

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA
QUIMICA Y MANUFACTURERA



ES UDIO PRELIMINAR PARA LA IMPLANTACION DE UN
LABORATORIO DE ENSAYOS Y CONTROL DE LA CALIDAD
DE MATERIALES POLIMERICOS

T E S I S

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUIMICO

MARIA BEGONA DEL CARMEN GONZALEZ CHUQUIURE

PROMOCION 1981 - I

Lima - Perú
1983

I N D I C E G E N E R A L

CAPITULOS	PAG.
1. INTRODUCCION	1
2. VISION GENERAL DE LA COMERCIALIZACION DE LOS MATERIALES PLASTICOS	
2.1 Principales Industrias Nacionales	6
2.2 Estadísticas de los Materiales Plásticos del Mercado Exterior	10
2.3 Presentación de los Máximos Consumos y de los Costos por Kilo de los Materiales Poliméricos y de Productos Manufacturados Importados por el Perú durante los años 1979, 1980 y 1981; como criterio para Seleccionar las Pruebas Físicas y Químicas de los Plásticos	19
2.4 Conclusiones	25
3. CONTROL DE LA CALIDAD EN LA INDUSTRIA DE LOS PLASTICOS	33
3.1 Selección de los Plásticos	33
3.2 Identificación de los Plásticos	36
3.3 Ensayos con los Materiales Plásticos	36
3.4 Clasificación de las Propiedades de los Polímeros	38
3.4.1 Propiedades Físicas	38
3.4.2 Propiedades de Permanencia	39
3.4.3 Propiedades Mecánicas	40
3.4.4 Propiedades Eléctricas	42
3.4.5 Propiedades Ópticas	43
3.4.6 Propiedades Térmicas	44
3.4.7 Propiedades Químicas	46
3.5 Tablas de los Valores de las Propiedades de las Resinas Termoplásticas y Termoestables Comerciales	47

3.6 Consideraciones Generales sobre las Normas Estandarizadas	53
3.6.1 Norma Estandarizada Nacional	54
3.6.2 Elección de la Norma Americana y su Aplicación en Materiales Poliméricos	54
4. EQUIPOS E INSTRUMENTOS NECESARIOS PARA EL LABORATORIO DE ENSAYOS Y CONTROL DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES POLIMERICOS	56
4.1 Principales Equipos Empleados para evaluar las Propiedades de los Polímeros	57
4.2 Proyecto de Inversión del Laboratorio Destinado al Ensayo de Materiales Poliméricos	60
4.3 Especificaciones y Cotizaciones de algunos Equipos de Ensayo de Materiales Poliméricos	60
5. ELECCION DEL AREA FISICA DESTINADA AL LABORATORIO DE ENSAYOS Y CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES POLIMERICOS	67
5.1 Acondicionamiento del Laboratorio de Ensayos de Materiales Poliméricos	68
5.2 Disposición de los Equipos	69
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
APENDICE 1: ESTRUCTURA MOLECULAR DE LOS POLIMEROS	73
APENDICE 2: NOMENCLATURA DE LOS MATERIALES POLIMERICOS	76
APENDICE 3: NORMALIZACION	81
3.1 Principales Normas Internacionales	81
3.2 Normas ASTM e ISO para Materiales Poliméricos	82
3.3 Resumen de Ensayos de las Propiedades Físicas y Químicas de los Polímeros	84

	3.3.1 Propiedades Físicas	84
	3.3.2 Propiedades de Permanencia	94
	3.3.3 Propiedades Mecánicas	102
	3.3.4 Propiedades Eléctricas	111
	3.3.5 Propiedades Ópticas	119
	3.3.6 Propiedades Térmicas	124
	3.3.7 Propiedades Químicas	135
APENDICE 4	COMERCIALIZACION DE MATERIALES PLASTICOS DEL MERCADO ANDINO	138
APENDICE 5	RELACION DE COMPAÑIAS PRODUCTORAS DE E - QUIPOS PARA ANALISIS Y ENSAYOS DE LOS MA TERIALES PLASTICOS	142
APENDICE 6	ENSAYOS FISICOS Y QUIMICOS NECESARIOS PA RA EL CONTROL DE LA CALIDAD DE DIVERSOS PRODUCTOS PLASTICOS EN ALGUNOS SECTORES INDUSTRIALES	145
BIBLIOGRAFIA		147

CAPITULO 1

1. INTRODUCCION

Con los materiales poliméricos, el ingeniero tiene a su disposición nuevos materiales para seleccionar, combinar y producir artículos finales muy útiles y funcionales, de manera que los "plásticos" como también se les llama, se pueden combinar de muy diversas formas para mejorar sus propiedades.

El objetivo de esta Tesis, es el de implantar un laboratorio de ensayos y control de calidad para materiales poliméricos y materiales afines, el cual pueda proveer la información necesaria para cuando se quiera seleccionar un plástico apropiado para una aplicación particular, teniendo en cuenta sus características esenciales incluyendo las de performance bajo condiciones de servicio.

El Capítulo 2, expone la parte estadística y de comercialización de los materiales poliméricos tanto en la Industria Nacional como del Mercado Exterior

Se establece así mismo, en el Capítulo 3, los ensayos o métodos normalizados físicos y químicos aplicables a materiales poliméricos con el fin de sentar las bases para una discusión que sigue a los resultados de tales análisis y ensayos, en función a la propiedad o característica que se desea evaluar.

Para lograr dicho objetivo, es necesario contar con los equipos e instrumentos para materializar los ensayos de prueba. Luego en el Capítulo 4, se proporcionan los datos necesarios para la adquisición de estos equipos. También se incluye el Proyecto de Inversión del

Laboratorio a implantarse, es decir, las especificaciones técnicas y cotizaciones de los equipos de ensayos de materiales poliméricos.

Como se necesita contar con una área física para ubicar a dicho Laboratorio y también la disposición de los equipos dentro del Laboratorio, se ha dedicado el Capítulo 5 para desarrollar este tema, en donde se ha determinado que el Departamento de Procesos Industriales que pertenece al Programa de Ingeniería Química y Manufacturera de la Universidad Nacional de Ingeniería, es el lugar más apropiado para ubicar al Laboratorio de Ensayos exclusivo para materiales poliméricos.

De todo este estudio preliminar realizado, se ha logrado definir y establecer un Laboratorio básico de Ensayos y Control de Calidad para materiales poliméricos, el cual además de proyectarse con fines educacionales, apoyaría principal y significativamente a la Industria Nacional, la cual contaría con una herramienta poderosa para resolver sus problemas de diseño, procesos, especificaciones, etc. al brindar servicios externos a las empresas privadas que se dedican a la transformación de materiales poliméricos, lográndose converger en el binomio Industria-Educación, en donde la Universidad sigue siendo la llave para el desarrollo e investigación tecnológica.

Por último, se van a definir algunos conceptos relacionados con los materiales poliméricos y a clasificar a los plásticos según su estructura química.

Definiciones (4, 9, 11)

1º Polímero

Es una macromolécula de alto peso molecular, la cual resulta de la unión química de muchas moléculas pequeñas y simples llamadas monómeros.

2º Fibras

En la amplia variedad de materiales clasificados como fibras se incluyen productos naturales y sintéticos, orgánicos e inorgánico. Algunos polímeros utilizados como fibras son el Nylon y el acetato de celulosa. En último análisis, la clasificación de una sustancia como fibra, depende más de su forma que de cualquier otra propiedad. Una definición corriente de fibra exige que su longitud sea al menos 100 veces su diámetro.

Un polímero sintético para ser útil como material textil, debe tener características adecuadas con respecto a varias propiedades físicas tales como: un elevado punto de reblandecimiento que permita el planchado, resistencia a la tracción adecuada, buena capacidad de fusión para el hilado y buenas cualidades textiles (afinidad tintórea, estabilidad química).

Las fibras sintéticas más importantes son: las poliamidas (Nylon), poliacrilonitrilos (Orlon, Dynel, Acrilan), poliésteres (Dracón, Terylene, Vycron), poliuretanos (Spandex, Lycra, Glospan).

3º Elastómero

Es un polímero que posee el alto grado de elasticidad del caucho y puede ser deformado considerablemente y volver a su forma original cuando cesa esta acción.

Tal como las fibras sus moléculas son largas y flexibles y se alinean cuando se estira el material. La diferencia con las fibras radica en que cuando se elimina la fuerza de estiramiento, las moléculas de un elastómero no permanecen extendidas y alineadas, en que vuelven a sus conformaciones desordenadas originales.

Como ejemplo de elastómeros naturales tenemos al caucho natural (cis-1,4-poliisopreno) y a la gutapercha (trans-1,4-poliisopreno). Dentro de los elastómeros sintéticos conocidos están los copolímeros de estireno y butadieno, el policloropreno (Neopreno), etc.

49 Plásticos

Aunque todos los años se producen cantidades enormes de fibras y elastómeros, las mayores cantidades de polímeros se consumen en forma de plásticos, sustancias químicas orgánicas sintéticas que tienen como base resinas sintética o polímeros modificados. Los plásticos son capaces de adquirir formas especiales por procesos mecánicos-térmicos de moldeo, como botellas, interruptores, juguetes, tuberías, válvulas, engranajes, chasis para radios, televisores, etc.

Clasificación de los Plásticos (11)

La estructura molecular de los plásticos puede ser de dos tipos: moléculas largas ya sean lineales o ramificadas (termoplásticos) y moléculas de red espacial o tridimensional (termoestables).

19 Termoplásticos

Los plásticos de base polimérica lineal o ramificada que se ablandan por acción del calor y adquieren su dureza original cuando cesa esta acción. El fenómeno se repite tantas veces, ésto sean calen-

tados y enfriados sin sufrir alteración alguna porque las moléculas se deslizan unas sobre otras.

Son ejemplos termoplásticos los polialquenos (polietileno, policloruro de vinilo), poliestireno, acrílicos, poliamidas, etc.

2º Termoestables

Llamados también termofijos o duroestables.

Son plásticos de estructura tridimensional por formación de enlaces transversales cuando son sometidos a la acción de presión y calor o por reacciones químicas ; adquiriendo formas sólidas permanentes de manera que sus moléculas no se deslizan unas sobre otras por calentamiento; al contrario, se tornan rígidos irreversiblemente y un posterior calentamiento podría quemarlos o destruirlos.

Por lo tanto, el moldeo de los termoestables sólo podrá hacerse una sola vez y los residuos del moldeo no podrán ser reciclados o recuperados.

Son ejemplos de termoestables los alquídicos, los amínicos (melamina), los fenólicos y otros más.

En cuanto a los termoplásticos, su forma natural siempre es sólida mientras que algunos termoestables, son líquidos, tornándose rígidos por reacción química como las siliconas o epóxidos, por reacción química bajo la acción de agentes catalizadores.

CAPITULO 2

2. VISION GENERAL DE LA COMERCIALIZACION DE LOS MATERIALES PLASTICOS

Para seleccionar un determinado material se consideran sus propiedades tecnológicas, pero también influye decisivamente el factor económico.

En las últimas décadas, el papel de los plásticos en el mercado de los materiales ha cambiado severamente pues ha desplazado a muchos otros materiales, tanto por sus propiedades como por su costo.

En este capítulo se presentan a las industrias nacionales relacionadas con los plásticos, los cuadros estadísticos de la producción, consumo, aplicación de materiales poliméricos del mercado exterior y el consumo y costo de éstos en el Perú en los últimos años.

2.1 Principales Industrias Nacionales (15)

La Industria Nacional adolece de la materia prima, como son los monómeros orgánicos, necesarios para la producción de los materiales poliméricos. Prácticamente importa del exterior estos materiales.

A continuación se detalla una relación de Fabricas o Industrias Nacionales relacionadas con la Industria Plástica, clasificados dentro del Comité de Plásticos de la Sociedad de

Industrias, las cuales fabrican resinas sintéticas, materiales plásticos, fibras sintéticas y artificiales, vajillas, tubos, juguetes, etc.

a. ALBERTO HOYOS PEREZ

Insumos PE, PS

Productos: Menajes, juguetes, envases

b. ALCYON PRINT S.A.

Insumos PE, Masterbach, alcohol butílico, etc.

Productos: Bolsas y mangas de polietileno

c. ARPI S.A.

Insumos PE, PS, PP, PVC

Productos: Juguetes, artículos para el hogar

d. BAKELITA Y ANEXOS S.A.

Insumos HDPE, LDPE, PP, PS, SAN, ABS, Nylon

Productos: Envases, juguetes

e. COLDEX S.A.

Insumos PS, PVC, Nylon

Productos: Empaquetaduras para refrigeradoras, congeladoras, lavadoras, evaporadores

f. COMPAÑIA PERUANA DE ENVASES S.A.

Insumos PE, PC, tintas

Productos: Cepillo. dentales, envases, etc.

g. CORPORACION DE INDUSTRIAS PLASTICAS S.A.

