETA, SUPERFICIE POROSA O CON ONDAS	AUMENTE LA ALIMENTACION AUMENTE LA PRESION. EMPLEE LA MAXIMA PRESION Y VELOCIDAD DEL PISTON (TORNILLO) DISMINUYA EL COJIN DE MATERIAL EN EL CILINDRO (DISTANCIA LIBRE ENTRE EL CILINDRO Y EL PISTON A TODA SU CARRERA). PRECALIENTE EL MATERIAL EN LA TOLVA. AUMENTE LA TEMPERATURA DEL MOLDE INCREMENTE EL CICLO TOTAL AUMENTE LA TEMPERATURA DEL MATERIAL
MARCAS DE FLUJO DEBIDAS A ENFRIAMIENTO EN EL PUNTO DE INYECCION	DISMINUYA LA VELOCIDAD DEL PISTON (TORNILLO) (DE AVANCE Y RPM). AUMENTE LA TEMPERATURA DEL MOLDE AUMENTE EL TAMAÑO DEL PUNTO DE INYECCION INSTALE UNA RESISTENCIA ELECTRICA DE CARTUCHO EN EL AREA DEL PUNTO DE INYECCION.
DEBIDAS A HUMEDAD EXCESIVA	DISMINUYA TEMPERATURA EN EL MATERIAL SEQUE EL MATERIAL EXHAUSTIVAMENTE
DEBIDA A ESCURRIMIENTO EN LA BOQUILLA	DISMINUYA TEMPERATURA DEL MATERIAL DISMINUYA TEMPERATURA DE LA BOQUILLA DISMINUYA TIEMPO DE APERTURA DEL MOLDE REDUZCA EL TIEMPO DE SOSTENIMIENTO DE LA PRESION DE INYECCION. REDUZCA EL COJIN DE MATERIAL EMPLEE UNA BOQUILLA CON MENOR DIAMETRO DE ORIFICIO
DEFORMACIONES, PIEZAS DISTORSIONADAS.	FIJE LA MISMA TEMPERATURA EN AMBOS LADOS DEL MOLDE OBSERVE SI LOS BOTADORES TRABAJAN SIMULTANEAMENTE VERIFIQUE EL MANEJO DE LAS PIEZAS DESPUES DE EXTRAIDAS DEL MOLDE AUMENTE LA PRESION AUMENTE EL TIEMPO DE SOSTENIMIENTO DE LA PRESION DE INYECCION REDUZCA LA TEMPERATURA DEL MOLDE INCREMENTE EL TIEMPO DE CIERRE DEL MOLDE DISMINUYA LA TEMPERATURA DEL MATERIAL FIJE LA PIEZA Y ENFRIELA UNIFORMEMENTE.
RECHUPES	AUMENTE LA PRESION EMPLEE SOBRE PRESION Y MAXIMA VELOCIDAD DEL PISTON (TORNILLO) AUMENTE EL TIEMPO DE SOSTENIMIENTO DE LA PRESION DE INYECCION. REDUZCA EL COJIN DE MATERIAL DISMINUYA LA TEMPERATURA DEL MOLDE DISMINUYA LA TEMPERATURA DEL MATERIAL AUMENTE LAS DIMENSIONES DEL PUNTO DE INYECCION COLOQUE EL PUNTO DE INYECCION LO MAS CERCA DE LA SECCION MAS GRUESA.
BURBUJAS	AUMENTE LA PRESION EMPLEE SOBRE PRESION Y MAXIMA VELOCIDAD DE PISTON (TORNILLO). AUMENTE EL TIEMPO DE SOSTENIMIENTO DE LA PRESION DE INYECCION. REDUZCA EL COJIN DE MATERIAL. AUMENTE LA TEMPERATURA DEL MOLDE. AUMENTE LAS DIMENSIONES DEL PUNTO DE INYECCION.
LAMINACIONES	ELIMINE CONTAMINACIONES EN LA ALIMENTACION O POR CUALQUIER OTRO MOTIVO. AUMENTE LAS DIMENSIONES DEL PUNTO DE INYECCION. SEQUE EXHAUSTIVAMENTE EL MATERIAL.

CAPITULO V

OPERACIONES DE POST-MOLDEO

FABRICACION Y MAQUINADO

El producto puede ser fácilmente aserrado, -- perforado, tratado, parchado y trabajado con el equipo normal para trabajar el metal. Sin embargo, algunas recomendaciones pueden ser de beneficio.

Se recomienda usar solo herramientas agudas o afiladas.

Proveerse de un adecuado apoyo para el corte o soporte del trabajo.

Proveerse de un sistema de enfriamiento apropiado.

Las herramientas no apropiadas en vez de cortar rayan y arruinan las superficies, debido a que requieren una mayor presión en el corte, existiendo una deflexión innecesaria del trabajo en la pieza y un calor friccional excesivo, las herramientas bien afiladas cortan apropiadamente dejando un buen terminado del trabajo y continúan dando un buen servicio por un tiempo razonable, el desempeño adecuado (el corte adecuado) de los cortes evita la traba de la herra

mienta. Cuando exista la oportunidad de elegir las herramientas se debe seleccionar la que tenga un mejor funcionamiento al corte. Por ejemplo para hacer perforaciones se recomiendan herramientas con amplias áreas acanaladas o estreadas, para aserrar se recomiendan hojas con dientes profundos.

El trabajo debe ser adecuadamente reforzado para evitar que se reviente la herramienta debido a la presión en la zona de corte, la deflexión excesiva del trabajo causa oscilaciones o cortes dispares a pesar de que el copolímero tiene una excelente dureza. Cuando el apoyo es apropiado los cortes pueden hacerse con precisión y sin dificultad.

El producto por ser un termoplástico se fundirá con calor friccional excesivo, que puede presentarse durante algunas de las operaciones de maquinado. Esta fusión puede provocar que la herramienta se atore o se doble.

El trabajo normal o aún en los casos en los que se hacen trabajos pesados, un soplo de aire es necesario y suficiente para enfriar la herramienta en el área de trabajo. El enfriamiento por medio de líquidos raramente se requiere.

Un mejor terminado del producto se logra a altas velocidades y a bajas tasas de alimentación, a diferencia de los demás termoplásticos el copolímero se maquina me-

jor con herramientas de corte con un ángulo positivo ligeramente inclinado.

1.- ASERRADERO

El producto puede ser aserrado con casi cualquier tipo de sierra pero los dientes de ésta deben tener algún grado de ajuste para evitar que la navaja se doble se requieren dientes duros y extra amplios.. Las altas velocidades son preferibles para el aserrado del producto, un soplado de aire dirigido hacia el área de corte ayudará a dispersar las astillas y será suficiente para enfriar la navaja.

Una velocidad de navaja de 915 metros por minuto y corriendo el material de alimentación de 3 a 4 metros por minuto, producirá un buen terminado sin una producción notable de calor, por lo que no se requiere un equipo especial de enfriamiento. Velocidades más bajas producen superficies deslavadas.

2.- PERFORADO

Los perforadores de plástico deben tener ranuras o estrías extra amplias, muy pulidas y un bajo ángulo de hélice para facilitar el alejamiento de las astillas.

Para mejores resultados con el producto las orillas de corte no deben ser achatadas, sino afiladas para poder obtener una ranura normal positiva. Un ángulo de 60 grados es de alguna ventaja al perforar a través de láminas muy delgadas 0.16 cm. de grueso, pero un ángulo de 90 grados es mejor para trabajos más gruesos.

A continuación se detallan algunas alimentaciones y velocidades típicas para perforación con ángulos de 90 grados.

TAMAÑO DE LA BROCA	GRUESO DEL MATERIAL	VELOCIDAD DE LA BROCA		ALIMENTA CION cm/rev.
		R.P.M.	M.P.M.	
.3 cm.	.3	4500	45	0.25
.3 cm.	2.0	3000	30	0.03
1.25 cm.	.3	1200	48	0.02
1.25 cm.	2.0	900	36	0.05

Durante el trabajo de perforación la pieza debe estar debidamente apoyada y sostenida con seguridad. Para perforaciones profundas, el perforado deberá hacerse por partes (cada .625 cm. de profundidad). Para enfriar el perforado y quitar astillas, debe dirigirse un chorro de aire comprimido hacia el hoyo.

3.- TORNEADO

El producto puede ser torneado rápidamente, -- los dientes de la herramienta deben mantenerse afilados para proveer una ranura con ángulo positivo de 15 a 20 grados. -- No se requiere ninguna ranura lateral.

Las alimentaciones y la velocidad dependen principalmente de la naturaleza del corte y del terminado que se requiere, los cortes en bruto pueden hacerse a mayores velocidades y con una mayor alimentación sin una acumulación exagerada de calor, un terminado fino requiere una alta velocidad y una baja alimentación.

4.- MOLIDO

Un molido tipo normal de helice es satisfactorio para ser usado con el producto.

La velocidad recomendable es de 45 m. de su---

perficie por minuto. También en este caso es adecuado usar un chorro de aire con el objeto de mantener elejadas las astillas y evitar que caigan en las ranuras. La rapidez de — alimentación deberá ser ajustada para obtener el producto — deseado.

5.- LIMADO

Los mejores resultados se obtienen con el copo límero cuando se usan limas toscas consistentes con el tamaño de la superficie y el terminado requerido.

Las limas adecuadas son las de dientes toscos para corte simple.

LIMADO CON PODER ROTATORIO

Una excelente forma de limar el material rápidamente es usando una lima de rotación o cepillo, el cepillo de acero de alta velocidad standar de corte medio normal operado de 240 a 300 metros de superficie por minuto es muy — — efectivo.

Los cepillos fijos, de mayor tamaño que las limas de rotación manual, producen trabajos más limpios y de — mayor calidad que éstas.

Los cepillos de carburo no ofrecen ninguna ventaja sobre los cepillos de alta velocidad de acero. Debido a la geometría de sus dientes, el cepillo de carburo quita menos material que el cepillo de acero de alta velocidad a la misma velocidad.

A velocidades mayores el cepillo de carburo — causa un calor friccional excesivo.

6.- ROSCAS Y TAPAS

El producto puede ser hilado o roscado con tapas y discos convencionales. Sin embargo cuando quiere obtenerse un mejor terminado es aconsejable el uso de tapas — con dos ranuras en vez de las cuatro que tienen las tapas — convencionales.

7.- RANURADO.

Los ranuradores especiales de canales directos y pulidos con márgenes angostas son los convenientes para ser usados con el producto. La velocidad recomendada es de 25 a 35 metros por minuto.

Como en las otras operaciones se debe enfriar

el área de trabajo con un chorro de aire.

8.- ADHESIVOS

El pegar el copolímero por medio de adhesivos es quizá el método de unión más común para los componentes - celcon, entre los tipos de adhesivos que son más aceptados - por producir bandas adhesivas de gran resistencia se encuentran los siguientes:

- a).- Solventes adhesivos
- b).- Adhesivos estructurales
- c).- Adhesivos no estructurales.

La selección del adhesivo para un uso particular dependerá de las características requeridas en cada aplicación y el terminado deseado.

Por ejemplo un adhesivo puede ser excelente al esfuerzo de corte, pero malo para el esfuerzo al impacto.

Por lo cual dependiendo del uso específico en el que va a ser empleado el producto se debe solicitar al fabricante la formulación adecuada del adhesivo, para obtener

mejores resultados.

a) SOLVENTES ADHESIVOS

Un nuevo solvente adhesivo excelente para acetales, nylon y otras resinas ha sido introducido por Allied Chemical Corporation.

Este solvente es la hexa-fluor-acetona sesquihidratada, que es recomendable para aplicaciones en las que las piezas están sometidas a fuertes esfuerzos cortante. Es te adhesivo es un agente magnifico para adherir copolímero - con copolímero nylon con copolímero y copolímero con - - ABS.

Usando este producto se han obtenido bandas -- adhesivas con resistencia al esfuerzo de corte de 60 kg/cm² para nylon con copolímero y copolímero con copolímero.

Este solvente es recomendado para todas las -- aplicaciones entre copolímero - copolímero y copolímero nylon.

Por su naturaleza química este solvente se pue de usar también para pegar el copolímero con poliester celulósico, estiseno, cauchos naturales y sintéticos y acrilonitrilo.

La hexafluoracetona sesquihidratada no puede diluirse ni es recomendable para pegar el copolímero con metal o con polietileno.

PRECAUCIONES

Este solvente es un irritante severo de piel y ojos. La información sobre el manejo específico y la toxicidad de este solvente puede pedirse a Allied Chemical Corp.

b).- ADHESIVOS ESTRUCTURALES

La mayoría de los adhesivos estructurales estaban basados en resinas termoestáticas y requieren la adición de un catalizador y un calor de curado. Este tipo de adhesivos se usa normalmente en aplicaciones en las cuales se requiere máxima adhesión y mínimo corrimiento del adhesivo bajo cargas sustanciales.

Muchos adhesivos estructurales pueden usarse continuamente a temperaturas mayores de 176°C las cuales son muy altas para el producto (Los procedimientos recomendados por lo fabricantes de estos adhesivos son los siguientes:

Antes de pegar el copolímero con adhesivo es—

tructurales es imperativo que éste sea atacado por el ácido crómico para obtener mejor agarre.

Los adhesivos estructurales para pegar el copolímico resisten un esfuerzo de corte de 40 a 65 Kg/cm² pero en el esfuerzo de tensión puede esperarse un decremento del 25%.