Insumos *Compuestos de PVC, DOP, masterbach, ácidos butíricos, estabilizantes, ceras*

Productos: *Pelotal de vinyball, vinifan, borradores, mangas para sachet*

h. CONDUCTORES ELECTRICOS PERUANOS S.A.

Insumos *PE, PVC*

Productos: *Conductores Eléctricos Telefónicos*

i. EMPAC S.A.

Insumos *HDPE, LDPE, PS de alto impacto tipo cristal y natural, PP. PVC*

Productos: *Extrusión de films de HDPE, LDPE, envases termofraguados, films de PVC, láminas de celofán*

j. ESPUMAS PLASTICAS

Insumos *Resinas, polioles, poliesteres, isocianatos, PVC*

Productos: *Espumas plásticas, flotadores para redes marinas*

k. INDUSTRIAS ELECTRICAS Y MUSICALES PERUANAS S.A.

Insumos *: Resinas de PVC tipo copolímero, negro de humo*

Productos: *Discos y otros fonogramas*

l. INDUSTRIAS PETROQUIMICAS PERU S.A.

Insumos *HDPE, anhídrido ftálico, alcoholes, ácido adípico, ácido fórmico*

Productos: Acetato de polivinilo, plastificantes, estabilizantes

m. *INDUSTRIAS SANTA MARIA S.A.*

Insumos PVC en suspensión y emulsión, plastificantes, adhesivos, colorantes

Productos: Marroquines, napas, hules, plásticos transparentes, PVC en colores

n. *INSTALACIONES DOMESTICAS INDUSTRIALES S.A.*

Insumos PE, PP, PC, ABS, PVC, acrílicos

Productos: Envases plásticos, artículos plásticos descartables para alimentos, planchas acrílicas y de PVC

o. *INTERQUIMICA S.A.*

Insumos PE, PS, PVC

Productos: Tuberías de PE y PVC, accesorios de PVC

p. *PLASTICOS HARTINGER S.A.*

Insumos PE, PC, PVC, estireno, acrilonitrilo, Nylon

Productos: Vajilla para el hogar, envases

q. *PISOPAK DEL PERU S.A.*

Insumos PVC, Plastificantes, óxido de titanio, carbonato de calcio

Productos: Pisos vinílicos y acrílicos, cera., pegamentos

r. PRESIDENTE S.A.

Insumos Urea formaldehida, melamine

Productos: Vajilla melamine

s. QUIMICA APLICADA S.A.

Insumos HDPE, LDPE, PP, alcohol isopropilico y butilico, isocianatos, siliconas, metil metacrilato

Productos: Bolsas de PE, mangas de PP, espumas de poliuretanos, planchas acrílicas

t. SINTETICOS DEL PERU S.A.

Insumos PVC, plastificantes, estabilizantes, colorantes solventes, telas

Productos: Plásticos laminados, marroquines, piso para autos, alfombra con espuma plástica

2.2 Estadísticas de los Materiales **Plásticos** del Mercado Exterior (13, 14)

Los plásticos y las resinas industriales han gozado de una buena tasa de crecimiento desde que aparecieron en escena, a finales de la última centuria.

La producción de los plásticos en el mundo se ha doblado cada cinco años entre 1950 y 1970. Desde 1970 la tasa de crecimiento ha fluctuado significativamente debido a los factores económicos internacionales. Sin embargo, la tasa de crecimiento siguió aumentando entre 1970 y 1977. Tabla 1.

TABLA 1

Evolución de la Producción de los Plásticos
Producción estimada en
millones de Toneladas

1900	0.02
1924	0.06
1950	1.5
1960	6.9
1965	14.0
1970	29.0
1971	31.0
1972	37.0
1973	40.0
1974	41.0
1975	35.0
1976	42.0
1977	43.0
1978	47.0

Referencia:

F. Shamma, SPI Canada, private communications

La producción de los plásticos no se distribuye por igual entre los diferentes países o regiones del mundo: Diez países producen el 90% del total de los plásticos y los Estados Unidos, Japón y Alemania contribuyen con el 55%. Tabla 2.

<i>TABLA 2</i>	
<i>Distribución de la Producción de los Plásticos en 1977</i>	
<i>País</i>	<i>%</i>
<i>Estados Unidos</i>	<i>34.5</i>
<i>Alemania Democrática</i>	<i>14.6</i>
<i>Japón</i>	<i>13.6</i>
<i>URSS</i>	<i>7.2</i>
<i>Francia</i>	<i>6.2</i>
<i>Italia</i>	<i>5.8</i>
<i>Inglaterra</i>	<i>5.7</i>
<i>España</i>	<i>2.3</i>
<i>Canadá</i>	<i>1.8</i>
<i>Resto</i>	<i>8.3</i>
<i>Total</i>	<i>100.0</i>

Referencia:

F. Shammás, SPI Canadá, private communications

Se hace hincapié que los países con grandes recursos de materiales hidrocarbурados, especialmente aquellos países que no están altamente desarrollados (como algunos países del Medio Oriente), tienen un alto potencial para su crecimiento en lo que a producción de plásticos se refiere, para los próximos años.

A continuación se muestra la producción, importación, exportación y consumo aparente de los materiales plásticos en los principales países del mundo. Tabla 3.

Tres factores han contribuido al espectacular crecimiento del plástico en competencia con otros materiales:

1. La relativa baja densidad de éstos materiales con respecto a otros
2. Requerimientos mínimos de energía para la producción del plástico
3. La versatilidad que presentan los plásticos comparados con los materiales convencionales

Los productos plásticos tienen su aplicación principal en la industria de la construcción, empaques y embalajes, eléctrica y electrónica, transporte, artículos para el hogar, ropa, adhesivos y pintura, etc. La industria de la construcción, empaques y embalaje, y la industria eléctrica y electrónica alcanzan más del 50% del consumo de los plásticos. Ver Tabla 4.

Los materiales poliméricos más utilizados en las aplicaciones anteriormente mencionadas son: PP, PU, PVC, ABS, poliéster insaturado, PE, Nylon (generalmente en la industria automotriz); PS, PU, PVC, acrílicos y poliéster insaturado, PP, ABS, HDPE, Nylon, PET y PMMA, etc. (principalmente para la industria de la construcción). Referirse a la Tabla 5. La Tabla 6, nos muestra la producción y el consumo de los materiales poliméricos más utilizados durante el año 1979.

Por último, cabe destacar la importancia que tienen actualmente los aditivos, pues éstos mejoran grandemente las propiede

TABLA 4. - PORCENTAJE DEL CONSUMO DE LOS POLIMEROS EN DIFERENTES APLICACIONES, 1979

País	Porcentaje (%)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Alemania Federal	25	21	13	7	5	4	0.5	2.5	-	-	10	12
Argentina	15	40	4	4	1	2	5	---	5	1	3	20
Australia	23	25	10	5	8	3	2	6.5	1	*	-	16.5
Austria	22	29	10	4	11	4	1	3	2	7	5	2
Bélgica	18	30	20	10	---	7	-	15	-	-	-	-
Canadá	19	36.5	5	7	9	4	5	3	2	5	0.5	4
Colombia	20	44	3	2	-	5	4	6.5	8.5	-	---	7
Costa Rica	18	25	4	-	1	30	1	5	4	-	---	12
Chile	18	30	5	4	6	4	4	8	2	-	16	3
España	12	10	30	5	6	5	2	5	-	6	6	13
Estados Unidos	19.5	27	8	5	5	-	-	10	-	1	7	17.5
Francia	18	29	6	-	5	-	-	4	-	-	-	39
Inglaterra	18	32	11	5	7	2	4	2.5	1	2	2.5	7
Irlanda	32	39	12	-	7	-	-	2	1	-	---	7
Italia	10.5	30	9	6	5.5	4	8	5.5	1	0.5	15	5
Japón	14	25	11	8	1	2.5	1	6	1	1	13	16.5
Noruega***	23	20	8	5	3	-	-	10	-	14	---	17
Sud África	10	34	11	7	6	3	3	1	7	2.5	6.5	9
Suecia	25	23	13	3	4	5	*	5	*	8	*	14
Suiza	20	25	12	5	4	-	-	4	-	16	-	14

Clave: * Está incluido en otras aplicaciones

1=Industria de la construcción

2=Empaques y embalaje

3=Eléctrica/Electrónica

4=Transporte

5=Mueblería

6=Agricultura

7=Juguetes y a.ines

8=Útiles para el hogar

*** Para 1978

9= Ropa y calzado

10= Ingeniería Mecánica

11= Gomas, adhesivos, pinturas

12= Otros

Referencia: G.L. Bata y M.R. Kamal, Application + Technology Trends: Plastics are here and There - and everywhere....., Canadian Plastics, Feb. 1981

TABLA 6. - PRODUCCION Y CONSUMO DE LOS POLIMEROS DURANTE 1979 EN MILES DE TONELADAS

Materiales	Ale. Fed		Canadá		EE. UU.		Francia		Inglaterra		Italia		Japón	
	Pro.	Cons.	Prod.	Cons.	Prod.	Cons.	Prod.	Cons.	Prod.	Cons.	Prod.	Cons.	Prod.	Cons.
PVC	1088	1039	152	190	2776	2630	783	720	428	440	695	570	1592	1492
PS	---	---	120	137	1817	1705	269	205	126	166	---	---	845	785
AES	---	---	47	52	540	482	---	---	48.5	52.5	340	340	292	254
SAN	---	---	0.5	0.5	56	48	---	---	---	---	---	---	90	90
LDPE	1591	1492	391	326	3535	3128	301	613	340	495	560	725	1368	1194
HDPE	---	---	200	182	2273	1991	272	205	---	176	180	180	797	675
PP	311	---	65	85	1742	1379	202	146	250	243	200	200	1023	934
PU	---	---	90	111	952	864	---	---	96	34.5	147	150	191	---
Acrílicas	431	---	10	11	643	571	43	43	---	27	---	---	108	---
Policamidas	---	---	6	16	148	131	36	45	39	21	30	22	68	---
Fenólicas	162	144	74	86	808	787	79	73	84	75	82	71	300	---
Alquídicas	115	93	---	---	323	303	51	57	---	---	---	---	141	---
Pester insat	97	---	28	30	520	473	65	65	61	62	83	70	204	---
Epóxicas	51	40	10	17	164	135	---	---	15	15	---	---	156	---
Otros	---	---	---	68	1811	1758	---	---	411	118	321	367	400	---
T o t a l	1193	1311	3846	2758	2707	2173	2707	2235	1898.5	212.5	2638	2695	7577	2893

Referencias:

International Status Report - Plastics for 1979, British Plastics Federation, London, England.

TABLA 7.- CONSUMO DE LOS ADITIVOS PLASTICOS EN EUROPA Y
ESTADOS UNIDOS DURANTE 1978

A d i t i v o	Consumo en miles de Toneladas	
	Europa	EE.UU.
Agentes Antiespumantes	4.1	6.8
Ag. Antiestáticos	5.9	2.2
Ag. de Curado del poliester	5.7	---
Ag. Endurecedores epóxicos	19.8	1.5
Ag. Retardantes de flama	36.3	206.0
Antioxidantes	13.0	16.0
Catalizadores de PU	4.4	3.5
Colorantes	---	145.6
Estabilizantes del calor para PVC	107.7	44.8
Estabilizantes a la luz ultravioleta	1.5	1.9
Iniciadores de polimerización	6.8	14.6
Lubricantes	41.5	35.6
Modificadores para el impacto	91.7	48.6
Plastificantes	747.3	734.0
Total (sin colorantes)	1084.8	1115.5

Referencias:

- (1) Additives Sales in Europe Clim, Plastics Engineering, 1979
- (2) Chemicals and Additives, Modern Plastics, 1978

dades de los plásticos y su consumo se ha generalizado. En la Tabla 7 se muestra la relación de los más importantes aditivos plásticos, tanto en Europa como Estados Unidos durante 1978.

2.3 Presentación de los Máximos Consumos y de los Costos por kilo de los Materiales Poliméricos y de Productos Manufacturados-Importados por el Perú durante los años 1979, 1980 u 1981; - como Criterio para Seleccionar las Fuentes Físicas y Químicas de los Plásticos. (17)

P A I S E S	1979		1980		1981	
	K(Bruto)	\$ /K	K(Bruto)	\$/K	K(Bruto)	\$/K
<u>FENOPLASTOS</u>						
ALEMANIA	58207	1.524	10851	2.554	94770	1.417
ARGENTINA	22103	1.801	15150	2.820	-	-
COLOMBIA	42607	1.950	13620	2.228	-	-
E.E.U.U.	154931	1.728	190787	1.970	132681	2.145
ITALIA	80084	0.658	-	-	42316	1.051
REINO UNIDO	-	-	-	-	17506	2.092
VENEZUELA	-	-	12090	1.238	15078	1.613

MELAMINA FORMALDENIDA

ALEMANIA	84183	2.728	78872	2.594	129052	2.331
BELGICA	-	-	4432	1.760	35424	1.751
CHILE	24228	1.156	24592	1.419	9108	1.222
E.E.U.U.	8255	0.957	-	-	-	-
JAPON	22000	1.633	11000	1.723	21800	1.823
REINO UNIDO	150001	1.382	110391	1.773	163736	1.924

P A I S E S	1979		1980		1981	
	k(Bruto)	\$/K	k(Bruto)	\$/K	k(Bruto)	\$/K
RESINAS ALQUIDICAS						
ALEMANIA	7713	2.070	8385	2.703	23270	2.360
BRASIL	-	-	12960	1.889	-	-
E. E. U. U.	14452	2.011	8970	2.058	27103	1.033
ITALIA	-	-	-	-	292	1.541
PAISES BAJOS	-	-	-	-	7388	1.180
VENEZUELA	1960	0.722	20759	1.141	34727	1.323

POLIAMIDAS Y SUPERPOLIAMIDAS

ALEMANIA	1427306	2.099	-	-	-	-
E. E. U. U.	218301	1.783	2118	3.329	-	-
ITALIA	529290	1.847	-	-	-	-
MEJICO	51883	1.985	-	-	-	-
PAISES BAJOS	1203771	1.954	-	-	-	-

POLICAPROLACTAMA

ALEMANIA	-	-	941100	2.414	451158	2.557
DINAMARCA	-	-	-	-	110250	2.305
E. E. U. U.	-	-	1662395	2.085	2808935	2.004
ITALIA	52600	1.965	-	-	-	-
VENEZUELA	-	-	360160	2.475	-	-

RESINA DE INTERCAMBIO TONICO

ALEMANIA	42373	1.016	30533	2.139	4431	3.761
BRASIL	1200	1.599	-	-	-	-
E. E. U. U.	50751	2.332	88379	1.139	11891	2.129
FRANCIA	8420	0.771	19890	1.247	-	-
ITALIA	-	-	6260	12.612	-	-
JAPON	-	-	-	-	37759	2.412

P A I S E S	1979		1980		1981	
	k(bruto)	\$/K	k(bruto)	\$/K	k(Bruto)	\$/K
<u>RESINAS EPOXICAS</u>						
ALEMANIA	2381	1.774	-	-	-	-
BRAZIL	-	-	7301	2.268	38659	2.154
E.E.U.U.	151048	2.372	206173	2.461	179396	2.903
REINO UNIDO	35538	1.575	-	-	11507	2.387
SUIZA	10170	3.697	7470	4.894	8081	5.043
VENEZUELA	73994	1.108	89176	2.605	132851	3.086

POLIURETANO Y SUPERPOLIURETANO

ALEMANIA	20342	4.162	11422	3.848	29711	3.511
E.E.U.U.	60069	2.567	76769	3.298	80413	4.053
PAISES BAJOS	-	-	-	-	1588	3.546
SUIZA	549	5.100	-	-	180	12.439
VENEZUELA	44158	1.585	60726	1.359	-	-

POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD

ALEMANIA	43520	1.533	857439	1.339	804393	1.038
CANADA	-	-	455397	1.049	1138313	0.831
ESPAÑA	-	-	123789	1.177	-	-
E.E.U.U.	-	-	9220520	0.936	10408847	0.893
ITALIA	-	-	295173	1.199	41205	0.975
JAPON	-	-	-	-	83820	1.057

POLICARBONATO

ALEMANIA	14496	4.184	11969	4.020	5582	4.905
E.E.U.U.	11759	3.034	23895	3.416	8768	3.739

P A I S E S	1979		1980		1981	
	k(Bruto)	\$/K	k(Bruto)	\$/K	k(Bruto)	\$/K
<u>POLIESTIRENO</u>						
ALEMANIA	390279	1.245	577877	1.562	532524	1.128
BRAZIL	-	-	-	-	387316	1.375
COLOMBIA	241670	0.826	232797	1.218	163371	1.086
E.E.U.U.	591748	1.146	1441191	1.265	996886	1.151
ITALIA	-	-	131795	1.179	-	-
URUGUAY	135272	1.038	-	-	-	-
VENEZUELA	1716939	1.015	1313801	1.360	2281027	1.147

POLICLORURO DE VINILO

ALEMANIA	634068	0.949	69098	1.141	796107	0.969
CHECOSLOVAQ.	-	-	-	-	284830	0.415
CHILE	-	-	216395	0.514	-	-
DINAMARCA	42140	1.282	-	-	-	-
ESPAÑA	53924	0.653	-	-	-	-
E.E.U.U.	838770	0.832	1247389	0.825	3729898	0.627
FRANCIA	-	-	183924	1.254	127620	0.965
GRECIA	561000	0.653	-	-	-	-
HUNGRÍA	845278	0.638	406985	0.742	545428	0.436
INDIA	-	-	984045	0.766	48590	0.449
JAPON	83253	1.374	614385	0.813	-	-
NICARAGUA	-	-	-	-	462027	0.580
Pto. RICO	1898778	0.457	-	-	-	-
RED DE SUD AFRICA	1085025	0.760	3843147	0.739	5304212	0.593

P A I S E S	1979		1980		1981	
	K(Bruto)	\$/K	K(Bruto)	\$/K	K(Bruto)	\$/K
<u>ACETATO DE POLIVINILO</u>						
ALEMANIA	-	-	1020	1.882	6408	1.035
E.E.U.U.	37303	0.793	10319	1.556	25477	1.429
FRANCIA	-	-	-	-	1052	1.900
<u>POLIACROLONITRILO</u>						
ALEMANIA	-	-	707	2.970	504	2.173
FRANCIA	-	-	-	-	486	1.652
E.E.U.U.	2032	1.832	15401	2.867	-	-
REINO UNIDO	-	-	3946	2.752	-	-
<u>POLIPROPILENO</u>						
ALEMANIA	1486585	0.458	-	-	289725	0.873
AUSTRIA	435985	0.823	-	-	-	-
BRASIL	-	-	313659	0.794	440336	0.738
CANADA	470727	0.882	359357	0.798	-	-
ESPAÑA	-	-	441314	0.820	-	-
E.E.U.U.	2487087	0.663	5310224	0.746	3756816	0.765
FRANCIA	-	-	-	-	442250	0.951
ITALIA	753694	0.856	1609274	0.869	574628	0.782
<u>SILICONA</u>						
ALEMANIA	37177	11.576	58365	8.785	62586	8.321
BELGICA	-	-	-	-	3447	8.431
ESPAÑA	1589	6.751	-	-	-	-
E.E.U.U.	31233	5.190	57171	7.183	57085	6.614
FRANCIA	5176	8.880	-	-	1961	4.933
PANAMA	-	-	2234	5.674	-	-
REINO UNIDO	-	-	2784	11.766	-	-

P A I S E S	1979		1980		1981	
	K(Bruto)	\$/K	K(Bruto)	\$/K	K(Bruto)	\$/K
<u>PISOS VINILICOS</u>						
ALEMANIA	18154	6.108	-	-	1833	5.980
BELGICA	-	-	1610	5.706	-	-
COLOMBIA	51819	1.171	-	-	-	-
TAIWAN	29500	0.894	-	-	-	-
E.E.U.U.	65830	2.832	197	6.066	19305	1.319
ITALIA	-	-	-	-	870	4.479
JAPON	22508	6.903	414	16.865	-	-
<u>BOLSAS DE POLICLORURO DE VINILIDENO</u>						
ARGENTINA	-	-	1920	12.875	-	-
DINAMARCA	-	-	1980	10.232	-	-
E.E.U.U.	918	7.344	-	-	3498	14.263
JAPON	318	12.368	-	-	1623	4.533
PAISES BAJOS	825	8.928	-	-	-	-
POLONIA	-	-	-	-	4661	0.884
<u>ARTICULOS PARA SERVICIO DE MESA O COCINA</u>						
BRASIL	-	-	-	-	38702	3.873
E.E.U.U.	302	3.033	9792	4.161	38356	3.832
ITALIA	-	-	1805	2.187	6294	3.726
JAPON	1604	3.413	4943	3.500	7434	5.894
PANAMA	-	-	2017	3.340	-	-
<u>ENVASES PARA MEDICAMENTOS</u>						
ALEMANIA	1343	20.642	430	45.342	-	-
E.E.U.U.	-	-	1030	7.883	2166	17.847
ITALIA	-	-	4730	10.723	6907	7.928
MEJICO	-	-	165	4.224	-	4.817

P A I S E S	1979		1980		1981	
	K(Bruto)	\$/K	K(Bruto)	\$/K	K(Bruto)	\$/K
<u>TRIPAS ARTIFICIALES</u>						
ESPAÑA	-	-	231	8.108	3176	8.744
E.E.U.U.	4317	9.232	9803	10.771	17806	12.735
FRANCIA	-	-	1782	2.116	688	2.217
<u>EMPAQUETADURAS</u>						
ALEMANIA	527	34.658	1041	12.164	262	38.775
E.E.U.U.	536	32.442	1513	21.505	1523	41.554
FRANCIA	352	7.952	540	10.135	759	18.009

2.4 Conclusiones

A nivel internacional, el consumo y producción de los polímeros se está incrementando día a día; a pesar que en los años 1974/1975 hubo recesión económica quedándose afectados los precios de las materias primas para la producción de los plásticos (Industria Petroquímica).

Asimismo, un gran número de empresas e industrias nacionales producen y procesan materiales poliméricos (sobre todo materiales termoplásticos y en menor escala los termoestables); debido a las grandes ventajas que presentan estos materiales como son: Ahorro de Energía, bajos costos de producción y también por la gran aceptación del público usuario a utilizar estos materiales.

Muchas de estas empresas no tienen a su disposición un laboratorio para el análisis y control de calidad de materiales poliméricos cuya producción y consumo está creciendo rápidamente tanto en magnitud como en importancia.

En consecuencia, se justifica la necesidad de implantar un laboratorio exclusivo para materiales poliméricos, el cual además de ser una herramienta invalorable para el desarrollo de la educación universitaria, serviría de apoyo a la industria nacional, ya que brindaría servicios a la comunidad. Estos servicios deben de estar orientados hacia fines de especificaciones de materiales y sobre todo con fines ingenieriles, porque los materiales poliméricos han dado y seguirán dando al ingeniero una variedad infinitamente grande de materiales para diversas aplicaciones.

Dentro de los materiales poliméricos, los que son utilizados en mayor escala por la Industria Nacional son Polietileno de alta densidad con el 33%, luego el policloruro de vinilo con el 30%, el Polipropileno con el 14%, el Poliestireno con el 11% y la Policaprolactama con el 9%.

En menor escala se consumen los Epoxidos, Fenólicos, Melamina Formaldehida, Resinas Alquílicas, Resinas de Intercambio Iónico, Poliuretanos, Policarbonatos, Poliacetato de Vinilo, Silicona, etc.

Luego los ensayos físicos y químicos deben estar orientados hacia el control de calidad de sus características particulares según el uso, aplicación y servicio que brinden los productos poliméricos

De lo expuesto en este capítulo: Insumos de las Principales Industrias Nacionales (sección 2.1), Presentación de los Máximos Consumos de los Materiales Poliméricos Importados por el Perú (sección 2.3) y de los Usos y Aplicaciones de los Materiales Poliméricos (Tabla 5); se ha construido un nuevo cuadro, la Tabla 8, que resume los datos anteriores además de incluirse los ensayos físicos y químicos necesarios para el control de dichos materiales.

Clave

Los números que se encuentran bajo el rubro de Ensayos Necesarios, se definen a continuación:

- Gravedad específica
- 2 Viscosidad
- Absorción de agua
- 4 Resistencia a la intemperie
- 5 Resquebrajamiento
- 6 Condiciones aceleradas del medio
- 7 Esfuerzo de tensión
- 8 Esfuerzo de compresión
- 9 Resistencia al impacto
- 10 Dureza

- 11 *Fuerza dieléctrica*
- 12 *Constante dieléctrica*
- 13 *Resistencia de aislamiento*
- 14 *Resistencia al arco*
- 15 *Índice de refracción*
- 16 *Transparencia*
- 17 *Coefficiente térmico de expansión lineal*
- 18 *Conductividad térmica*
- 19 *Temperatura de deflexión*
- 20 *Velocidad de flujo*
- 21 *Flamabilidad*
- 22 *Resistencia a los agentes químicos*
- 23 *Resistencia a la presión en tubos plásticos*
- 24 *Estabilidad dimensional*
- 25 *Resistencia a la abrasión*
- 26 *Temperatura de uso común*
- 27 *Resistencia a la flexión*
- 28 *Adhesividad*

TABLA 8.- RELACION DE LOS PRINCIPALES MATERIALES POLIMERICOS IMPORTADOS POR EL PERU DURANTE 1981 EN KGS.