Algunos adhesivos estructurales son los siguientes: el Eastman 910 de Eastman Chemical Corporation, y los adhesivos 46950, 46960 y 46971 de la compañía Dupont.

c).- ADHESIVOS NO ESTRUCTURALES.

Los adhesivos no estructurales están formados por un termoplástico o un elastómero disperso en un solvente, éstos adhesivos se usan en general cuando no se tienen que sostener cargas pesadas o continuas y las temperaturas son menores de 90°C.

La mayoría de los adhesivos no estructurales al pegar el copolímico producen bandas que soportan esfuerzos de corte de 23 a 26 kg/cm² para superficies ásperas o arenosas y 20 a 23 kg/cm² para superficies moldeadas, pero para esfuerzos de tensión puede esperarse un decremento del 25%.

Los adhesivos no estructurales para pegar el -
producto son:

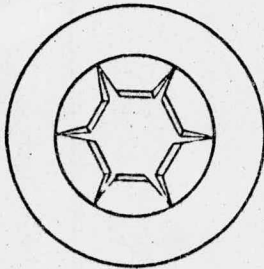
El Mystic A-132 de Products, Inc. y el Bond- -
master G-297 de Rubber & Asbestos Corporation.

9.- TUERCAS DE PRESION PARA SOSTENES

El uso de tuercas de presión debe ser conside-
rado para aplicaciones en las que se requiere que el produc-
to esté mecánicamente unido a otro componente; para este fin
se requiere que se moldee con la parte un poste en el que se
colocará la tuerca de presión. Ver Figura 79

FIGURA 79

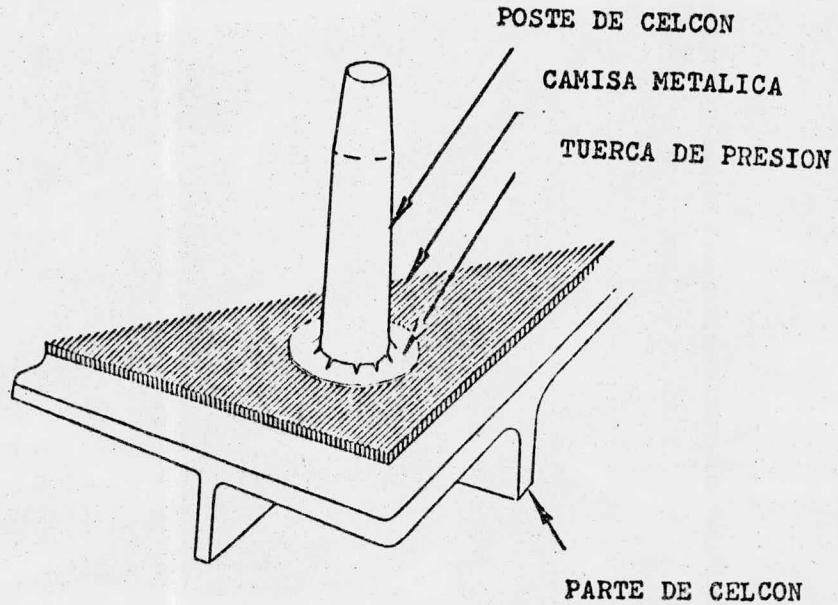
TUERCA DE PRESION



VISTA FRONTAL



VISTA DE LADO



POSTE DE CELCON

CAMISA METALICA

TUERCA DE PRESION

PARTE DE CELCON

10.- TORNILLOS TIPO PIJA

Muchas aplicaciones potenciales del copolímero requieren ensambles mecánicos con otros componentes de bombas, chumaceras, extensiones de mangueras, etc. Un efectivo método para unir el producto son tornillos especiales tipo - pija, estos exhiben excelente resistencia a aflojarse cuando las piezas unidas con ellos están sujetas a vibraciones.

Para poder usar este tipo de tornillos solo se necesita hacer un agujero, ya sea moldeado o taladrado, en la pieza. Además de que puede ser desarmado y vuelto a armar conservando un alto valor de apriete.

Se han desarrollado varios tipos de éstos tornillos y su selección depende del material de que esté hecha la parte que va a unirse con el producto.

CAPITULO VI

USOS, COMPOSICIONES, APLICACIONES Y VENTAJAS DERIVADAS DE SUS

USOS.

El copolímero tiene una gran variedad de aplicaciones, debido a que es posible conseguirlo en muy diversas composiciones. Logrando con ésto una serie de materiales con propiedades muy variadas y de acuerdo a las características que se requieren en la pieza terminada.

1).- Composiciones.-

A continuación se detallan una serie de composiciones indicando sus propiedades y sus principales aplicaciones.

Composición U10-II

Indice de Fusión 1.0

Propiedades.

Excelente procesabilidad en moldeo por soplado de extrusión o, en moldeo por soplado de inyección y en extrusión; alto esfuerzo de fusión y bajo grado de olor para aplicación en aerosoles.

Aplicación.

Aerosoles, envases, tubos, perfiles, artículos industriales y varillas .

Composición M25-01

Índice de Fusión 2.5

Excelente procesabilidad en extrusión. No --
tiene lubricación interna.

Aplicaciones.

Varilla, tubo y recubrimientos de alambre.

Composición M25-04

Índice de fusión 2.5

Propiedades.

Buena procesabilidad para moldeo por inyección en moldes fáciles de llenar. Posee mas tenacidad y elongación que los materiales con índice de fusión 9.0. Es igual que la composición M25-01 excepto que el m25-04 tiene lubricación interna.

Aplicación.

Moldeo por inyección de partes que requieren -

Óptima tenacidad y elongación.

Composición M90-04

Índice de Fusión 9.0

Propiedades

Excelente moldeabilidad y estabilidad durante el proceso, magníficas características con alto flujo. Superficies con gran brillantez y buena estabilidad dimensional. Presenta lubricación interna.

Aplicación.

Moldeo por inyección en general.

Composición M90-08

Índice de Fusión 9.0

Propiedades.

Contiene estabilizadores para rayos ultravioleta: Mantiene sus propiedades físicas y su resistencia al ser usado en exteriores.

Aplicaciones.

Para múltiples usos en los que la pieza estará

expuesta a la luz del sol y otros agentes exteriores. Moldeo por inyección.

Composición M270-04

Índice de Fusión 27.0

Propiedades.

Altísima fluidez. Superior moldeabilidad para moldes de llenado difícil. Tiene menos dureza que las composiciones M 90. Presenta lubricación interna.

Aplicación.

Alta velocidad de inyección para moldes con -- multicavidades.

Composición M90-07

Índice de Fusión 9.0

Propiedades.

Concentrados de color que proveen una amplia - variedad de colores estandar, para ser mezclado con copolímero natural por medio de máquinas de extrusión o de inyección con tornillo.

Aplicación.

Para obtener productos coloreados por medio de extrusión o inyección sin incrementar los costos.

Composición GC-25 (Vidrio mezclado) Índice de Fusión 2.5

Propiedades.

Copolímero con 25% de fibra de vidrio, buena - procesabilidad en moldeo de inyección y extrusión. Más bajo encogimiento de moldeo que el M90-04.

Aplicación.

Aplicaciones que requieren incrementar la dureza y reducir los coeficientes de contracción y expansión. (la resina GC-25 será estudiada con mayor detalle más adelante.)

Colores.

La resina M90 se puede conseguir en una gran variedad de colores estandar y especiales las resinas M25 - y U10 se pueden conseguir solamente en su color natural, lo

mismo que el M270-04 y el GC-25 los que además pueden obtenerse en negro, si se quieren colorear estas últimas 4 resinas es recomendable usar los concentrados de color M90-07.

2) Diversas aplicaciones y ventajas derivadas de sus composiciones.

El esfuerzo y la durabilidad combinadas con las buenas características de proceso aseguran un amplio futuro para este material. En adición a éstas propiedades las resinas presentan también una magnífica apariencia que aumenta la satisfacción del usuario. A continuación se dan algunos ejemplos que pueden mostrarlo.

1.- Partes Industriales.

Las partes industriales incluyendo componentes para aplicaciones domésticas pueden ser fabricados en una gran diversidad con copolímero. Las partes están generalmente listas para usarse tal como salen del molde, es decir, casi nunca necesitan operaciones de postmoldeo como cepillado, pulido, etc. partes como pinzas, agarraderas, jeringas, engranes, etc. han sido fabricadas con excelente resultado.

2.- Componentes Automotrices.

Los componentes automotrices tales como reves-

timientos de pinzas, hebillas de cinturones de seguridad, volantes y otros varios componentes, se han empleado con éxito ya que las condiciones de moldeo del producto permiten la producción de altos volúmenes, alta calidad y bajos costos - variables todas muy importantes en la producción en serie.

3.- Usos de Plomería.

El copolímero es un material excelente para usos de plomería ya que presenta una gran estabilidad dimensional necesaria en los ensambles de las tuberías donde las dimensiones tienen estrechas tolerancias.

Múltiples pruebas han demostrado que las válvulas de diversos tipos hechas con la resina han resistido el uso en más de un millón de ciclos (Abrir-cerrar) sin que hayan mostrado la menor falla, las pruebas muestran que el copolímero es por lo menos dos veces más resistente al uso que el latón.

Las propiedades del copolímero lo hacen aprovechable incluso para conducir agua potable con fines domésticas, sin correr ningún riesgo de contaminación.

A continuación se muestran las fotos de una serie de aplicaciones de plomería que demuestran la gran con-

fianza que tienen los fabricantes en el producto (FIGURA 80.)

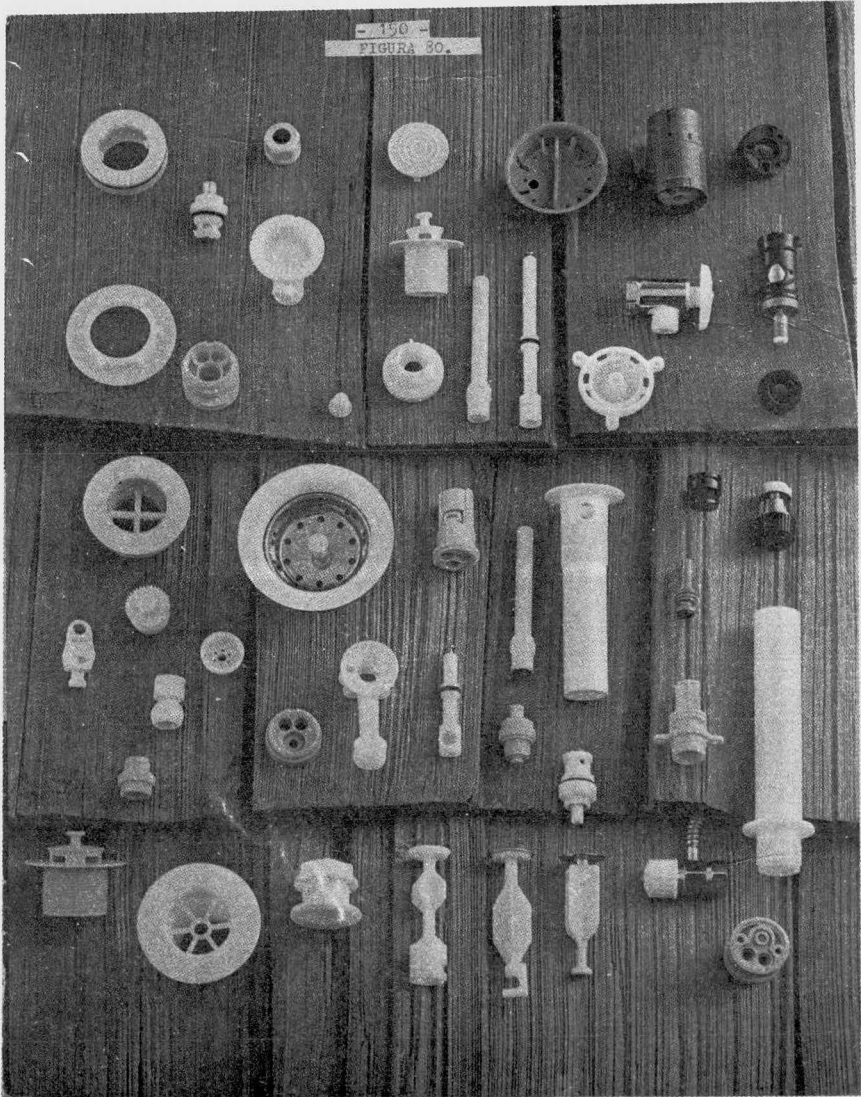
LOS RECIPIENTES DE AEROSOL.

El producto tiene una gran aplicación para recipientes de aerosol ya que permite diseños que antes no -- eran posibles por la poca variabilidad que ofrecían los materiales.

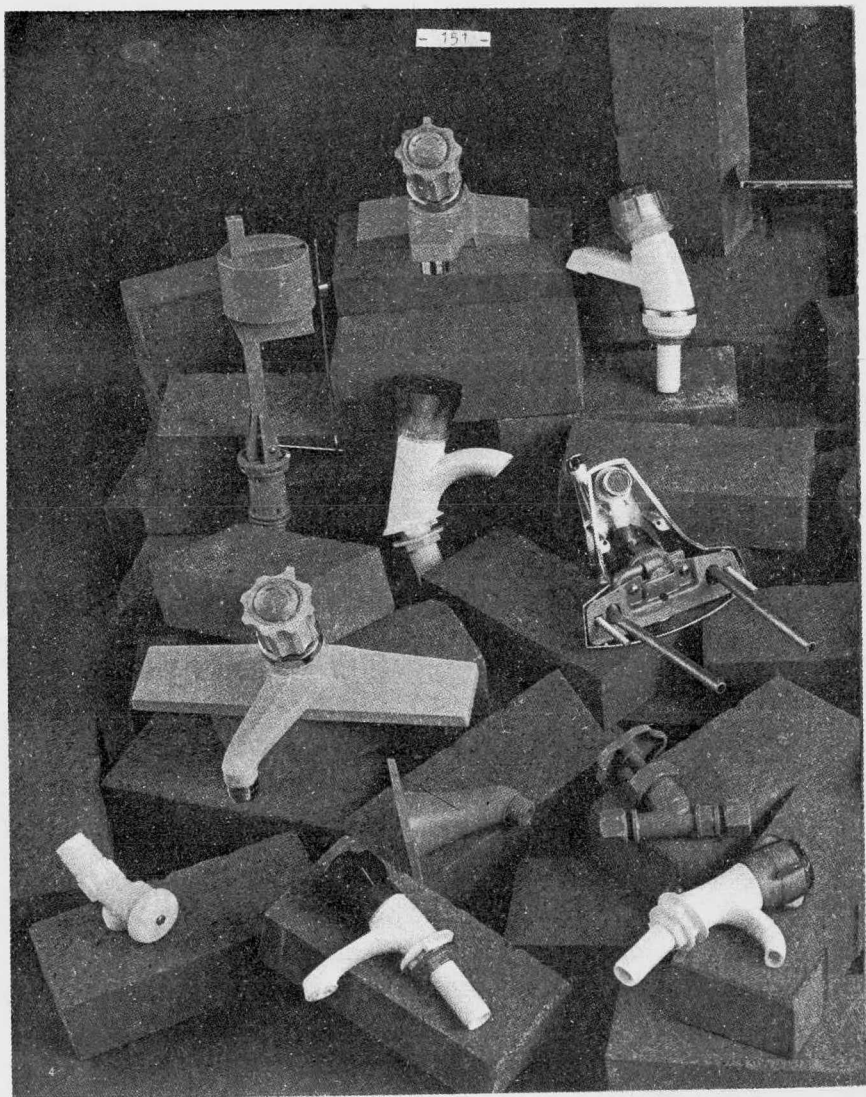
A altas presiones los recipientes hechos con -- el copolímero se expanden suavemente permitiendo liberar -- las presiones explosivas peligrosas, además estos recipien-- tes pueden ser desechados por medio de incineración, ya que por este método el producto sufre una combustión completa -- produciendo bióxido de carbono y agua en estado gaseoso, componentes estos de nuestra atmósfera, cualquier otra emisión es insignificantes y no altera los niveles de polución del -- aire urbano.

Además los recipientes de aerosol producidos -- con el producto son más baratos que los recipientes de metal o de vidrio forrados de vinilo, pueden ser decorados en formas más originales y la cantidad de propelentes y contenido puede ser mucho más variada ya que muchos alimentos y medicinas que era difícil empacar en recipientes de metal, ahora -- se envasan en recipientes de copolímero en forma higiénica y a bajo costo.

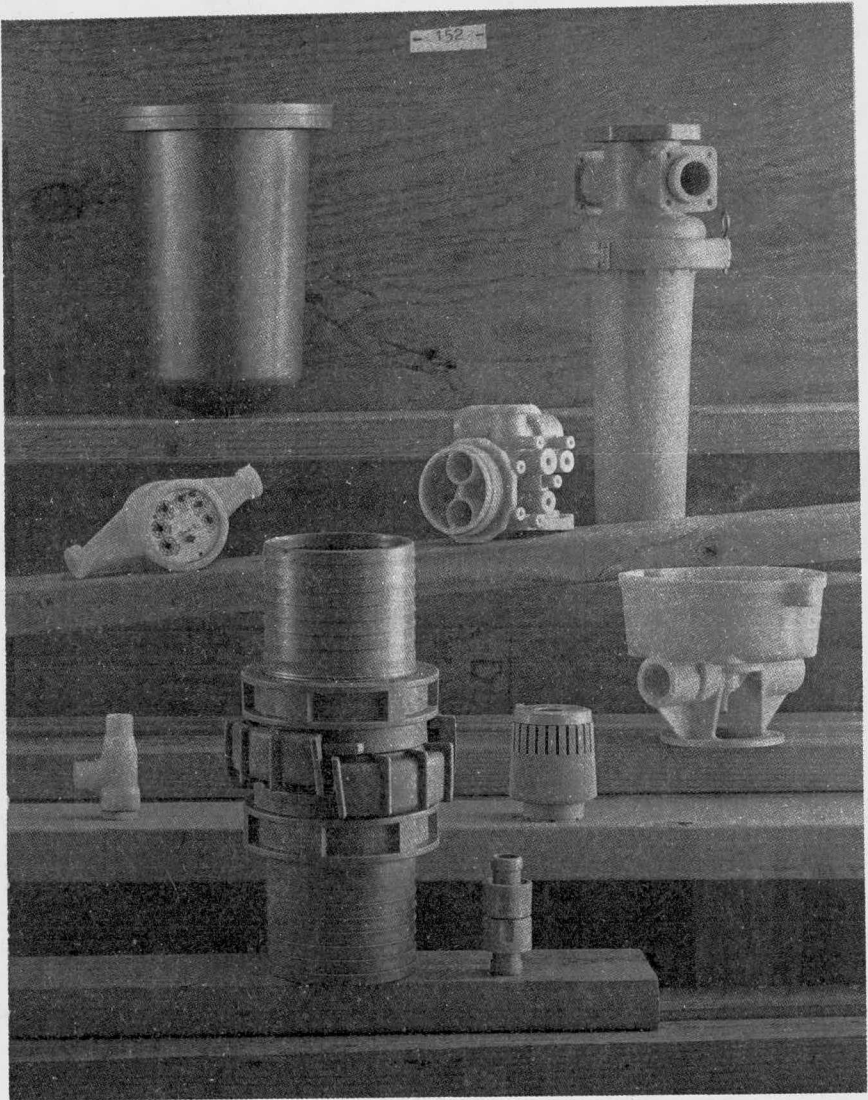
- 150 -
FIGURA 30.



- 151 -



152



Los antitranspirantes y tinturas que normalmente atacan a los envases convencionales no atacan al producto no es aconsejable este producto para ácidos fuertes. Otra - ventaja que presenta es que su densidad es mucho menor comparada con la del metal o del vidrio forrado de vinilo, por lo que el ahorro por el peso en embarques es considerable. Por ejemplo: sesenta envases de copolímero pesan doce punto cinco kilogramos mientras que sesenta envase equivalentes de -- vidrio-vinilo pesan treinta y un kilogramos es decir el -- ahorro en peso es de sesenta y seis por ciento aproximadamente.

5.- JUGUETES, ENVASES Y ARTICULOS PARA ESCRITORIO

El copolímero de Acetal es un material excelente para las partes de los juguetes que deben combinar, resistencia mecánica y buena apariencia.

Además los cambios de temperatura y humedad no afectan en forma importante las propiedades del producto, por lo tanto aquellas partes en los juguetes que están sujetas a la intemperie no sufrirán corrosión ambiental, ni corrosión por interacción electrolítica con otros materiales.

Los lápices y las plumas fabricadas con el producto tienen la elasticidad y la resistencia necesaria para soportar la repetida acción mecánica a las que están expuestos continuamente este tipo de artículos. El uso del temoplástico se ha extendido a incluir envases de plumas y otros componentes exteriores especialmente donde el brillo, superficies satinadas, dureza y resistencia de la pintura le adicionen al material valor, belleza y eficiencia.

6.- ENGRANES, LEVAS Y OTRAS PIEZAS CON ALMA DE METAL

El producto es estable a las temperaturas de -

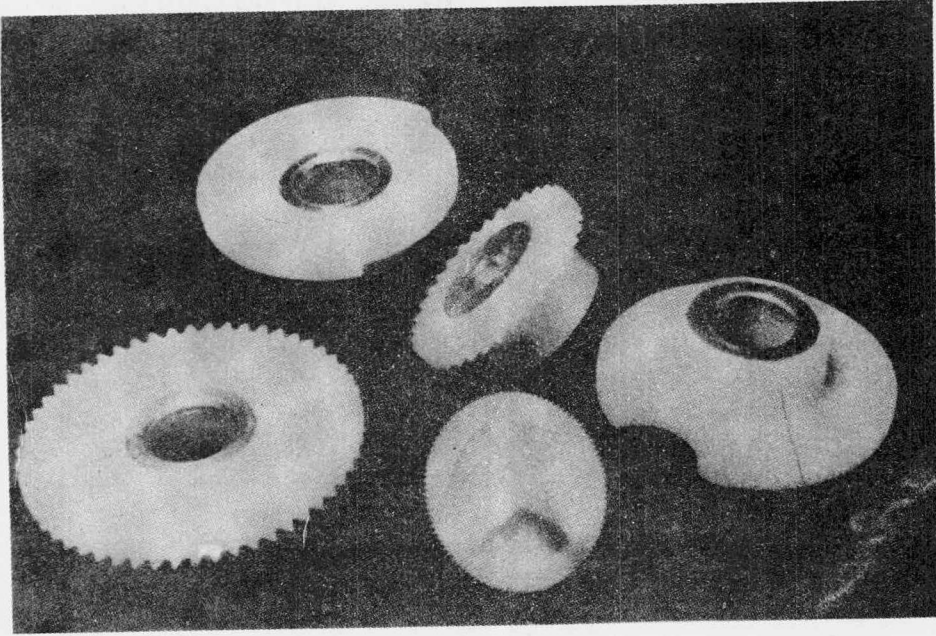
moldeo en presencia de cobre, zinc, níquel, bronce y latón, y puede ser moldeado satisfactoriamente en molde con aleaciones de cobre.

En la FIGURA 81 se muestran algunas piezas con insertos de metal integralmente moldeados.

En todas las aplicaciones industriales es de gran importancia el hecho de que el producto resiste ser limpiado por medio de vapor, el producto puede ser manejado y almacenado fácilmente ya que se vende en bolsas de multi-capas muy resistentes que contienen 22.7 kgs de gránulos en su forma natural.

En el almacén el producto permanece seco y puede ser procesado directamente del paquete, éste material no absorbe apreciable cantidad de vapor de agua de la atmósfera, pero pequeñas cantidades que se van absorbiendo durante un largo período de almacenamiento pueden acumular una humedad considerable.

FIGURA 81



3.- ALGO MAS SOBRE LA FORMULACION GC25 CON FIBRA DE VIDRIO.

La formulación GC25 se recomienda para aplicaciones en las que se requiere alta resistencia al calor, un gran esfuerzo físico y una alta capacidad de impacto.

La formulación GC25 ha sido químicamente modificada para producir un termoplástico capaz de mezclarse con fibra de vidrio, exhibiendo un incremento del 75 % al esfuerzo y más del 100 % del incremento en la resistencia al impacto.

El costo del GC25 es aproximadamente el costo del zinc y cerca del 50% menos que el latón, así la economía del GC25 no depende del bajo costo del material sino en las grandes posibilidades de diseño y el ahorro en peso, además de requerir menos operaciones de terminado porque puede ser incorporado al ensamble final sin costo adicional. También al ser eléctrica y térmicamente resistente, reduce la necesidad de elementos protectores.

4.- MEZCLAS DE M90 CON GC25

La mezcla de M90 y GC25 es una excelente manera en la que un ingeniero puede balancear el precio y las propiedades de un artículo.

4.- MEZCLAS DE M90 CON GC 25

La mezcla de M90 y GC25 es una excelente manera en la que un ingeniero puede balancear el precio y las propiedades de un artículo.

En general en la medida en que se aumenta la fibra de vidrio en la mezcla la resina es más rígida y fuerte, aumentando el módulo de tensión e incrementando la resistencia a la torsión y a la flexión.

Además de alterar el costo y las propiedades físicas de las partes moldeadas una mezcla de M90 y GC25 tendrá diferentes características de moldeo que las resinas madres, la viscosidad del fundido se incrementará con el contenido de fibra de vidrio, al mismo tiempo que aumenta la estabilidad dimensional.

En las FIGURAS 82 a 85 se muestran algunas propiedades importantes de las mezclas de M90 y GC25.