USOS Y APLICACIONES DIVERSAS Y SUS RESPECTIVOS ENSAYOS FISICOS Y QUIMICOS NECESARIOS PARA SU CONTROL

Materiales	Importaciones	Usos y Aplicaciones diversas	Ensayos necesarios
Poliméricos	en 1981 (Kg)		
HDPE,	12'476,578	Películas y láminas. Embalaje y bolsas. Empaque de productos congelados y perecederos. En la agricultura (invernaderos, cubiertas para los cultivos, canales) . En la industria de la construcción. Producción de artículos moldeados, extrudidos y soplados. Para aislamiento eléctrico.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 19, 20, 22, 24, 26.
LDPE			
PVC	11'298,712	Películas y laminados (impermeables). Embalaje. Tubeflas. Recubrimientos de tejidos (marroquines y napas). Aislamiento en conductores eléctricos. Pisos vinílicos. Empaquetaduras. Discos.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 17, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26.

<i>Materiales Poliméricos</i>	<i>Importaciones en 1981 (Kg)</i>	<i>Usos y aplicaciones diversas</i>	<i>Ensayos necesarios</i>
PP	5'503,755	Como fibras (sogas, redes, alfombras). Envases plásticos. Em balaje. Productos de moldeo por inyección. En aeronáutica (auto-partes de los cohetes.	1, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 20, 22, 24, 25, 26.
PS	4'361,124	Producción de copolímeros. Producción de pinturas y resinas de moldeo. Como refuerzo en la fibra de vidrio. Películas y cintas magnetofónicas. Artículos artesanales e industriales por moldeo. Cascos de barcos. Juguetes.	1, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 15, 16, 20, 21, 22, 23, 24.
Nylon	3'430,551	Fibras para tejidos. Aplicaciones eléctricas a baja frecuencia (debido a grupo polares). Sustituto de metales en engranajes y levas. Para aislamiento eléctrico.	1, 2, 3, 4, 7, 9, 13, 17, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26.
Policaprolactama	3'370,343	Para la producción de poliamidas (Nylon 6). Para la producción de neumáticos.	4, 5, 6, 7, 9, 17, 22, 24.

Materiales Poliméricos	Importaciones en 1981 (Kg)	Usos y aplicaciones diversas	Ensayos necesarios
Fenólicos	661,485	Producción de vajilla melamina.	1, 3, 4, 6, 7, 8,
Melamina		Chasis para radios, televisores y tocadiscos. En la industria textil. Laminados (circuitos impresos). Resinas ligantes.	9, 10, 11, 12,
Formaldehida		Esmaltes (acabado para automóviles). Sustituto de metales en máquinas e instrumentos. En electrodomésticos.	13, 14, 17, 21,
			22, 24, 25.
Epóxidos	370,694	Adhesivos. Para hacer matrices por su alta estabilidad térmica y dimensional. Laminados. Recubrimientos superficiales. Para hacer artículos reforzados con fibra de vidrio. Como estabilizadores para resinas fenólicas.	1, 2, 3, 4, 9,
			10, 13, 21,
			22, 27, 28.
Siliconas	125,079	Barnices aislantes. Lubrificantes. Agentes desmoldantes. Antiespumantes. Productos en forma líquida y sólida para ceras. Fluidos de refrigeración. Dieléctricos. Para producir elastómeros de silicona.	1, 2, 7, 8, 9,
			10, 12, 21, 24,
			26, 28.

Materiales Poliméricos	Importaciones en 1981 (Kg)	Usos y aplicaciones diversas	Ensayos necesarios
Poliuretanos	111, 892	Espumas plásticas. Empaque y embalaje. En textiles (corsetería y ropa de baño). Recubrimientos de suelos de gimnasios y pistas de baile. Matrices para productos tipo "cuero". Zapatería. Revestimiento de cables magnéticos.	3, 4, 6, 8, 9, 13, 21, 22, 25, 27.
Resinas Alquídicas	92, 780	Pinturas, barnices, lacas. Moldeo. Revestimiento superficial. Resinas plastificantes.	1, 2, 3, 4, 9, 21, 22, 23, 24, 25, 28.
PVAC	32, 937	Adhesivos. Gomas de mascar. Para producir alcohol vinílico. Producción de pintura en base a emulsiones acuosas. Películas. Embalaje. En fibras textiles.	2, 3, 4, 9, 10, 21, 22, 24, 25, 27, 28.
PC	14, 350	Piezas para teléfonos. Chasis para maquinaria. Equipos de seguridad. Películas de base para artes gráficas. Botellas.	3, 7, 8, 9, 10, 15, 16, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28.

CAPITULO 3

3. CONTROL DE LA CALIDAD EN LA INDUSTRIA DE LOS PLASTICOS (18)

Controlar la calidad de los productos para mantenerlos a nivel determinado, es el mayor problema de los productores, porque las variaciones en el proceso de producción debido a factores asignables y/o no asignables, afectan a la calidad de los artículos y como resultado de éllo, la producción de artículos defectuosos que se deben rechazar, la generación de desperdicios y el posible reprocesado, crean una serie de problemas y pérdidas económicas.

La filosofía básica del control de la calidad, es detectar oportunamente los factores asignables que causan transtornos a la calidad, de manera que estos factores puedan ser eliminados aplicando medidas correctivas adecuadas para lograr productos a un nivel deseado de calidad.

Como resultado de éllo, se obtienen productos satisfactorios, de una calidad uniforme (a la primera vez de procesados), y a costos considerablemente menores.

Concluyendo, el control de la calidad es la integración del desarrollo y mantenimiento de la calidad, tanto de productos como de servicios, permitiendo una completa satisfacción para el consumidor.

Por lo tanto, el control de la calidad se debe aplicar a todas las etapas del proceso, a las materias primas, a los productos manufacturados finalizando con la inspección de los mismos.

De lo anteriormente expuesto, se deduce la importancia del control de la calidad en la industria en general. Ahora se resaltara la impor

tancia del control de la calidad en la Industria de los Plásticos.

Hasta el momento, existen cerca de 40 grupos de plásticos diferentes y cada uno difiere sensiblemente de otro, así los acrílicos se caracterizan por ser transparentes, los fenólicos por ser opacos, las siliconas por ser resistentes al calor, el polietileno se ablanda con el calor. Por otro lado, dentro de un mismo grupo de plásticos, las propiedades de éstos pueden ser alterados ya sea modificando su peso molecular o agregando ciertos aditivos, razón por la cual, cada plástico exige condiciones especiales de procesamiento.

El control de la calidad, tanto del proceso como de los productos, es la única herramienta que disponemos para detectar y localizar posibles variaciones, cuyo objetivo es el de reducir el porcentaje de productos de "segunda calidad" y de residuos.

Otras dificultades que surgen al fabricar productos plásticos uniformes y de buena calidad, se deben a pequeñas variaciones en el proceso de polimerización de las resinas plásticas, resultando un comportamiento variable en el proceso de fabricación, produciéndose de esta manera, artículos con características diferentes a las pretendidas en las especificaciones del proyecto.

En este capítulo se ha desarrollado los aspectos de la selección, identificación y ensayos de los materiales plásticos en función de sus características o propiedades físicas y químicas (clasificación y rango de valores de estas propiedades) y la normalización en relación a la industria plástica.

3.1 Selección de los Plásticos (11)

Escoger el plástico más adecuado para fabricar una pieza determinada, parecería un problema de difícil solución si consideramos la gran variedad de tipos y subtipos de plásticos ofrecidos al mercado. Sin embargo, la selección se torna más fácil cuando se fijan las características del artículo que se desea fabricar.

El fabricante al planear un nuevo artículo, tiene delante de sí una variedad de líneas de acción. No sólo deberá considerar las propiedades físicas y químicas, sino también considerar la parte económica, es decir, cuánto le costaría producir dicho artículo.

La llave para seleccionar el material plástico correcto, está en la buena comunicación entre el fabricante y el proveedor de la materia prima, así, cuanto más rígidas sean las especificaciones del producto, la selección será mucho más fácil. Si por ejemplo, la principal exigencia es la resistencia a la temperatura arriba de 120°C, el problema de selección se reduce talvés a cinco tipos de plásticos.

Como complemento de esta sección, las Tablas 1, 2, 3, 4, y 5 detalladas en la sección 3.5, nos muestran los rangos de valores o valores promedios de las propiedades de los plásticos (clasificadas en la sección 3.4), de varios materiales utilizados por la Industria Plástica Nacional.

3.2 Identificación de los Plásticos (7, 11)

El principal objetivo del análisis cualitativo de los plásticos es la de identificar a la resina básica. Ese material es muchas veces inerte y virtualmente insoluble, por eso, una observación de sus propiedades físicas tales como densidad, índice de refracción o comportamiento al calentamiento, puede ser suficiente para identificar la resina como perteneciente a una familia de plásticos.

Si la resina básica del material fue identificado con ciertas dudas, un juzgamiento final se podría realizar corriendo una serie paralela de ensayos entre la muestra desconocida y una muestra de material de resina básica conocida.

El conocimiento de las principales aplicaciones de cada resina permitirá muchas veces, limitar el análisis a tres o cuatro resinas.

3.3 Ensayos con los Materiales Plásticos (3, 10)

La importancia de realizar ensayos sobre los materiales plásticos radica en que, estos materiales están penetrando en numerosos campos de aplicación nuevos y prometedores, abarcando en la actualidad a todos los sectores tecnológicos.

Los ensayos sobre los materiales plásticos se efectúan con los siguientes objetivos:

- 1º Identificar al material
- 2º Establecer y mantener patrones económicos de calidad
- 3º Obtener los datos necesarios para proyectos de ingeniería

de productos

4º Realizar investigaciones científicas.

Por otro lado, la Industria Plástica incluye a tres tipos de productores:

1º Los que fabrican las resinas plásticas, materia prima básica.

2º Los que fabrican las piezas por moldeo, laminación, extruidos (láminas, perfiles, artículos moldeados)

3º Los que fabrican artefactos utilizando las láminas y piezas moldeadas.

Y todos ellos utilizan constantemente los ensayos de laboratorio para el control de calidad del producto que en principio deben obedecer las normas técnicas nacionales.

En el Apéndice 3, dentro de la sección 3.3, se ha resumido una serie de Normas Técnicas ASTM para ensayar las propiedades físicas y químicas de los polímeros y cuyo contenido es el siguiente: Alcance, Significado, Aparatos, Especímenes de Prueba, Procedimiento, Cálculos y Reporte.

También es bueno aclarar que cuando se están evaluando las características de los productos plásticos, los cuales exigen procesos especiales de ensayo, implícitamente se están ensayando los procesos de fabricación utilizados.

Las pruebas realmente son significativas cuando se han seguido procedimientos estandarizados con la finalidad de obtener resultados comparables con diferentes materiales y en diferentes laboratorios. Para ello existen una gran variedad de Normas Internacionales.

3.4 Clasificación de las Propiedades de los Polímeros (3,5,6,7,8)

Los polímeros no son perfectamente elásticos. Ellos se comportan con características de materiales elásticos y como líquidos viscosos, y generalmente se comportan como materiales viscoelásticos.

El conocimiento de las propiedades de estos materiales como función del tiempo, temperatura y medio-ambiente, permite la selección de los mejores materiales para una aplicación dada.

3.4.1 Propiedades Físicas

Las propiedades físicas son inherentes al estado físico del material como son: La gravedad específica, viscosidad, absorción de agua.

Gravedad Específica

Es la relación del peso de un volumen dado de un material al peso de un volumen igual de agua, a la temperatura de 23°C.

La densidad del mismo material es la relación del peso a su

volumen y se expresa en gramos por centímetro cúbico.

Viscosidad

La determinación de la viscosidad de los polímeros provee información acerca de su caracterización molecular. Los métodos más comunmente utilizados para evaluar la viscosidad de las disoluciones y masas fundidas son: Pipeta capilar, caída de una esfera, extrusión capilar, placas paralelas, etc.

Absorción de Agua

La absorción de agua mide la resistencia del material a la humedad. Los polímeros según su estructura molecular absorben diferentes cantidades de agua, afectándose sus propiedades eléctricas o sufren cambios en sus dimensiones en un proceso dado.

3.4.2 Propiedades de Permanencia

Son las que se refieren a la resistencia que oponen los plásticos al medio ambiente. Para exposiciones más realistas se requieren de largos periodos de prueba.

Las pruebas más comunes son: Ensayos a la interperie, resqueubrajamiento, condiciones aceleradas del medio.

Ensayos a la interperie

Los especímenes de prueba son expuestos al medio ambiente, su única desventaja es el tiempo requerido para dicha prueba.

Resquebrajamiento

Esta prueba consiste en exponer al espécimen de prueba, el cual tiene una imperfección controlada sobre una de sus caras, a la acción de un agente superficial.

Condiciones aceleradas del Medio

El espécimen de plástico es expuesto a condiciones cíclicas de temperatura, humedad relativa y luz ultra violeta, simulando una exposición continua de largos períodos del medio ambiente.

3.4.3 Propiedades Mecánicas

Las propiedades mecánicas de los polímeros están asociadas con su elasticidad o inelasticidad al aplicárseles algún tipo de fuerza, de manera que existe una relación entre el esfuerzo aplicado y la deformación producida.

Las propiedades mecánicas incluyen al módulo de elasticidad tensión, comprensión, elongación hasta fractura, resistencia al impacto, dureza y deformación bajo cargas.