FIGURA 82

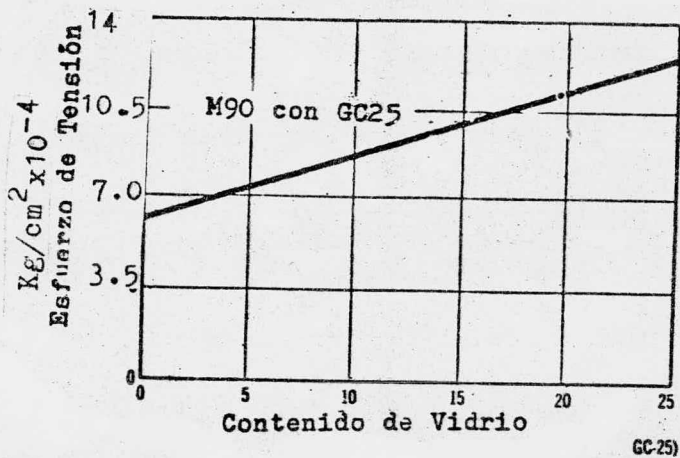


FIGURA 83

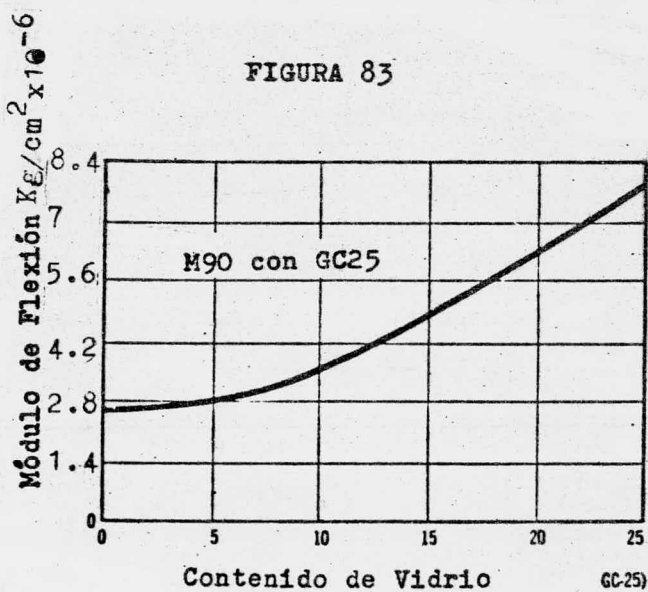


FIGURA 84

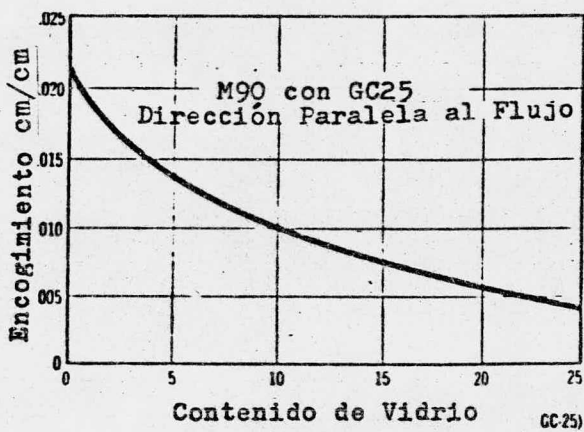
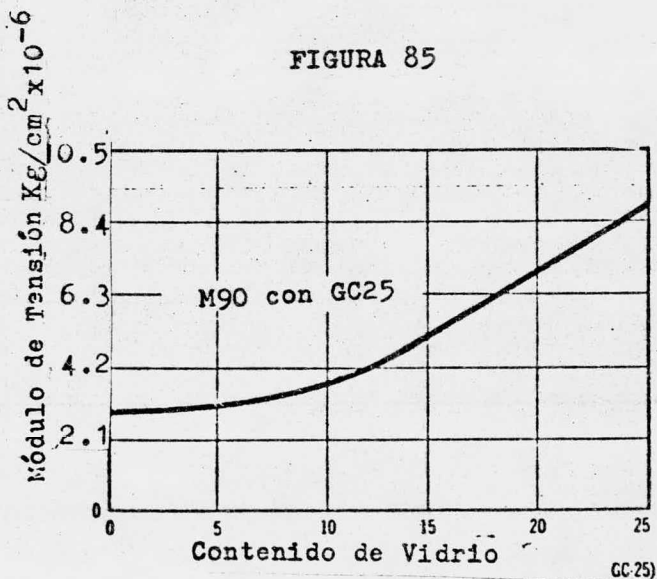


FIGURA 85



CAPITULO VII

PROPIEDADES VENTAJAS Y COSTOS DEL COPOLIMERO

CON RESPECTO

A LAS DEMAS RESINAS COMERCIALES EMPLEADAS

EN INGENIERIA

En el momento de decidir el material apropiado para una determinada aplicación en ingeniería, es importante conocer las propiedades físicas y químicas de los diferentes materiales posibles, así como los costos de éstos, pero tan importante como esto, es saber si estas propiedades se han de conservar al paso del tiempo en las condiciones de trabajo, o bien si la pérdida de estas propiedades está dentro de límites aceptables.

PROPIEDADES COMPARATIVAS A LARGO PLAZO.

En la mayoría de las aplicaciones en ingeniería, es importante saber si el material conserva sus propiedades es por lo menos un año de servicio a elevadas temperaturas.

De las propiedades más importantes que se de---

ben de conocer antes de seleccionar el material se destacan las siguientes:

A) Si el material se conserva al esfuerzo de tensión permitido de diseño.

B) Si el material se conserva al esfuerzo de impacto permitido de diseño.

c) Si el corrimiento del material escogido no rebasa el límite permitido del diseño, asegurando las manobras propias en los dientes de las piezas de engranaje.

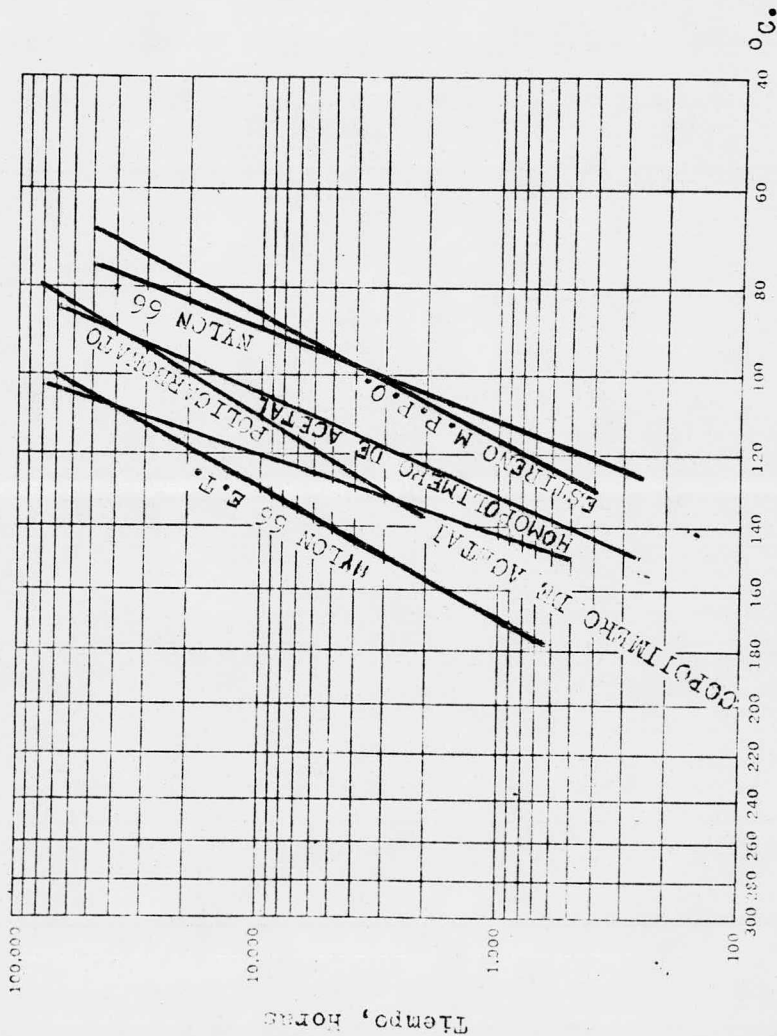
D) Si la resistencia química del material seleccionado es la adecuada para evitar procesos de corrosión, o degeneración del material seleccionado al ponerse en contacto con los lubricantes o reactivos empleados en el trabajo normal.

En las siguientes gráficas se representan los resultados de varias pruebas en condiciones A S T M a 23°C y 50 % de humedad relativa después de haber expuesto los materiales durante un año de operación a 105°C

En la FIGURA 86 se tiene gráficamente la tempera-

FIGURA 86

TEMPERATURA vs. TIEMPO PARA MANTENER EL 80% DEL ESFUERZO DE TENSION ORIGINAL



TEMPERATURA

tura contra el tiempo en el que la resina mantiene el 80 % de su esfuerzo de tensión original. Puede apreciarse que el copolímero de acetal mantiene el 80 % de su esfuerzo de tensión original por más tiempo y a mayor temperatura que las demás resina con excepción del Nylon 66 estabilizado térmicamente.

La FIGURA 87 tiene gráfícada la temperatura — contra el tiempo que tarda la resina en mantener el 80 % de su capacidad de elongación original. Como puede apreciarse, el copolímero de Acetal mantiene esta propiedad por más tiempo y a mayor temperatura que todos los demás termoplásticos comerciales.

Las abreviaturas utilizadas en las gráficas — son las siguientes:

E. T. Estabilizado térmicamente.

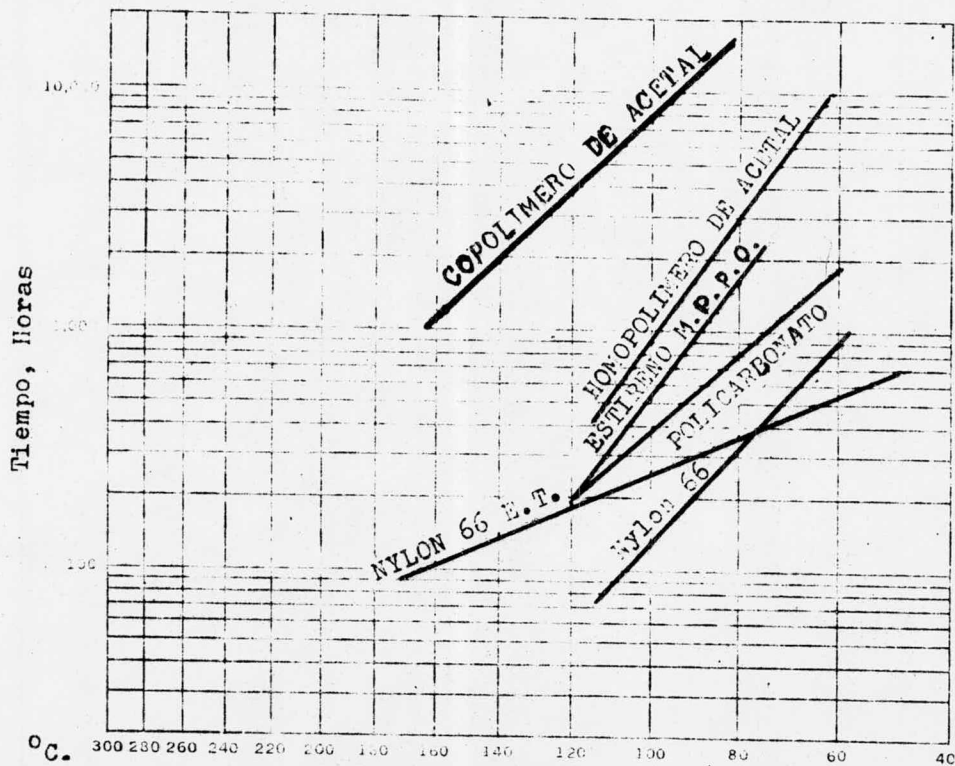
M.P.P.O. Modificado con óxido polifenílico.

R.V. Reforzada con fibra de vidrio

En la FIGURA 88 se tiene representada la tem— peratura contra el tiempo que conserva el material el 50 % de su esfuerzo de tensión al impacto. Nuevamente en esta — gráfica el copolímero de acetal muestra ser el mejor en esta prueba.

FIGURA 87

TEMPERATURA vs. TIEMPO PARA MANTENER EL 80% DE SU ALARGAMIENTO ORIGINAL



TEMPERATURA

En las FIGURAS 89 y 90 se tiene graficado el % de corrimiento a la flexión contra el tiempo.

La gráfica 89 es para fibras no reforzadas y la gráfica 90 muestra los resultados con resinas reforzadas con fibra de vidrio

El policarbonato es el que mantiene menor corrimiento seguido del copolímero de acetal mientras que en fibras reforzadas el celcon GC 25 es el que demuestra ser el adecuado para aplicaciones en las que esta propiedad es definitiva.

FIGURA 89

CORRIMIENTO A LA FLEXION A 35 Kg/cm² y 83°C

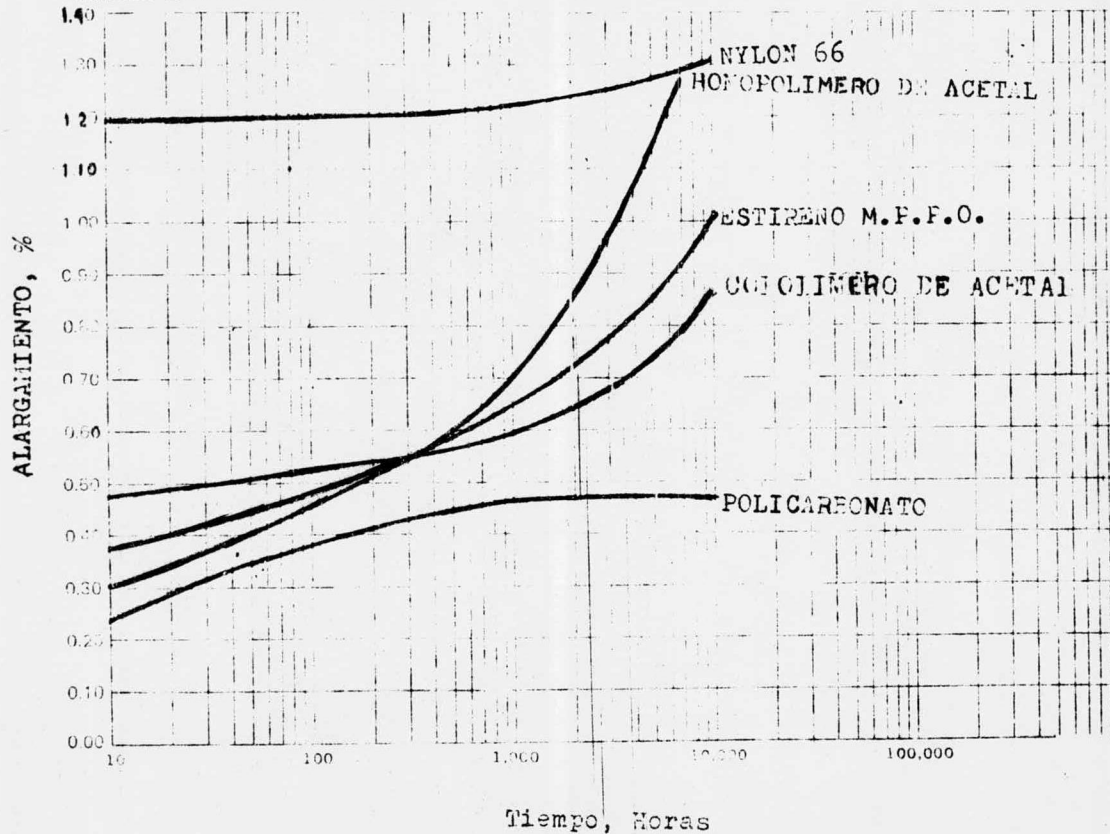
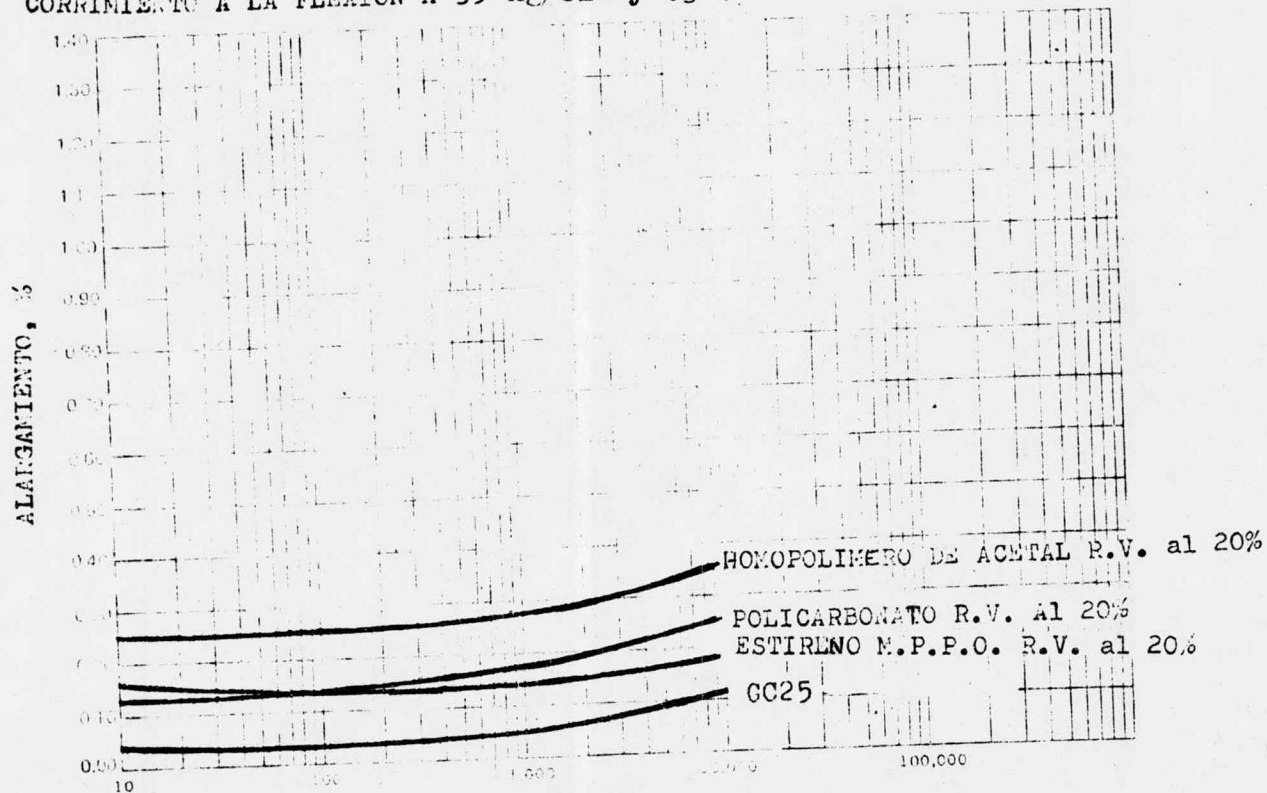


FIGURA 90
CORRIMIENTO A LA FLEXION A 35 Kg/cm^2 y 83°C .



Tiempo, Horas

EFECTO DE LA EXPOSICION

EN

AGUA CALIENTE

La llegada de los plásticos a la ingeniería ha hace factible el hecho de que estos materiales substituyan a los metales en operaciones de flujo de fluidos, tales como válvulas y tuberías, de tal forma que la industria plástica se está concentrando en desarrollar materiales para las altas temperaturas y presiones, con diferentes fluidos, operaciones en las que los metales eran los únicos materiales capaces de dar este servicio, con la ventaja de que los costos son más bajos con los plásticos que con los metales.

En las gráficas siguientes se muestran los efectos de la inmersión en agua caliente sobre algunas propiedades físicas.

En las FIGURAS 91 a 92 se tiene representado el esfuerzo de tensión contra el tiempo para fibras reforzadas y no reforzadas.

La FIGURA 91 muestra que el copolímero de acetil con el estireno modificado son los únicos que mantienen el esfuerzo original después de 10,000 horas de trabajo.

La FIGURA 92 muestra que de las fibras refor--

zadas las de GC 25 son las que tienen y conservan el mayor - esfuerzo a la tensión.

En la FIGURA 93 se muestra que el copolímero_ de acetal es el único termo plástico que conserva su capa— ciedad de elongación en límites aceptables después de las — 10,000 horas de trabajo.

FIGURA 91

ESFUERZO DE TENSION vs. TIEMPO DE INMERSION EN AGUA A 83°C

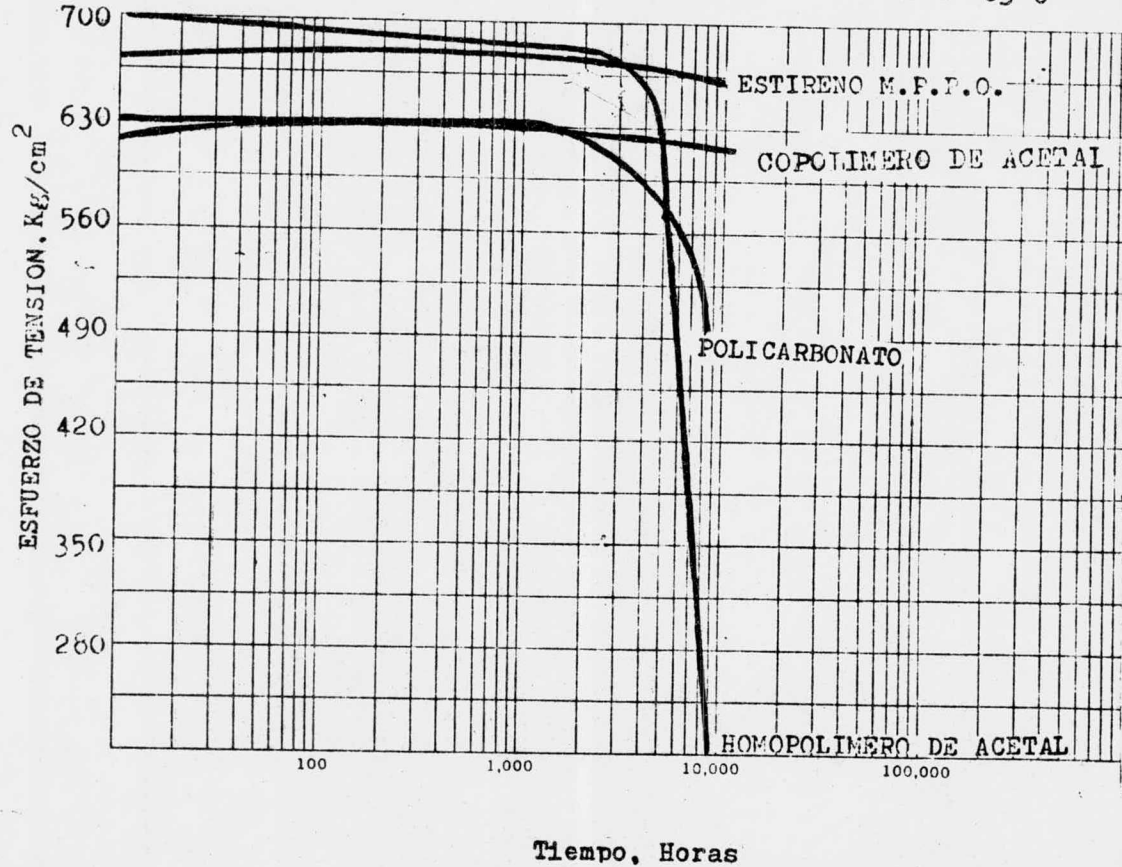


FIGURA 92

ESFUERZO DE TENSION vs. TIEMPO DE INMERSION EN AGUA A 83°C.

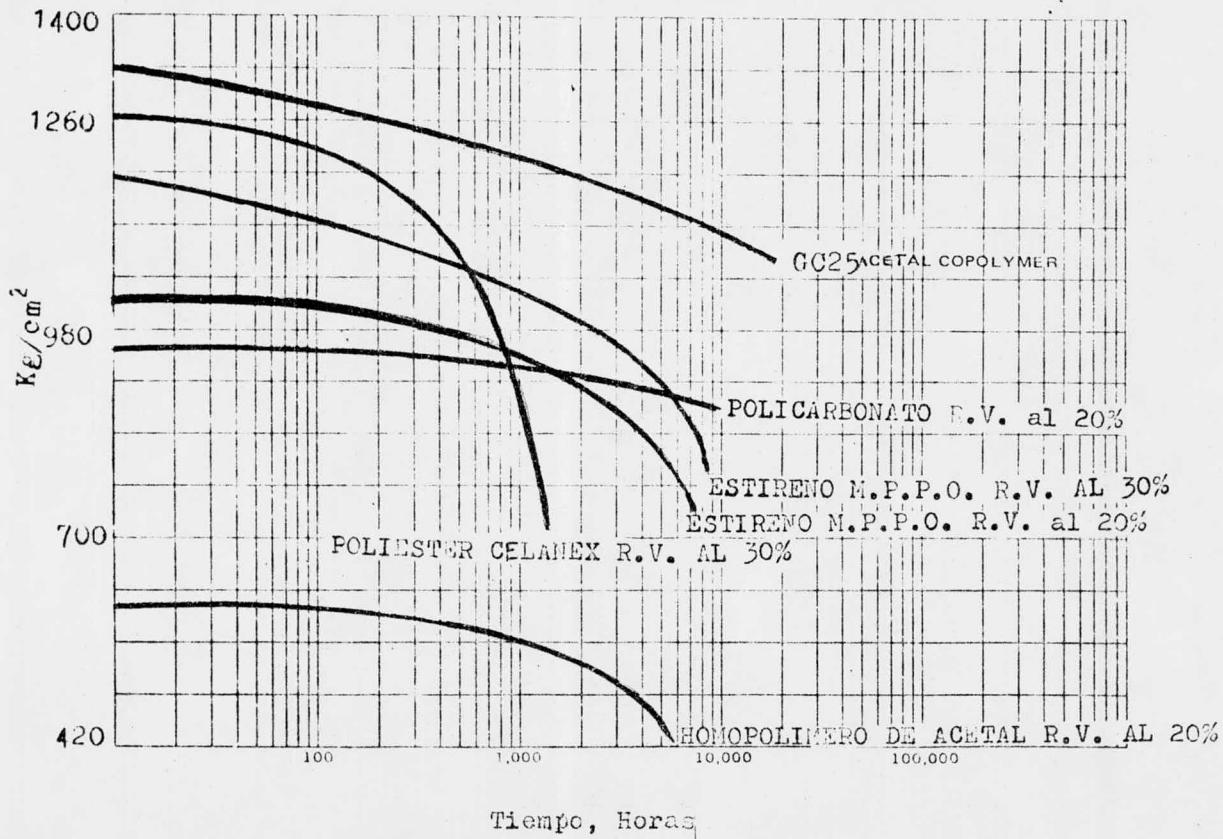
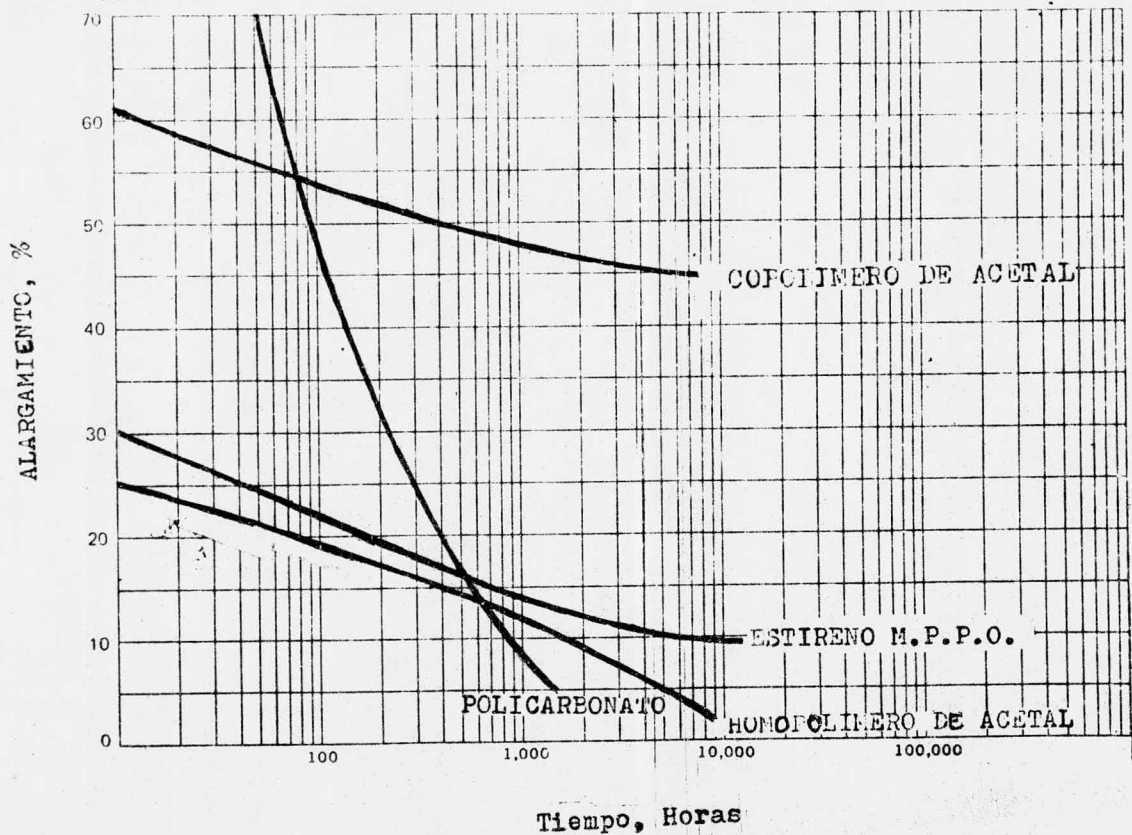