Esfuerzo es la intensidad de la fuerza aplicada por unidad de área y pueden ser de tres tipos: de tensión, de comprensión y de corte.

Deformación es el cambio por unidad de longitud del material polimérico debido a algún esfuerzo.

Esfuerzo de Tensión

Es la fuerza necesaria para estirar al espécimen de prueba hasta rotura del material. La razón del esfuerzo a la deformación dentro del límite proporcional se llama módulo de elasticidad. De la curva de esfuerzo/deformación se puede predecir si el material es frágil, dúctil, tenaz, duro o débil.

Esfuerzo de Compresión

Es la resistencia que oponen los polímeros a ser comprimidos. La compresión en los plásticos no tiene mucha importancia porque raras veces fallan estos materiales, pero sí la tiene para las espumas plásticas, pues esta prueba se usa para determinar los diferentes grados del material plástico.

Esfuerzo de Corte

También se expresa en fuerza por unidad de área. Se usa mucho para materiales adhesivos y sobre todo para aplicaciones en el diseño estructural.

Resistencia al Impacto

Es la resistencia al choque de cargas, se mide en libra-pie/pulgada. Esta prueba nos indica cuanta energía se necesita para quebrar al espécimen de prueba bajo condiciones estándares.

Dureza

La dureza relaciona propiedades como la abrasión, rayado, deformación y penetración. Para propósitos de ensayo, la dureza

za se define como la resistencia a la penetración mediante un punzón que presiona al plástico bajo una carga constante. Generalmente se utiliza esta prueba para determinar el grado de curado de algunos plásticos.

3.4.4 Propiedades Eléctricas

Practicamente todos los plásticos bajo condiciones normales presentan altas resistencias eléctricas. Las propiedades eléctricas son afectadas por acción de la temperatura.

Las propiedades eléctricas más importantes son: Fuerza dieléctrica, constante dieléctrica, resistencia eléctrica, resistividad volumétrica, resistividad superficial, resistencia al arco.

Fuerza Dieléctrica

Es la capacidad del material de soportar un gradiente de voltaje hasta falla del material. Esta propiedad varía ampliamente con los siguientes factores: Humedad, temperatura, exposición química, geometría. Generalmente se expresa en voltios por milésimas de pulgada (espesor).

Constante Dieléctrica

La constante dieléctrica es la relación de la capacidad de un condensador hecho con un material dieléctrico particular a la capacidad del mismo condensador con aire como dieléctrico.

Resistencia de Aislamiento

La resistencia de aislamiento es la relación del voltaje aplicado entre los electrodos a la corriente que circula entre ellos.

Resistencia de Arco

Es la propiedad de un plástico de resistir un arco de alto voltaje y baja corriente formando una superficie conductora sobre el material polimérico. Los valores de resistencia al arco se usan en control de calidad para diferenciar plásticos de muy cercana composición.

3.4.5 Propiedades Ópticas

Muchas aplicaciones de los plásticos requieren de buenas características ópticas. El ingeniero debe saber seleccionar el material apropiado según sus características para una aplicación particular como puede ser: Transmitir, reflejar, difundir o polarizar la luz.

Las propiedades mecánicas y químicas influyen sobre las propiedades ópticas de los plásticos. Las descomposiciones químicas pueden causar cambios en el color y transparencia. Comprende características como: Transmitancia, Reflectancia, color.

Índice de Refracción

Es un factor importante en el cálculo del diseño de lentes

//

o reflectores.

Transmitancia y Reflectancia

La transmitancia es la relación de la intensidad de la luz que atraviesa al polímero a la intensidad de la luz incidente en la misma muestra. La reflectancia es la relación de las intensidades de la luz reflejada y de la incidente. Así, un material transparente es aquel que no dispersa la luz y un material opaco es aquel que puede reflejar la luz pero que no la transmite.

La transmitancia y la reflectancia se pueden medir como una función de la longitud de onda de la luz en un espectrofotómetro.

3.4.6 Propiedades Térmicas

Prácticamente todos los materiales orgánicos incluyendo a los plásticos, son afectados por condiciones extremas de temperatura (calor, frío), y como consecuencia de ello, varían principalmente sus propiedades mecánicas y en menor grado sus propiedades eléctricas. Generalmente, en el rango de temperatura de -70 a 160°C , los materiales termoestables están sujetos a cambios menores que los termoplásticos.

Las características más importantes a ensayar son: Coeficiente lineal de expansión térmica, conductividad térmica, temperatura de deflexión, velocidad de flujo, velocidad de combustión.

Coefficiente Linear de Expansión

El cambio de las dimensiones de los materiales poliméricos cuando están sujetos a variaciones de temperatura. Esta característica es muy importante de determinar cuando se desean ensamblar plásticos con metales u otros materiales. También es un factor muy importante en el encojimiento de los artículos moldeados.

Conductividad Térmica

Es la medida del flujo calórico que pasa a través de una determinada área de material bajo condiciones estacionarias. Un bajo valor de K (conductividad térmica) nos da idea de cuán aislante es el material. Los valores numéricos para los plásticos oscilan entre: 0.0002 y 0.002.

Es importante destacar que la conductividad térmica es afectada por el contenido de humedad del material.

Actualmente se obtienen mediciones más exactas con los Equipos de Análisis Térmicos.

Temperatura de Deflección o Distorsión por Calor

Esta propiedad térmica es de gran interés porque mide la temperatura a la cual una barra mantenida bajo flexión con carga constante se deforma en una cantidad especificada.

Esta propiedad se determina con fines de control y desarrollo y se realizan en los equipos de análisis térmicos.

Velocidad de Combustión

Más importante que determinar la razón de propagación de la flama, es la de identificar a aquellos materiales que cuando se inflaman continúan quemándose y aquellos que no combustio nan, es decir son autoextinguibles.

Las características de flamabilidad se afectan por el tamaño y forma de los materiales poliméricos.

3.4.7 Propiedades Químicas

Los polímeros, según el servicio que presten, pueden estar rodeados con ambientes químicos, afectando no sólo a sus pro

iedades químicas sino también a las físicas. Se pueden pro

ducir muchos efectos sobre los plásticos por acción del a

gua, agentes químicos, solventes, etc. y estos se manifies

tan en:

- a) Cambios en el tamaño y forma (hinchamiento y encojimiento)
- b) Cambios en el color (por absorción, reacciones químicas)
- c) Cambios en el peso (absorción y extracción)
- d) Cambios en las características superficiales (agrietamien

to, pérdida de la suavidad, pérdida del brillo)
- e) Cambios en sus propiedades físicas como son resistencia a la tracción, elasticidad.

Generalmente las pruebas de resistencia química se llevan a cabo a 75°F en ausencia de fuerzas externas, pero es recomen

table simular las condiciones a las que va a estar expuesto el plástico en servicio, con el fin de hacer la mejor selección del polímero.

Los ensayos más comunes son: Resistencia a los ácidos, a los álcali., a los solventes orgánicos, a las grasas, a los aceites.

3.5 Tablas de los Valores de las Propiedades de las Resinas Termoplásticas y Termoestables Comerciales (4, 11, 14)

Las siguientes tablas muestran los rangos de valores de las propiedades, tanto mínimo y máximo, así como los valores promedio de los polímeros de mayor consumo nacional.

Cabe destacar que estos valores pueden variar ampliamente de un fabricante a otro.

La presentación de esta Tabla de valores tiene dos propósitos fundamentales:

- 1º Comparar las propiedades entre uno y otro material polimérico.
- 2º Como criterio para la selección de los equipos a implementar en el Laboratorio de Ensayo de los Plásticos en lo que a rangos de operación y aplicaciones se refiere.

TABLA 1 PROPIEDADES FISICAS Y DE PERMANENCIA DE POLIMEROS COMERCIALES

PROPIEDAD	P O L I M E R O				
	HDPE	PVC	PP	PS	PA
Gravedad Especifica	0.941 - 0.970	1.16 - 1.70	0.890 - 1.30	1.04 - 1.33	1.03 - 1.50
Viscosidad Relativa	-	1.40 - 3.00	-	-	-
Absorción de Agua en 24 horas, %	0.01	0.04 - 1.00	0.10	0.03 - 0.60	0.2 - 2.0
Resquebrajamiento, % de falla	Ninguna	Ninguna	Ninguna	-	-

PROPIEDAD	P O L I M E R O				
	FENOLICOS	MELAMINA	EP	PC	SI
Gravedad Especifica	1.25 - 1.30	1.5 - 1.7	0.75 - 1.40	1.2	0.99 - 1.50
Absorción de agua en 24 horas, %	0.05	0.30 - 0.65	0.03 - 0.50	0.15 - 0.18	0.12

TABLA 2 PROPIEDADES MECANICAS DE POLIMEROS COMERCIALES

PROPIEDAD	P O L I M E R O				
	HDPE	PVC	PP	PS	PA
Resistencia a la Tracción, psi	3100 - 5500	6000 - 7500	3300 - 5500	1500 - 15000	8000 - 75000
Elongación, %	20 - 1300	40 - 80	20 - 700	1 - 90	40 -80
Resistencia al Impacto, Lt-lb/in	0.5 - 20.0	0.4 - 20	0.2 - 2.2	0.25 - 4.50	0.24 - 3.0
Dureza Rockwell (R): Shore (S)	S: 600-70	S: 65 - 85	R: 80 - 110	e: 10-95	R: 95-120

PROPIEDAD	P O L I M E R O			
	FENOLICOS	MELAMINA	EP	PC
Resistencia a la Tracción, psi	5000 - 18000	5000 - 13000	2000 - 20000	7500 - 25000
Elongación, %	0.4 - 1.5	0.4 - 0.9	1 - 70	10 - 150
Resistencia al Impacto, Lt-lb/in	0.2 - 18.0	0.24 - 18.0	0.15 - 30.0	1.2 - 8.0
Dureza Rockwell (R); Shore (S)	R: 50 - 128	R: 115-155	R: 80 - 120	R: 70 - 95
				S: 15 - 65

TABLA 3 PROPIEDADES ELÉCTRICAS DE LOS POLÍMEROS IAES

PROPIEDAD	POLÍMERO				
	HDP E	PVC	PP	PS	PA
Fuerza dieléctrica, volts/mil	450 - 500	350 - 500	500 - 660	500 - 700	360 - 600
Constante dieléctrica, 1 khz.	2.30 - 2.35	4.0 - 8.0	2.2 - 2.6	2.40 - 2.65	3.2 - 9.7
Resistividad volumétrica, ohm - cm.	$7 \cdot 10^{16}$	$7 \cdot 10^{16}$	$7 \cdot 10^{16}$	$7 \cdot 10^{16}$	$10^{11} - 10^{15}$
Resistencia al arco, sec.	-	60 - 80	136 - 185	60 - 140	98 - 140

PROPIEDAD	POLÍMERO				
	FENOLICOS	MELAMINA	EP	PC	SI
Fza. Dieléctrica, volt/mil	175 - 550	130 - 400	235 - 550	350 - 500	200 - 550
Constante dieléctrica 1 khz.	4.4 - 16	6.2 - 15.5	3.0 - 5.5	3.02	3.2 - 4.5
Resistividad volumétrica, ohm - cm.	$10^9 - 10^{13}$	$10^9 - 10^{12}$	$7 \cdot 10^{14}$	10^{16}	$10^{14} - 10^{15}$
Resistencia al arco, sec.	Nonesiste	95 - 200	45 - 300	5 - 120	60 - 250

TABLA 4 PROPIEDADES OPTICAS DE POLIMEROS COMERCIALES

PROPIEDAD	P O L I M E R O				
	HDPE	PVC	PP	PS	PA
Indice de Refrac- ción n_D	1.54	1.47 - 1.63	1.49	1.56 - 1.60	-
Transmitancia %	0.40	76 - 82	55-90	35 - 92	38 - 95

PROPIEDAD	P O L I M E R O			
	FENOLICOS	MELAMINA	EP	PC
Indice de Refrac- ción, n_D	1.5 - 1.7	-	1.55 - 1.61	1.586
Transmitancia, %	-	29.9	-	85 - 91

TABLA 5 - PROPIEDADES MICAS DE POLIMEROS COMERCIALES

PROPIEDAD	P O L I M E R O				
	HDPE	PVC	FP	PS	PA
Coefficiente de Expansión Técnica, 10^{-5} in/in / °F	11 - 13	5 - 25	2.9 - 10.2	1.8 - 21.0	1.5 - 12.0
Temperatura de De flección a 254 psi, °F	110 - 130	130 - 175	115 - 350	175 - 235	130 - 437
Velocidad de Flujo, gr./10 min.	0.3 - 40	-	0.7 - 30	1 - 27	5 - 100
Velocidad de Combustion, in/min.	1.00-1.04	-	0.75-2.50	0.1 - 1.5	1.1
PROPIEDAD	FENOLICOS	MELAMINA	EP	PC	SI
Coefficiente de Expansión Térmica, 10^{-5} in/in / °C	0.8 - 6.0	1.0 - 4.5	1.1 - 10	1.70 - 6.60	30 - 80
Temperatura de Deflección a 264 psi, °F	300 - 600	266 - 400	115 - 550	220 - 300	-
Velocidad de Flujo, gr./10 min.	-	-	-	-	-
Velocidad de Combustion in/min.	0.13 - 0.5	-	-	0.80 - 1.27	-

3.6 Consideraciones Generales sobre las Normas Estandarizadas

La creditabilidad de un Laboratorio sólo se puede afianzar con la capacidad de dicho laboratorio en conducir pruebas específicas, que es parte de la evaluación ingenieril, mediante el empleo de normas estandarizadas que tienen reconocimiento nacional e internacional.