FIGURA 93

ALARGAMIENTO vs TIEMPO DE INMERSION EN AGUA A 83°C



EFECTO DE LA EXPOSICION

A

ALGUNOS AGENTES QUIMICOS

La resistencia de los materiales a los diversos agentes químicos es siempre importante.

Es particularmente difícil determinar la resistencia de los materiales a los diferentes agentes debido a la amplia variedad de compuestos y concentraciones en las que pueden presentarse éstos en las diferentes aplicaciones industriales.

Los polímeros de ingeniería tienen diferentes estructuras, y por lo tanto reaccionarán en diversas formas al ponerse en contacto con los agentes químicos en diferentes condiciones de temperatura y presión.

A continuación se presenta una tabla que muestra la resistencia química de los termoplásticos de ingeniería al contacto con algunos agentes a 23°C. FIGURA 94

El copolímero de acetal es atacado únicamente por los ácidos fuertes, por lo que no se recomienda su empleo en aplicaciones en que el material pueda estar en contacto con éstos.

RESULTADO DE EXPONER LAS RESINAS A ALGUNOS AGENTES
QUIMICOS.

FIGURA 94

Resistencia Química a 23°C	SOLIMERO DE ACETAL						
	Homopolímero de Acetal	Estireno R.P.P.O.	Policarbonato	Nylon 66	Polyester	Celanex	
F - Perfecto							
P - Malo							
G - Bueno							
Acido Acético al 5%	G	F	G	G	P	G	G
Acetona	G	G	G	G	G	G	G
Hidroxido de Amonio	G	P	G	G	G	G	G
Agua Regia	P	P	P	P	P	P	P
Benceno	G	G	G	G	G	G	G
Tetracloruro de Carbono	G	G	G	G	G	G	G
Cloroformo	G	G	G	G	G	G	G
Acido Cítrico	G	F	G	G	G	G	G
Dimetil Formamida	F	F	F	F	F	F	F
Acetato de Etilo	G	G	G	G	G	G	G
Alcohol Etilico	G	G	G	G	G	G	G
Eter Etilico	G	G	G	G	G	G	G
Dicloruro de Etileno	G	G	G	G	G	G	G
Etilen glicol	G	F	G	G	G	G	G
Formaldehido	G	G	G	G	G	G	G
Acido Fórmico	P	P	P	P	P	P	P
Freón	G	F	F	F	F	F	F
Gasolina	G	G	G	G	G	G	G
Heptano	G	G	G	G	G	G	G
Hexano	G	G	G	G	G	G	G
Acido Clorhídrico	P	P	G	F	P	F	F
Peróxido de hidrógeno	F	P	G	P	P	P	P
Keroseno	G	G	G	G	G	G	G
Acite de Linaza	G	G	G	G	G	G	G
Alcohol Metílico	G	G	P	P	P	P	P
Metil etil Cetona	G	G	G	G	G	G	G
Aceites Minerales	G	G	G	G	G	G	G
Acido Nítrico	G	P	G	G	G	G	G
Acido Oleico	P	F	F	G	G	G	G
Fenol	F	F	P	P	P	P	P
Acido Fosforico	P	P	P	P	P	P	P
Solución de Jabon	G	G	G	G	G	G	G
Carbonato de Sodio	G	G	G	G	G	G	G
Cloruro de Sodio	G	G	G	G	G	G	G
Hidróxido de Sodio	G	F	G	G	G	G	G
Hipoclorito de Sodio	F	P	G	G	G	G	G
Tiosulfato de Sodio	G	F	G	G	G	G	G
Acido Sulfúrico	P	P	G	P	P	P	P
Tolueno	G	F	G	G	G	G	G
Agua	G	G	G	G	G	G	G

PROPIEDADES COMPARATIVAS A CORTO PLAZO

Los datos reportados a continuación, para las diferentes resinas de ingeniería, son los valores de las propiedades que tienen los termoplásticos sin haber sufrido exposición a ningún agente.

Sin embargo estas propiedades pueden cambiar con las condiciones de operación a través del tiempo.

Estos valores se reportan para diferentes formulaciones de los termoplásticos usados comercialmente, incluyendo aquellas reforzadas con fibra de vidrio.

La FIGURA 95 reporta las principales propiedades térmicas de las resinas.

La FIGURA 96 muestra las principales propiedades eléctricas de las resinas a 23°C.

Y la FIGURA 97 muestra las propiedades físico-mecánicas de las resinas medidas a 23°C.

Todos los datos fueron obtenidos de acuerdo a los métodos ASTM adecuados para cada caso.

PROPIEDADES TERMICAS DE LAS RESINAS DE INGENIERIA.

FIGURA 95

PROPIEDAD	METODO A.S.T.M.	RESINAS NO REFORZADAS.						RESINAS REFORZADAS							
		COFOJIMEPO DE ACETAI	HOMOPOLIMERO DE ACETAL	ESTIRENO M. P.P.O.	POLICARBONATO	NYLON 66	POLIESTER CELANEX	COFOJIMEPO AL 25%	HOMOPOLIMERO DE ACETAL R.V. AL 20%	ESTIRENO M.P.P.O. R.V. AL 50%	POLICARBONATO R.V. AL 20%	NYLON 66 R.V. AL 33%	NYLON 66 R.V. AL 40%	POLIESTER CELANEX R.V. AL 50%	
Punto de Fusión °C		165	175	-	-	265	228	166	175	-	-	-	265	265	228
Temperatura de Deflec. @ 18Kg/cm ² °C	D648	110	124	129	131	75	54	162	157	145	158	146	252	253	213
@ 15Kg/cm ²		158	170	137	139	190	152	166	-	143	155	-	272	272	228
Deformación bajo carga 140Kg/cm ² y 50°C, %	D621	1.0	0.5	0.3	0.2	1.40	0.17	0.60	0.50	0.20	0.12	-	0.31	-	0.12
Coefficiente de Expansión Térmica Lineal. cm/cm/°C x 10 ⁻⁵	D696	2.6	2.5	1.7	2.1	2.3	2.9	1.2	2.5	1.1	.75	.95	.80	-	.70
								Dir. del Flujo 2.6							Dir. del Flujo 3.0
								Dir. Transversal							Dir. Transversal

PROPIEDADES ELECTRICAS DE LAS RESINAS DE INGENIERIA A 23°C

FIGURA 96

	RESISTIVIDAD VOLUMETRICA Ohm-Cm	ESFUERZO DIELECTRICO 3.1cm de GRUESO Volts/Mil	CONSTANTE DIELECTRICA			PODER DE DISIPACION			Arco de Resistencia
			60 Ciclos 10 ³	Ciclos 10 ⁶	Ciclos	60 Ciclos	10 ³ Ciclos	10 ⁶ Ciclos	
COFOJIMEPO DE ACETAI	1.0 x 10 ¹⁴	500	3.7	3.7	3.7	-	0.0010	0.006	240
HOMOPOLIMERO DE ACETAL	1.0 x 10 ¹⁵	380	3.7	3.7	3.7	-	0.0048	0.0048	129
ESTIRENO M.P.P.O.	1.0 x 10 ¹⁶	400-500	2.64	2.64	2.64	0.0004	0.0008	0.0009	75
POLICARBONATO	2.1 x 10 ¹⁶	400	2.9-3.2	2.04	2.92	0.0009	0.0021	0.10	10-120
NYLON 66	1.0 x 10 ¹⁵	385-470	4.0-4.6	3.9-4.5	3.4-3.6	0.014-0.040	0.02-0.04	0.04	130-140
POLIESTER CELANEX	1.0 x 10 ¹⁶	590	3.3	-	-	0.002	-	-	130

FIGURA 97

PROPIEDAD	METODO A.S.T.M.	RESINAS NO REFORZADAS						RESINAS REFORZADAS							
		COPIOLIMERO DE ACETAL	HOMOPOLIMERO DE ACETAL	ESTIRENO M.F.P.O.	POLICARONATO	NYLON 66	POLIESTER CELANEX	COPIOLIMERO GC25	HOMOPOLIMERO DE ACETAL R.V. AL 20%	ESTIRENO M.F.P.O. R.V. AL 30%	ESTIRENO M.F.P.O. R.V. AL 20%	POLICARONATO R.V. AL 20%	NYLON 66 R.V. AL 33%	NYLON 66 R.V. AL 40%	POLIESTER CELANEX R.V. AL 30%
Gravedad Especifica	D792	1.41	1.42	1.06	1.20	1.1	1.3	1.61	1.5	1.21	1.27	1.35	1.38	1.47	1.52
Esfuerzo de 2-ensión Kg./cm. ²	D638	610	700	670	630	595	560	1205	595	1015	1190	1120	1540	1750	1190
Alargamiento %	D638	60	25	25	110	300	300	3	7	5	5	5	5	4	4.5
Módulo de Tensión Kg./cm. ² x 10 ⁻⁶	D638	2.9	3.6	2.5	2.4	-	-	8.8	-	6.4	8.4	6.0	-	-	9.1
Esfuerzo de Flexión psi	D790	910	990	945	945	720	840	1960	-	1295	1400	1330	2030	2450	1820
Módulo de Flexión Kg./cm. ² x 10 ⁻⁶	D790	2.6	2.9	2.5	2.4	1.29	2.3	7.7	6.2	5.2	7.7	5.6	6.3	7.0	7.7
Resistencia a la Fatiga Kg./cm. ² No. Ciclos	D671	294/ 10MM	350/ 1MM	175/ 2MM	75/ 2.5MM	-	200/ 10MM	500/ 10MM	350/ 10MM	200/ 2MM	535/ 2MM	535/ 2.5MM	322/ 10MM	342/ 10MM	1000
Fuerza de Compresión @10% Del.	D695	1120	1260	1140	875	-	410	1140	1210	1230	1250	1120	1750	-	1260
Dureza Rockwell	D785	80	94	78	70	61	78	79	90	90	90	91	82	85	90
Resistencia al Impacto Ft.-lb. cm. (Ranurado)	D258	.20	.22	.80	2.2	.32	.16	.25	.2	.21	.31	.32	.20	.30	.20
Esfuerzo al Impacto. psi	D1922	5.6	7.0	8.4	-	43	-	3.5	-	4.2	3.5	2.1	5.6	6.0	2.6
Esfuerzo Cortante Absorción de H ₂ O 24 Hr Inmersión	D732	540	665	735	700	574	539	910	-	728	740	700	710	735	567
	D570	0.22	.26	-	0.15	1.50	.69	.29	.25	-	-	.16	1.0	0.9	.07
Coefficiente de Fricción															
Dinámica															
Contra	D1824														
Acero		.15	.20	0.37	-	.15	.13	.15	.20	-	-	-	.17	.17	.12
Bronce		.15	-	.42	-	.11	.13	.15	-	-	-	-	.24	.24	.12
Aluminio		.15	-	-	-	.12	.13	.15	-	-	-	-	.13	.13	.12
el mismo		.35	-	.27	-	.24	.17	.35	-	-	-	-	.23	.23	.16
Encogimiento															
Promedio Mm/2.5cm		20	20	57	6	16	20	11	-	24	13	23	8	7	3
Dir de Flujo Mm/2.5cm		22	22	-	-	-	17	4	13	-	-	-	6	5	2
Dir Transversal Mm/2.5cm		18	18	-	-	-	23	18	28	-	-	-	11	10	4

COMPARACION DEL COPOLIMERO CON

EI

HOMOPOLIMERO DE ACETAL

De los dos acetales más conocidos uno es el homopolímero de acetal que es esencialmente una cadena lineal de formaldehído. El otro es el celcón que es un copolímero de trioxano. Cabe aclarar que la bibliografía consultada no especifica si el homopolímero mencionado es el producto registrado y patentado por la Cia. Dupont.

En las pruebas comparativas efectuadas en el laboratorio se ha observado que en las propiedades a corto plazo se obtienen resultados similares con diferencias no significativas entre los dos termoplásticos, como lo muestra la FIGURA 98

Pero cuando las piezas se someten al uso por largos períodos de tiempo (propiedades a largo plazo) los resultados no son los mismos, y mientras más drásticas sean las condiciones de la prueba, más acentuada es la diferencia a favor del copolímero.

Además las temperaturas de moldeo son más bajas y menos críticas en el copolímero que en el homopolímero.

En las siguientes gráficas se muestran los resultados obtenidos con los dos acetales en pruebas de diversos tipos.

En las FIGURAS 99 a 102 se muestran los resultados de exponer las resinas en aire a una temperatura de -115°C en largos períodos de trabajo.

En las FIGURAS 103 a 107 se puede apreciar el efecto de varios productos químicos sobre el copolímero y el homopolímero.

En las FIGURAS 108 a 113 se muestra el efecto de exponer los dos materiales en agua por un período de un año. En las FIGURAS 108 a 110 la temperatura del agua es de 100°C . (Punto de ebullición del agua) y en las FIGURAS 111 a 113 a la temperatura es de 83°C .

FIGURA 98

	COPOLIMERO DE ACETAL	HOMOPOLIMERO DE ACETAL
Resistencia a la Tensión (en el punto cedente), Kg/cm^2	616	700
Elongación, %	60	25
Resistencia a la Flexión, Kg/cm^2	966	980
Energía de Trabajo, $\text{Kg-m}/\text{cm}^2$	43.8	21

FIGURA 99

RESISTENCIA TERMICA A LARGO PLAZO.
AIRE A 115°C.
ESFUERZO DE TENSION AL IMPACTO vs. TIEMPO

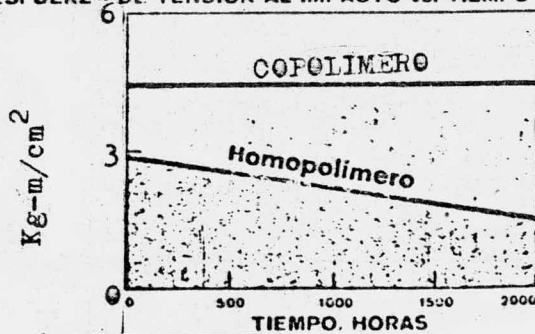


FIGURA 100

RESISTENCIA TERMICA A LARGO PLAZO. AIRE A 115 C
ESFUERZO AL IMPACTO IZOD (con muesca)

183

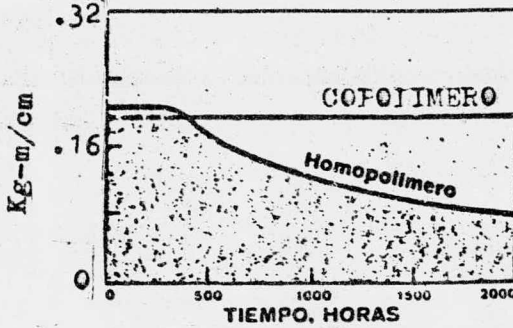


FIGURA 101

RESISTENCIA TERMICA A LARGO PLAZO. AIRE A 115 C
ESFUERZO A LA TENSION vs. TIEMPO

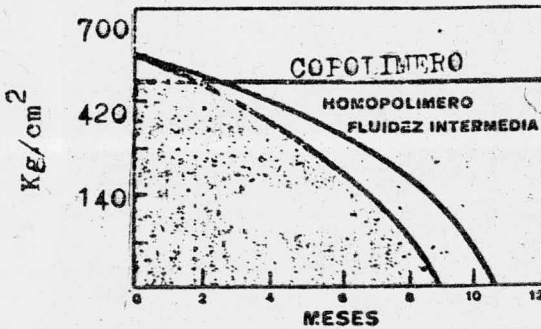


FIGURA 102

RESISTENCIA A LA DEFORMACION POR FLEXION
AIRE A 83 C . Esfuerzo sobre fibra 35 KG/cm²

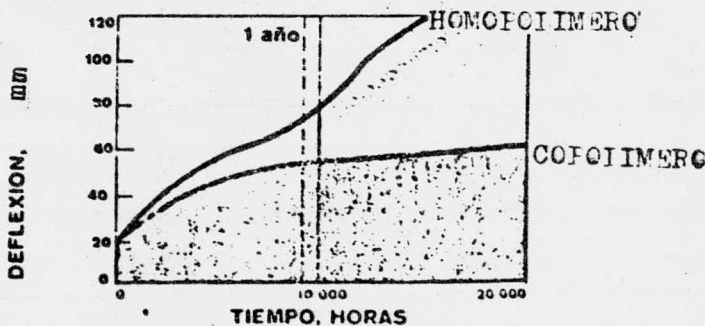


FIGURA 103

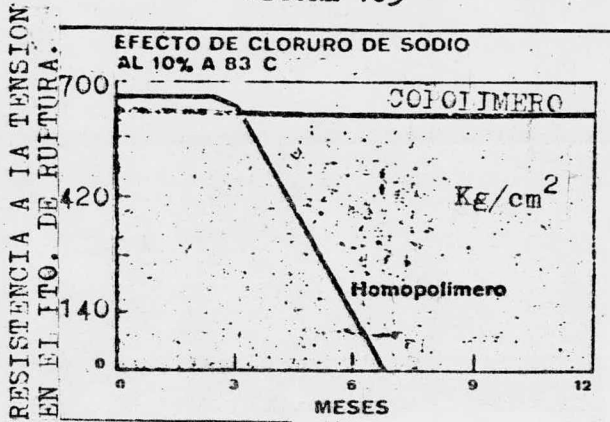


FIGURA 104

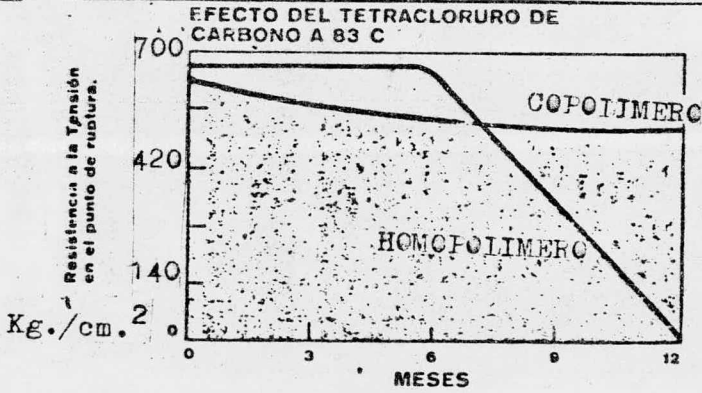
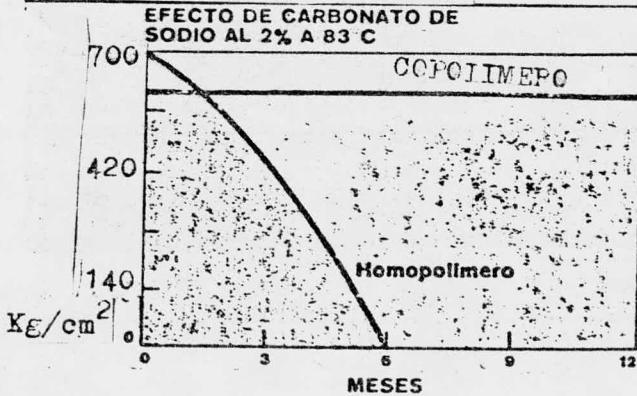


FIGURA 105



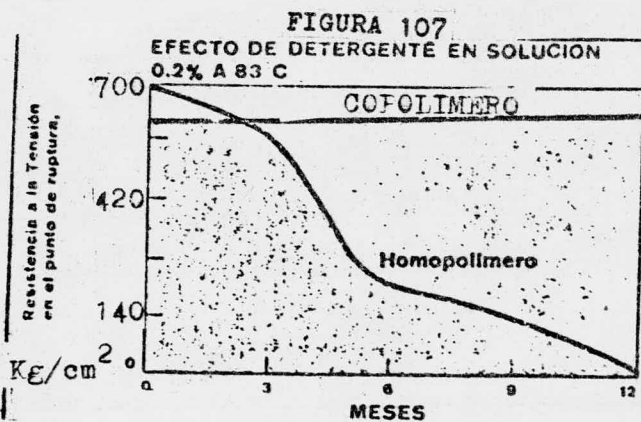
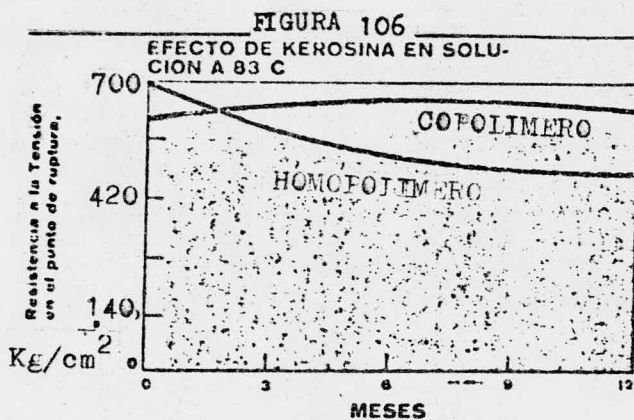