El porqué, de utilizar normas estandarizadas se puede sintetizar en los siguientes puntos:

- (1) Permite producir un alto grado de repeticiones de los ensayos, los cuales sirven a su vez, para una interpretación uniforme de los resultados.
- (2) Mediante una adecuada selección de especímenes de prueba, también estandarizados, se representan a líneas enteras de productos empleando un mínimo de tiempo y esfuerzo.
- (3) Se obtienen resultados los cuales pueden ser comparables con respecto a un patrón.

Ahora bien, para el ensayo de los artículos hechos con materiales plásticos, se debe seleccionar el método más conveniente, tanto económica como técnicamente hablando, para describir las características de dicho artículo; ya que los ensayos tienen mayor significancia cuando se han seguido procedimientos estandarizados o normalizados de reconocimiento nacional o internacional.

Es interesante destacar, que luego de la elección de una norma específica, la certificación de los resultados va a depender de los equipos utilizados, por las limitaciones-intrínsecas de cada equipo como son: rangos de trabajo, grado de precisión, materiales con que trabaja, etc.

3.6.1 Norma Estandarizada Nacional

El Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas -ITINTEC-, es el organismo encargado de establecer, calificar y regular las Normas Estandarizadas a nivel nacional.

Con el fin de orientar las normas hacia las diferentes ramas industriales, ITINTEC ha establecido diversos comités encargados de la dación de Normas Estandarizadas, así tenemos: Al Comité de Plásticos el cual tiene en su haber una relación de Normas para determinar propiedades específicas de los materiales poliméricos.

Para mayor referencia, remirse al Catálogo de Normas ITINTEC.

3.6.2 Elección de la Norma Americana y su Aplicación en Materiales Poliméricos

La Norma ASTM, tiene mayor repercusión a nivel internacional, aunque los países europeos hacen sus ensayos basados en las Normas ISO y D.I.N.

En nuestro caso, se está adoptando la Normas Americana porque contiene normas estandarizadas para casi todos los materiales poliméricos, cubriendo la gran mayoría de las propiedades físicas y químicas.

Normalmente se requieren dos clases de Normas Estandarizadas :

(1) Normas Estandarizadas de Especificaciones

(2) Normas Estandarizadas de Procedimientos

En las normas de especificaciones se detallan los valores cuantitativos de las diversas propiedades de los polímeros y en los de procedimiento se describen los métodos a seguir para realizar el ensayo correspondiente, aunque muchas normas proveen información tanto de especificaciones como de procedimiento.

En el Apéndice 3.3 se encuentra un resumen de ensayos de las propiedades físicas y químicas de los polímeros.

CAPITULO 4

4. EQUIPOS E INSTRUMENTOS NECESARIOS PARA EL LABORATORIO DE ENSAYOS
Y CONTROL DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES POLIMERICOS

De ntro del equipamiento básico del Laboratorio se debe incluir un surtido material de vidrio, reactivos químicos, una balanza analítica, calentadores eléctricos, pH-metro, congelador, horno y un buen sistema de acondicionamiento del medio ambiente en el Laboratorio.

Como el Laboratorio está orientado a analizar y ensayar materiales plásticos, el equipamiento es mucho más específico, es decir, está en función de la característica o propiedad que se quiere evaluar

En este Capítulo se ha seleccionado los equipos necesarios para el montaje y puesta en marcha de dicho laboratorio.

La selección de los equipos se ha realizado en base a la información recibida de las diferentes Compañías Internacionales productoras de equipos para análisis y ensayos de materiales plásticos, algunas de las cuales sólo enviaron las características técnicas de éstos y otras además de enviar la información anterior, también incluyeron los costos de los equipos.

De toda la información recibida, se optó por escoger a aquellos equipos que cubrían amplios rangos de operación, buen grado de exactitud en los resultados, aplicables a una amplia gama de materiales poliméricos y de costos aceptables.

Las características de los equipos se detallan en la sección 4.3

Cabe señalar que el factor decisivo para la selección de una Compañía entre otras que producían equipos semejantes, fue el que tuviera su representante de ventas en Lima, ofreciendo a su vez, el servicio técnico respectivo y el suministro de repuestos.

En la sección 4.3 se encuentran las especificaciones técnicas y costos de los equipos y la relación completa de las Compañías Productoras de Equipos para Análisis y Ensayos de los Materiales Poliméricos, se proporciona en el Apéndice 5.

4.1 Principales Equipos Empleados para evaluar las Propiedades de Los Polímeros

La selección de los equipos para ensayar las propiedades más importantes tanto físicas como químicas de los materiales poliméricos, se ha realizado en base a la Producción y a las Necesidades de la Industria Nacional.

Existe una gran variedad de Compañías Productoras de Equipos e Instrumentos para ensayos de materiales plásticos y cada compañía provee información acerca de las características técnicas más importantes (dimensiones, peso, materiales con que trabaja, rangos de operación, grado de exactitud de los resultados) y las pruebas de ensayo que realiza.

En la búsqueda de esta información, se encontró que diferentes Cías. producían equipos semejantes o que evaluaban la misma propiedad, luego se seleccionó aquella Cía. que presentaba las mejores características técnicas y también se tomó en cuenta

el costo de cada equipo.

Lo ideal es que este Laboratorio se halle ampliamente dotado con toda clase de aparatos de aplicación en la tecnología y control de estos materiales.

A continuación se enlistarán los equipos recomendados para instalar un buen Laboratorio para ensayo de Materiales Poliméricos.

Ensayos Físicos

1. Viscosímetro "Brookfield", para determinar viscosidades de latex, pastas y disoluciones de polímeros.
2. Columnas de gradiente de densidad, medidas de densidad.

Ensayos Mecánicos

1. Máquina universal de ensayos (5000K de carga), "Instron" resistencia a la tracción, flexión y compresión.
2. Péndulo "Charpy", resistencia a la flexión dinámica (impacto).
3. Elasticímetro "Le Rolland Sorin", módulo de elasticidad.
4. Durómetro "Shore Conveloader", Dureza Shore.
5. Abrasímetro "Du Pont", resistencia a la abrasión.
6. Pliógrafo, resistencia al pliegue de películas
7. Troqueladora, para cortar probetas de distintos tipos.

Ensayos Eléctricos

1. Megóhmetro, resistividad transversal y resistencia específica superficial.

2. Q-metro, constante dieléctrica y factor de pérdida.
3. Multitester, mide voltaje, amperaje, resistencia eléctrica.

Ensayos Ópticos

1. Refractómetro diferencial, medidas de índice de refracción.

Ensayos Térmicos

1. Estufa "Martens", resistencia a la deformación bajo carga.
2. Estufa "Vicat", temperatura de reblandecimiento, grado Vicat.
3. Plastómetro de Extrusión "Tinius Olsen", índice de fusión.
4. Calorímetro diferencial de barrido "Perkin Elmer", transiciones térmicas, cristalinidad, conductividad térmica, diagramas de fase, entalpías de reacciones químicas.
5. Equipos de análisis térmico diferencial "Perkin Elmer", termogravimétricos, termomecánicos.

Ensayos para la Caracterización de los Polímeros

1. Dispersor de luz, pesos moleculares en peso y propiedades en disolución.
2. Osmómetro de membrana automático, pesos moleculares en número.
3. Cromatógrafo de Permeación de Gel (GPC), distribución del peso molecular del polímero.
4. Espectrógrafo de infrarrojo, análisis de polímeros.

4.2 Proyecto de Inversión del Laboratorio Destinado al Ensayo de Materiales Poliméricos

Nombre: Laboratorio de Ensayo de Materiales Poliméricos-

Función Primaria: Investigación y Desarrollo para la Educación y Servicio a la Industria Nacional.

Función Secundaria: Asesoría y estudios de aplicación de los plásticos.

PRESUPUESTO DE INVERSION DEL LABORATORIO DE ENSAYO DE
MATERIALES POLIMERICOS

En U.S. \$ (dólares)

RUBRO	VALOR
Equipo e instalaciones	150,000.00
Mobiliario	2,500.00
Sub Total	152,500.00
Imprevistos, 10%	15,250.00
TOTAL	167,750.00

4.3 Especificaciones y Cotizaciones de algunos Equipos de Ensayo de Materiales Poliméricos

1. Viscosímetro Brookfield

Modelo RVT (viscosidad media)

- Velocidades (rpm) : 100, 50, 20, 10, 5, 2.5, 1 y 0.5
- Viscosidad mínima recomendada en Cps.: 100
- Viscosidad máxima en Cps.: 8'000,000.

- *Aplicaciones: Adhesivos, cremas, productos alimenticios, gomas, tintas, organosoles, pinturas, recubrimientos, plastisoles, etc.*
 - *Dimensiones: 8" x 8" x 16"*
 - *Costo: U.S. \$ 880*
2. *Equipo para la Prueba de Impacto Charpy e Izod Modelo 66 (TINIUS OLSEN) (ASTM D-2444, ASTM D-3029)*
- *Peso de 250 lbs.*
 - *Rangos de operación: 4 escalas de 200, 100, 50 ó 25 in - lb , respectivamente.*
 - *Aplicaciones: Para todo tipo de material plástico.*
 - *Dimensiones: 20" x 32" x 36"*
 - *Costo: U.S. \$ 6,825*
3. *Equipo para la Prueba de Resistencia a la Tracción y Comprensión (ASTM D-638)*
- Modelo LoCap Equipo de Ensayo Universal (TINIUS OLSEN)*
- *Rangos de operación: 4 escalas de 6000; 12000; 24000 ó 30000 lb.*
 - *Velocidad de prueba: desde 0.04 hasta 4 in/min.*
 - *Aplicaciones: Materiales termoplásticos*
 - *Dimensiones: 8" x 20" x 40"*
 - *Costo: U.S. \$ 12,885*
4. *Durometro (ASTM D-2240)*
- Modelo Shore Conveloader*
- *Rango de operación: escala de 0 a 100*
 - *Condiciones de operación: a velocidad y carga constante.*
 - *Aplicaciones: Materiales plásticos*
 - *Dimensiones: 6" x 6" x 9"*
 - *Costo: U.S. \$ 695*

5. *Plastómetro de Extrusión para medir el Índice de fusión o MELT INDEX. (ASTM D-1238)*

Modelo Thermodyne (TINIUS OLSEN)

- *Peso de 80 lbs.*
- *Rangos Operación: Temperatura máxima de 315°C y Carga máxima de 21 600 gramos.*
- *Rangos de velocidades de flujo: Desde 0.5 hasta 300 grs.% min.*
- *Aplicaciones: Acetales, acrílicos, ABS, ésteres de celulosa, nylon, PCTFE, PE, PC, PP, PS, acetales vinílicos.*
- *Dimensiones: 12" x 16" x 24"*
- *Costo: U.S. \$ 3,615*

NOTA: No incluye pesas ni termómetros.

6. *Refractómetro ABBE "Carl Zeiss" (ASTM D- 542)*

- *Rangos de Operación: Escala de 1.3 a 1.7 nD*
- *Características: Prisma intercambiable, termómetro graduado a 50°C y con solución patrón de monobromuro de naftaleno para calibración.*
- *Aplicaciones: para examinar y controlar pureza de petróleos y sus derivados, grasas, para determinar contenido de azúcar en soluciones acuosas de sacarosa, para medir índice de refracción de materias sólidas como vidrio, plásticos, etc.*
- *Costo: U.S. \$ 3,750*

7. *Troqueladora*

Para preparación de probetas para las pruebas de tracción.

- *Aplicaciones: Materiales termoplásticos, elastómeros*
- *Dimensiones: 550 x 370 x 550 (mm)*
- *Costo: U.S. \$ 1697*
- *Peso: 90 Kg aprox.*

8. *Equipo para determinar la Temperatura de Deflección y el Grado Vicat. (ASTM D-648, ASTM D-1637, ASTM D-1525)*

Para determinar la temperatura a la cual un espécimen dado sufre una determinada deflección en condiciones estándares (ensayo HDT) y para determinar la temperatura a la cual un espécimen dado sufre una determinada penetración en condiciones estándares (ensayo Vicat).

- *Rangos de operación: de 0 hasta 300 °C*
- *Error máximo de temperatura: = 1 °C*
- *Rango de medida: desde 0 hasta 2 mm*
- *Aplicaciones: materiales poliméricos*
- *Peso: 110 Kg*
- *Dimensiones: 1200 x 600 x 670 mm*
- *Costo: U.S. \$ 8,367*

9. *Dilatómetro (ASTM D-696)*

Para determinar el coeficiente térmico de expansión lineal

- *Rango de operación: - 100 a + 300 °C*
- *Grado de exactitud : determina variaciones lineales de 0.001 mm, interpolables a 0.0005 mm aprox*
- *Peso: Dilatómetro 15 Kg, Celda termostática 13 Kg*
- *Dimensiones: Dilatómetro 200 (∅) x 700 mm*
Celda termostática 250 (∅) x 750 mm
- *Costo : U.S. \$ 13,616*

10. *Calorímetro Diferencial de Barrido, Modelo DSC-2C*

Para determinar entalpías, capacidad calórica, emisividad térmica, pureza de las muestras sólidas, además puede usarse para cinética química.

- *Rango de operación: - 175 a + 725 °C*
- *Aplicaciones: productos petrolíferos, plásticos, sistemas biológicos y metales*
- *Dimensiones: 500 x 950 x 750 mm*
- *Costo: U.S. \$ 20,490*

11. Reóscopo 1000

Para determinar las propiedades de fluencia en los procesos de transformación de los plásticos, homogeneidad de las resinas plásticas, degradación térmica, estabilidad dimensional, orientación, velocidad de extrusión, viscosidad, elasticidad.

- Rangos de operación De 100 a 400 °C y de 10 a 10⁸ Pascal x seg (viscosidad)
- Aplicaciones: Resinas termoplásticas, artículos moldeados por compresión, inyección, soplado de: PE, PP, PVC, ABS, PMMA, gomas.
- Grado de exactitud: = 0.5 °C
- Peso: 350 Kg
- Dimensiones: 950 x 550 x 2030 mm
- Costo: U.S. \$ 35,100

12. Equipo para medir la presión interna de Tubos
(ASTM D-1598, ASTM D-1599)

Para determinar la presión a la cual falla el tubo (se va incrementando la presión) y también para determinar al cabo de que tiempo falla el material cuando está sujeto a presión constante.

- Rango de operación: De 0 a 200 bar
- Rango de temperatura: De 20 a 100 °C
- Grado de exactitud: 0.5 bar
- Aplicaciones: Tubos de material plástico, PVC, de diámetros externos hasta 200 mm y longitudes hasta de 1000 mm
- Peso: 50 Kg
- Dimensiones: 1600 x 400 x 1200 mm
- Costo: U.S. \$ 8,528

13. *Equipo para medir la Constante Dieléctrica: Q-Metro (ASTM D-150)*

Para determinar la constante dieléctrica relativa (ϵ_r) y el factor de disipación ($\text{tg } A$), a altas frecuencias, utilizando el circuito de resonancia RCL.

- *Rango de operación de 1 a 5 MHz*
- *Rango de Q : de 0 a 250 Q donde $Q = 1/\text{tg } A$*
- *Aplicaciones: materiales termoplásticos, termoestables, gomas, elastómeros.*
- *Peso : 30 Kg*
- *Dimensiones : 600 x 600 x 400 mm*
- *Costo : U.S. \$ 14,474*

14. *Equipo para medir la fuerza dieléctrica (ASTM D-149)*

Para determinar la fuerza dieléctrica y el voltaje de rotura para tiempos cortos.

- *Rango de operación : de 0 a 80 kV*
- *Aplicaciones : Termoestables y termoplásticos*
- *Peso : Transformador 120 Kg y la Cabina 5 kg*
- *Dimensiones : Transformador 510 x 415 x 805 mm
Cabina 510 x 330 x 450 mm*
- *Costo : U.S. \$ 11,170*

15. *Equipo para medir la Resistencia al Arco (ASTM D-495)*

Para determinar la resistencia al arco de una superficie aislante por cierre de un arco de alta tensión y baja intensidad de corriente.

- *Rango de operación: de 0 a 250 volt, de 0 a 50 mAmp*
Aplicaciones Termoplásticos y termoestables
- *Peso: 47 Kg*
- *Dimensiones : 585 x 330 x 575 mm*
- *Costo : U.S. \$ 9,190*

El costo total de los 15 equipos aquí señalados da un valor de U.S. \$ 151,282.00 Los costos de los equipos fueron dados en el último trimestre de 1982.

A continuación se enlista los equipos antes mencionados, las compañías internacionales que lo producen y las casas representantes de ventas en el Perú :

<i>EQUIFOS</i>	<i>COMPAÑIA INTERNACIONAL</i>	<i>CASA REPRESENTANTE</i>
1	<i>Brookfielf En . Lab.</i>	<i>Arsa Representaciones</i>
2, 3, 5	<i>Tinius Olsen</i>	<i>Kessel</i>
6	<i>Carl Zeiss</i>	<i>Kessel</i>
4	<i>Conveloader</i>	<i>A pedido directo</i>
10	<i>Perkin Elmer</i>	<i>Representante de la Perkin Elmer</i>
7, 8, 9	<i>CEAST</i>	<i>Balcav</i>
11, 12,	<i>Compagnia</i>	<i>Interamericana</i>
13, 14,	<i>Europea</i>	<i>S. A.</i>
15.	<i>Apparecchi Scientific Torino</i>	

CAPITULO 5

5. ELECCION DEL AREA FISICA DESTINADA AL LABORATORIO DE ENSAYOS Y CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES POLIMERICOS

Existe un gran número de pequeñas y medianas industrias que se dedican a la transformación de resinas sintéticas (nacionales e importadas), para la fabricación de una diversidad de gama de productos de diferentes composiciones y aplicaciones, las cuales no cuentan con una infraestructura adecuada para garantizar productos de calidad, produciéndose de esta forma pérdidas y desperdicios en el proceso de producción, generándose una baja rentabilidad en la empresa.

La cantidad de dinero que estos fabricantes pueden asignar para brindar tales servicios han sido reducidos significativamente y ninguna empresa pequeña o mediana puede establecer su propio Departamento de Investigación y Desarrollo.

Por otro lado, la Industria Nacional en general, en su afán de actualizar sus conocimientos tecnológicos, así como el de desarrollar nuevas tecnologías e investigar nuevos procesos, debe tener como instrumento de apoyo y asesoría a las Universidades y converger así en el binomio Industria-Educación.

De ahí que la mejor alternativa para localizar a dicho Laboratorio, es la Universidad Nacional de Ingeniería, más específicamente en el Departamento Académico de Procesos Industriales del Programa Académico de Ingeniería Química y Manufacturera, fundamentalmente

por dos razones:

- 1º El Dpto. de Procesos Industriales está directamente relacionado con los avances de la tecnología y todo el aspecto de diseño ingenieril.
- 2º Con la implantación de este Laboratorio, se complementaría la parte experimental y/o práctica del curso "Ingeniería de Polímeros", que se viene dictando en la UMI desde el ciclo 81 - I, alcanzando así, su máximo valor didáctico.

5.1 Acondicionamiento del Laboratorio de Ensayo de Materiales Poliméricos

La palabra ambiente y los conceptos que de ella se derivan, ya no pertenecen solamente a determinadas ramas de la ciencia y de la tecnología. Cada vez, se perciben más claramente las repercusiones de las influencias del medio ambiente sobre los seres vivos y los objetos.

Por ello, es necesario conocer mejor el comportamiento de los materiales bajo la influencia de determinadas condiciones ambientales, no confiando en suposiciones, sino adquiriendo conocimientos mediante ensayos bajo condiciones ajustables, para extraer conclusiones respecto a la elección de materiales, posibilidades de aplicación en servicio y sus limitaciones.

El número de influencias ambientales sobre los materiales, en especial los materiales plásticos es muy grande y las repercusiones que de ellas resultan, muy variadas.

Las influencias ambientales más importantes son : el calor, el frío, humedad del aire, presión del aire,, niebla, lluvia, rocío, escarcha,, helada, composición del aire, viento, vibraciones y oscilaciones, rozamiento, campos eléctricos, gases agresivos, reacciones químicas, radiaciones luminosas y térmicas, radiaciones atómicas, etc.

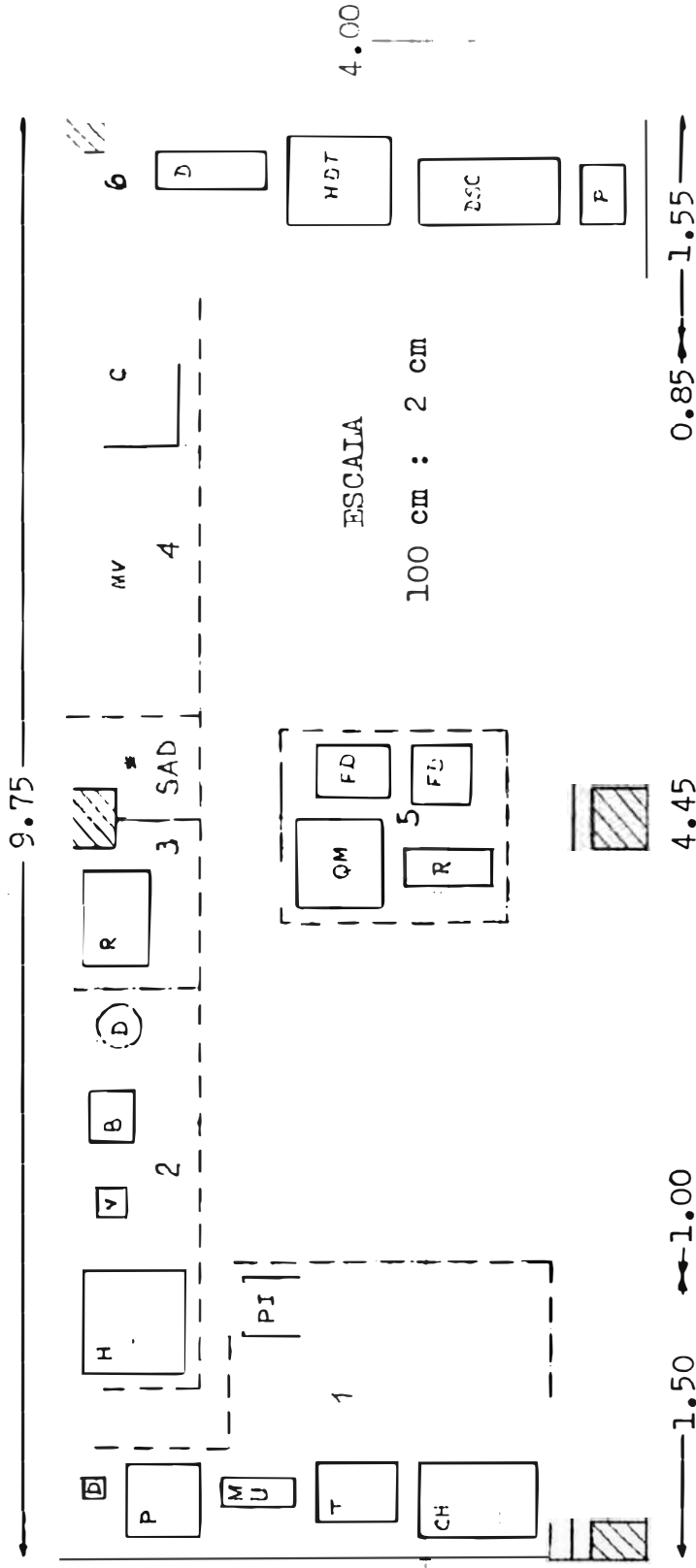
La técnica de la simulación ambiental consiste en simular las condiciones ambientales cuando se realiza un determinado ensayo en el Laboratorio independientemente del tiempo y del lugar, para conseguir resultados comparables y de garantía.

Los parámetros más importantes para el acondicionamiento estandarizado del Laboratorio son : la Temperatura, la Humedad y la Presión Atmosférica.

5.2 Disposición de los Equipos

A lo largo del desarrollo de este trabajo, se ha podido comprobar la necesidad de implantar un Laboratorio de Ensayos exclusivo para materiales poliméricos.

Teniendo como base los equipos seleccionados en la sección 4.3 y habiendo elegido una área arbitraria dentro del Laboratorio de Operaciones Unitarias del Dpto. de Procesos Industriales, se ha diseñado la disposición de los equipos de ensayos por áreas de trabajo según la propiedad del material polimérico que se desea evaluar, vale decir, Areas Física , Mecánica, Óptica, Química, Eléctrica, y Térmica .