FIGURA 108

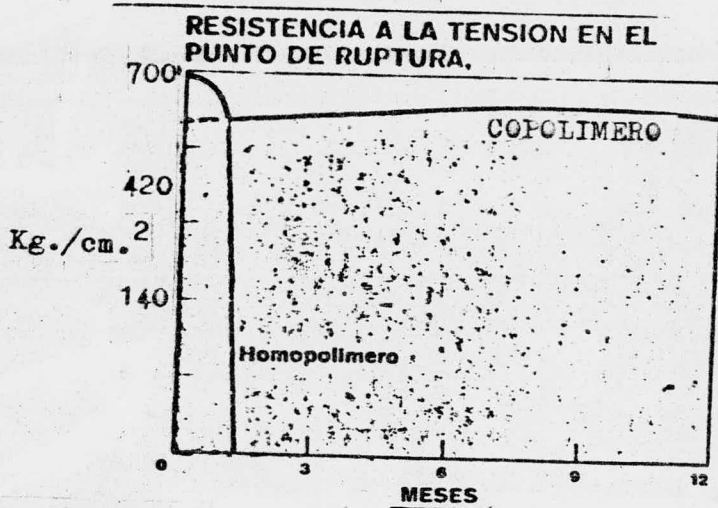


FIGURA 109

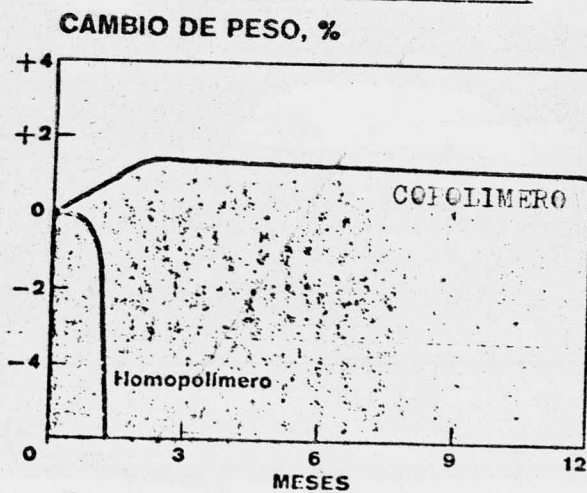


FIGURA 110

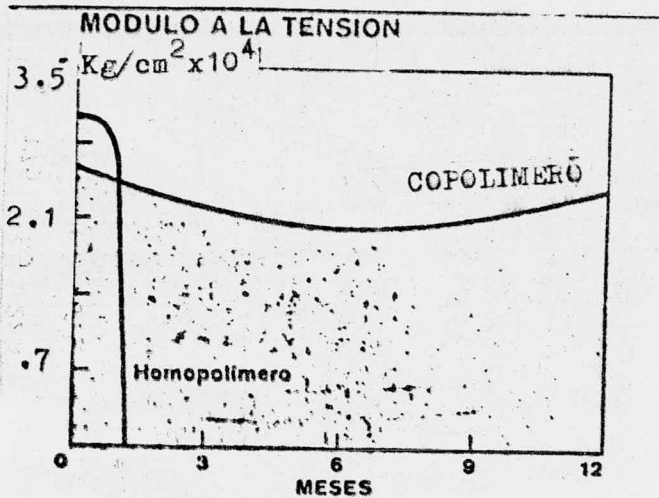


FIGURA 111

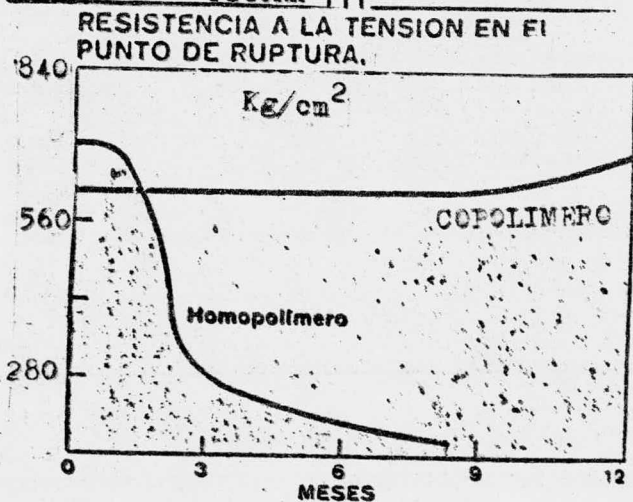


FIGURA 112

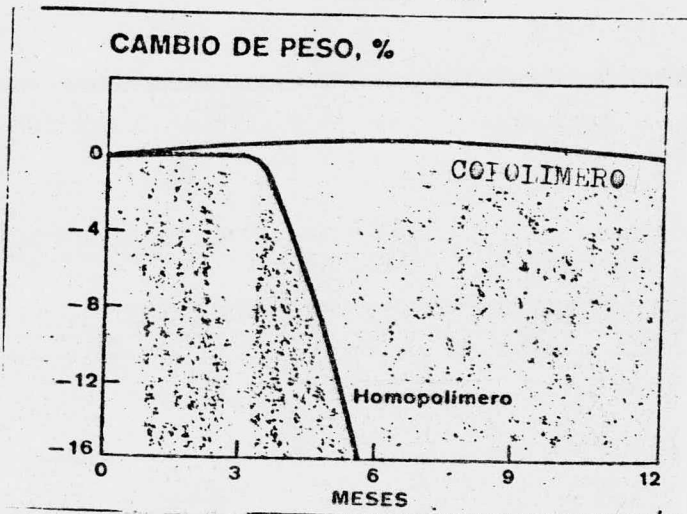
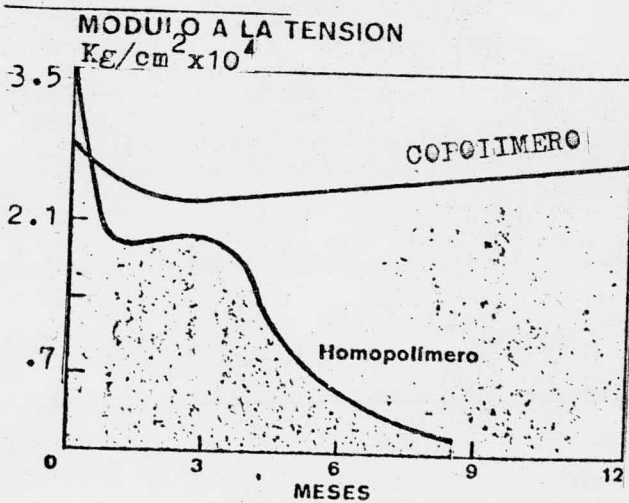


FIGURA 113



COSTOS

A pesar de las magníficas propiedades exhibidas por el copolímero de acetal, contra lo que podría pensarse su costo es el más bajo en comparación con el de las otras resinas termoplásticas cuyas propiedades fueron revisadas en éste capítulo, con excepción del homopolímero de acetal, cuyo costo es exactamente el mismo.

Algunas de las formulaciones de estos productos no se venden en el mercado mexicano debido a que la demanda de éstas es aún muy baja para representar un atractivo comercial.

En las FIGURAS 114 y 115 se reportan los costos comparativos de las diferentes resinas tomando como unidad el costo de 1 Kg de copolímero para las dos gráficas.

En la FIGURA 114 se reportan los costos por cada 500 grms de producto.

Y en la FIGURA 115 se reportan los costos por cada 100 cm³ de producto.

FIGURA 114

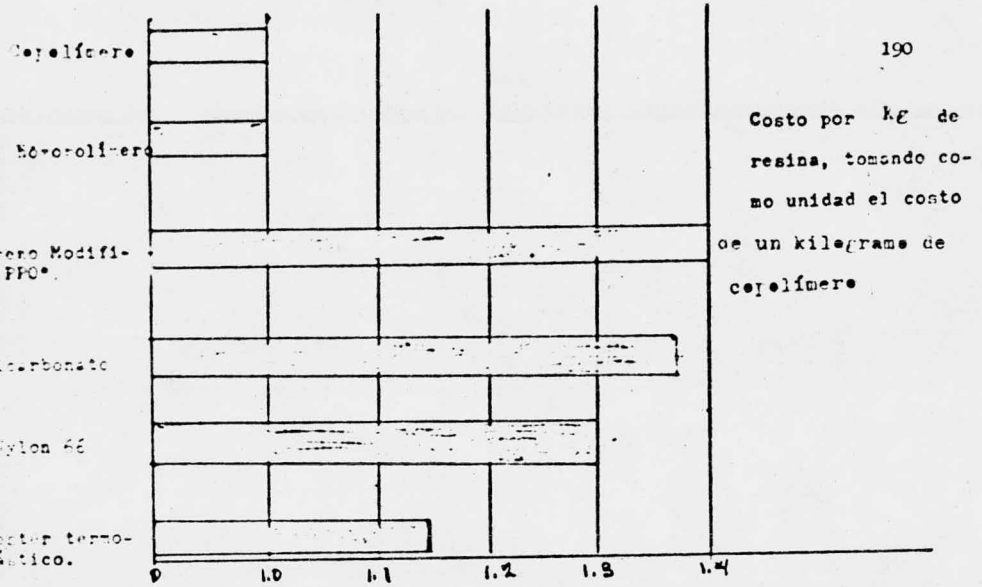
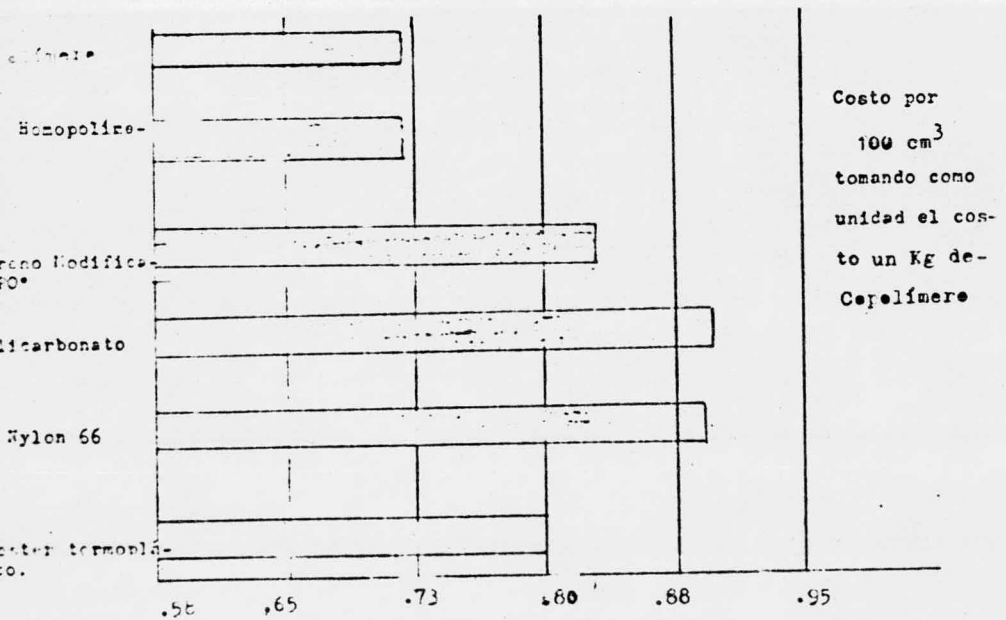


FIGURA 115



CAPITULO VIII

CONCLUSIONES.

El presente trabajo ha pretendido dar a conocer las ventajas, propiedades, usos, formas de obtención, - costos, etc. que posee el copolímero de acetal cuyo nombre comercial es Celcon.

Creemos que el objetivo se ha cumplido satisfactoriamente, además ha sido nuestro deseo a lo largo de la realización de esta tesis al tratar de que la misma sea comprendida y utilizada no solamente por los especialistas en la materia, sino por todos aquellos que pretenden saber algo más, ya sea de los polímeros en general, como de los polímeros usados en ingeniería en particular y muy especialmente del copolímero de acetal.

Por otro lado el celcon presenta además un impulso muy importante a la investigación en la química ya -- que su forma de obtención, sus formulaciones y su composición química presentan un comportamiento por demás original y fundamentalmente aprovechable.

Sin embargo todas estas magníficas posibilidades que ofrece éste producto no son aprovechadas en el mercado mexicano de los plásticos, ya que de todas las formulaciou

nes antes descritas, dentro del país únicamente, se encuentran en el mercado el Celcon M90-04 y el M90-07. con los cuales se fabrican entre los productos más conocidos, la parte externa de los aparatos telefónicos y de comunicación en general, los volantes para automoviles VW, y la parte plástica de los broches de los cinturones de seguridad.

El bajo aprovechamiento de este producto es debido principalmente a la baja capacidad productiva del país tanto en la industria de transformación, como en la actividad comercial y al poco conocimiento que se tiene actualmente de las posibilidades industriales, económicas, estéticas y domésticas de este producto.

Así pues la pretensión principal de este trabajo es la de divulgar y dar a conocer en una forma más amplia y especializada todas las características y propiedades mencionadas durante el trabajo.

A lo largo de toda la investigación y en especial para la realización del capítulo de obtención, nos enfrentamos al gran aparato y fuerte protección que poseen los productos comerciales patentados, ya que existen un mínimo de 150 patentes registradas en todo el mundo únicamente para el copolímero de acetal por la Celanese Corporation of America; este bloqueo tan importante a la información representa una pequeña muestra, al menos de lo que para el mundo capitalista representa la información científica y la plusvalía económica de la actividad comercial.

Sin embargo a pesar de tener que lidiar, primero con la forma de conseguir la información (alrededor de 10 patentes de diferentes países) y la forma de protección - tan grande que, de por si cada patente trae consigo, pensamos que al menos hemos podido descifrar la vía química de la obtención del producto.

Que el presente estudio sea de utilidad para - los industriales, los artesanos que utilizan estos productos y los estudiosos de las resinas de ingeniería son nuestros - mejores deseos.

B I B L I O G R A F I A

Las primeras 10 referencias bibliográficas son publicaciones que amablemente nos proporcionó la Corporación Celanese.

- 1.- Publicación CIA General Properties of Celcon
- 2.- Publicación CIA Glass-Reinforced Celcon.
- 3.- Publicación CIC Celcon Color Concentrates
- 4.- Publicación C3C Blow Molding Celcon
- 5.- Publicación C3D Fabricating & Machining Celcon
- 6.- Publicación C3A Inyección Molding Celcon
- 7.- Celcon Aerosol A Touch of Warmth
- 8.- What you always wanted to know about engineering resins
- 9.- Celcon Plumbing Applications around the world
- 10.- La verdad acerca de los acetales contra el tiempo
- 11.- Oximethylene polymers prepared by cationic polymerization of trioxane, de Fazio Charles A (Celanese Corp. of América) Fr. 1,536770 (CL. C08g) 16 de aug. 1968, U.S.- Appl 16 sep. 1966

- 12.- Preparation of Oximethylene Copolimers, Chem. Catherine Shuihua Hsia (Celanese Corp. of América) Germany Affen 1906, 899 C1 C08g 18 sep. 1969, V.S. appl 12 feb. 1968.
- 13.- Macromoleculer polioximetilene from trioxane Bruni George J. Celanese Corp. of América Germany offen 1,420292 C1, C08 g; 15 oct. 1970 U.S. Appl april 1966.
- 14.- Acetal Copolimers Corp. Celanese Corp. of América - - - British 1,023185 C1 C08g. U.S. App april 25. 1966.
- 15.- Monografía de polioximetileno; Sergio Rojas Rubí y - - - Fausto Gómez Lorence Tesis 1975 Facultad de Química - - - U.N.A.M.
- 16.- Tratado General de Plásticos; Hebert R. Simonds, A. - - - Weith & M.H. Bigelow. Reverte, S. A. 1953.
- 17.- Plásticos Modernos; Barrow Harry Ed. Gili, 1952.
- 18.- Fundamentals of High Polimers; Battista Orlando. Reinhold, 1958.
- 19.- Polimeric Materials, Winding Hiatt. Mc. Graw Hill, 1961.