DISTRIBUCION DE LOS EQUIPOS POR AREAS DE TRABAJO

<p><u>1 A. Mecánica</u></p> <p>CH= Impacto Charpy T = Troqueladora MU= Resis. Tracción P = Pulidora</p>	<p><u>2 A. Física</u></p> <p>H = Horno V = Viscosímetro B = Balanza A. D = Desecador</p>	<p><u>3 A. Optica</u></p> <p>R = Refractó metro</p>	<p><u>4 A. Química</u></p>	<p><u>5 A. Eléctrica</u></p> <p>QM= Q-Metro R = Resistencia al Arco FD= Fuerza Die-</p>	<p><u>6 A. Térmica</u></p> <p>D = Dilatómetro HDT= T₀ Deflección térmica DSC= Calorímetro</p>
---	--	---	----------------------------	---	--

CAPITULO 6

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 A través de todo el trabajo desplegado durante la elaboración de la presente Tesis, se ha logrado definir un Laboratorio Básico de Ensayos y Control de Calidad de Materiales Poliméricos, teniendo como punto de partida su equipamiento y las normas técnicas necesarias para realizar dichos ensayos ya que la Pequeña y Mediana Industria dedicada a la Transformación de los materiales plásticos no cuentan con un buen servicio especializado para controlar la calidad de sus productos.

6.2 Sabemos que la materialización del Laboratorio de Ensayo para materiales poliméricos no va a ser una tarea fácil. Se va a requerir del esfuerzo mancomunado de catedráticos, profesores, alumnos y técnicos de la Universidad, y también se va a requerir del aporte económico por parte de la Industria Nacional y de todas aquellas Instituciones que de una u otra forma están relacionadas con los materiales poliméricos.

6.3 El Departamento de Procesos Industriales del P.A.I.Q.M. de la U.N.I., debe fijarse como objetivo principal establecer contactos con el Sector Industrias, de manera que divulge y propague la apertura de este Laboratorio orientado hacia los materiales poliméricos.

6.4 Como de todas maneras se va a requerir de un fuerte financiamiento económico para la implantación total de dicho Laboratorio.

rio , una muy buena solución podría ser su autofinanciamiento, es decir, que prestando servicios a todas aquellas entidades que requieran de asistencia y asesoría en lo que a materia les poliméricos se refiere, se vaya formando un fondo económico por los servicios prestados y con el dinero así generado, se podrían comprar nuevos y mejores equipos.

6.5 La implantación total del Laboratorio se llevaría a cabo en tres fases :

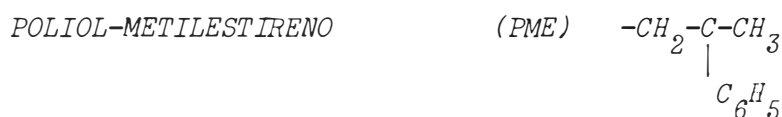
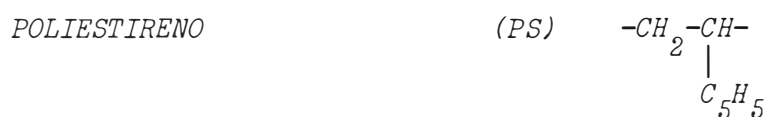
- 1º Equipamiento a mediano plazo, vale decir, que se puede poner en funcionamiento este Laboratorio contando con los equipos que actualmente tiene la Universidad, como son : hornos, balanzas, viscosímetros, material de vidrio, etc.
- 2º Equipamiento a inmediato plazo, con el diseño de equipos y accesorios para realizar pruebas específicas, las que se realizarían según las necesidades de la Industria.
- 3º Equipamiento a largo plazo, con equipos más completos y de mayor sofisticación con propósitos de investigación y de desarrollo.

6.6 Por último, en este trabajo no se ha considerado la parte de la instalación de los equipos en el Laboratorio, por lo cual, se recomienda un trabajo posterior en donde se vea este aspecto para llevar a cabo la Implantación propiamente dicha del Laboratorio en estudio.

A P E N D I C E

ESTRUCTURA MOLECULAR DE LOS POLIMEROS

1. HIDROCARBUROS POLIMERICOS SATURADOS



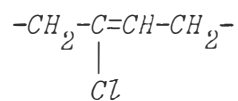
2. HIDROCARBURO POLIMERICOS INSATURADOS



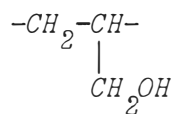
3. POLIMERO HALOGENADOS



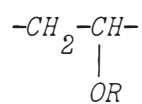
POLICLOROPRENO

4. POLIMEROS ALCOHOLICOS Y SUS DERIVADOS

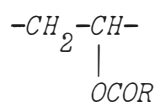
POLIALIL ALCOHOL



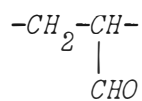
POLIVINIL ETER



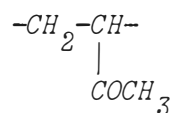
POLIVINIL ESTER

5. POLIMEROS ALDEHIDAS Y CETONAS

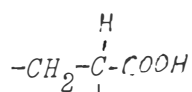
POLIACROLEINA



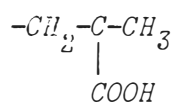
POLIMETILVINILCETONA

6. POLIMEROS ACIDOS Y SUS DERIVADOS

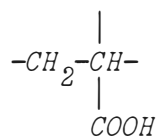
ACIDO POLIACRILICO



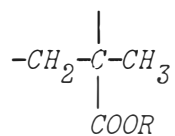
ACIDO POLIMETACRILICO



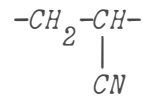
POLIACRILATO



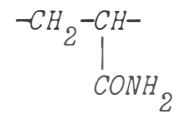
POLIMETACRILATO



POLIACRILONITRILO

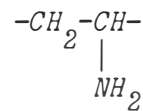


POLIACRILAMIDA



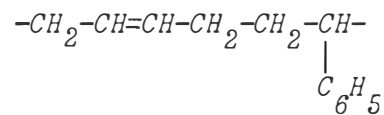
7. POLIMEROS QUE CONTIENEN NITROGENO EN SU CADENA

POLIVINILAMINA

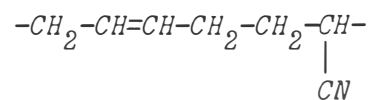


8. COPOLIMEROS

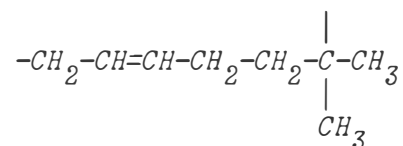
BUTADIENO/ESTIRENO



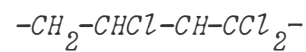
BUTADIENO/ACRILOMETILO



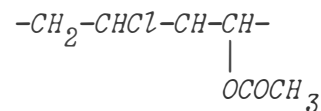
BUTADIENO/ISOBUTILENO



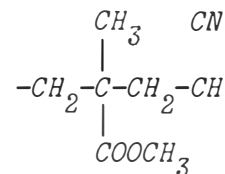
CLORURO DE VINILO/CLORURO DE VINILIDENO



CLORURO DE VINILO/ACETATO DE VINILO

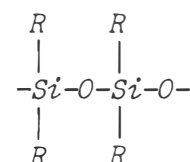


METILMETACRILALO/ACRILOMETILO



9. POLIMERO SILICONADOS

POLISILOXANO



NOMENCLATURA DE LOS MATERIALES POLIMERICOS

1. HOMOPOLIMEROS Y POLIMEROS NATURALES

CA	Acetato de Celulosa
CAB	Acetato Butirato de Celulosa
CAP	Acetato Propianato de Celulosa
CDV	Cloruro de Vinilideno
CF	Cresol Formaldehido
CMC	Carboximetil Celulosa
CN	Nitrato de Celulosa
CP	Propianato de Celulosa
CPE	Poli-etileno Clorado
CS	Caseína
CSM	Poli-etileno Clorosulfurado
EC	Etil Celulosa
ECTFE	Etileno Clorotri-fluor Etileno
EP	Epoxi, Epoxido
EPS	Poliestireno Expandible
FEP	Etileno Propileno Fluorado
HDPE	Poli-etileno de Alta Densidad
HIPS	Poliestireno de Alto Impacto
LDPE	Poli-etileno de Baja Densidad
MDI	Metiléndifenil Isocianato
MMA	Metil Metacrilato
OPP	Polipropileno Orientado
PA	Poli-amida

PAN	<i>Poliacrilonitrilo</i>
PB	<i>Polibuteno</i>
PBT	<i>Polibutilen Tereftalato</i>
PC	<i>Policarbonatos</i>
PCTFE	<i>Policloro Trifluoretieno</i>
PDAP	<i>Polidialil Ftalato</i>
PE	<i>Polietileno</i>
PEOX	<i>Oxido de Polietileno</i>
PF	<i>Fenol Formaldehida</i>
PET	<i>Polietilén Tereftalato</i>
PIB	<i>Polisobutileno</i>
PMMA	<i>Polimetil Metacrilato</i>
PMPPi	<i>Polimetilen Polifenil Isocianato</i>
POM	<i>Polioximetileno, Poliformaldehida</i>
PP	<i>Polipropileno</i>
PPO	<i>Oxido de Polifenileno</i>
PPOX	<i>Oxido de Polipropileno</i>
PS	<i>Poliestireno</i>
PTFE	<i>Politetrafluoretieno</i>
PTMT	<i>Politetrametilen Tereftalato</i>
PU	<i>Poliuretano</i>
PUR	<i>Poliuretano Rigido</i>
PVAC	<i>Poliacetato de Vinilo</i>
PVAL	<i>Polialcohol de Vinilo</i>
PVB	<i>Polibutiral de Vinilo</i>

PVC	<i>Policloruro de Vinilo</i>
PVCD	<i>Policloruro de Vinilideno</i>
PVDF	<i>Polifloruro de Vinilideno</i>
PVF	<i>Polifloruro de Vinilo</i>
PVK	<i>Policarbazol de Vinilo</i>
PVP	<i>Polipirolidina de Vinilo</i>
SI	<i>Silicona</i>
SP	<i>Poliestireno Antichoque</i>
TDI	<i>Toluilen Disocianato</i>
UF	<i>Urea Formaldehida</i>
UP	<i>Poliestireno Insaturado</i>

2. COPOLIMEROS

ABS	<i>Acrilo Nitrilo Estireno Butadieno</i>
AMBS	<i>Acrilo-Nitrilo Metilbetacrilato Butadieno Estireno</i>
A/MMA	<i>Acrilo Nitrilo Metilmetacrilato</i>
A/S/A	<i>Acrilo-Nitrilo Estireno Acrilato</i>
ECB	<i>Etileno Betunes</i>
E/EA	<i>Etileno Etil Acrilato</i>
E/P	<i>Etileno Propileno</i>
E/VAC	<i>Etileno Acesato de Vinilo</i>
FEP	<i>Floruro Etileno Propileno</i>
MBA	<i>Metil-Metacrilato Butilacrilato</i>
SAN	<i>Estireno Acrilo-Nitrilo</i>
S/B	<i>Estireno Butadieno</i>
SMMA	<i>Estireno Metilmetacrilato</i>

CC/E	<i>Cloruro de Vinilo Etileno</i>
VC/E/MA	<i>Cloruro de Vinilo Etileno Metilacrilato</i>
VC/MA	<i>Cloruro de Vinilo Metilacrilato</i>
VC/VAC	<i>Cloruro de Vinilo Acesato de Vinilo</i>
VC/VDC	<i>Cloruro de Vinilo Cloruro de Vinilideno</i>

3. PLASTIFICANTES

DBP	<i>Dibutil Ftalato</i>
DEP	<i>Dietil Ftalato</i>
DHP	<i>Dieheptil Ftalato</i>
DHXP	<i>Diexil Ftalato</i>
DIBP	<i>Diisobutil Ftalato</i>
DIDR	<i>Diisodecil Adipato</i>
DIDP	<i>Diiso-Decil Ftalato</i>
DINA	<i>Diisononil Adipato</i>
DINP	<i>Diisononil Ftalato</i>
DIOA	<i>Diiso-Octil Adipato</i>
DIOP	<i>Diiso-Octil Ftalato</i>
DITDP	<i>Diisotridecil Ftalato</i>
DMP	<i>Dimetil Ftalato</i>
DNP	<i>Dinonil Ftalato</i>
DOA	<i>Dioctil Adipato</i>
DOIP	<i>Dioctil Isoftalato</i>
DOP	<i>Dioctil Ftalato</i>
DOS	<i>Dioctil Sebacato</i>
DOT	<i>Dioctil Tereftalato</i>

<i>DOE</i>	<i>Dioctil Acelato</i>
<i>DPCF</i>	<i>Difenil Cresil Fosfato</i>
<i>POF</i>	<i>Difenil Octil Fosfato</i>
<i>OFF</i>	<i>Octil Decil Fosfato</i>
<i>TCEF</i>	<i>Tricloroetil Fosfato</i>
<i>TIOTM</i>	<i>Triisooctil Trimelitato</i>
<i>TOF</i>	<i>Trioctil Fosfato</i>
<i>TOPM</i>	<i>Tetraoctil Piromelitato</i>
<i>TOTM</i>	<i>Trioctil Trimelitato</i>
<i>TPF</i>	<i>Trifenil Fosfato</i>
<i>TTP</i>	<i>Tritolil Fosfato</i>

APPENDICE 3
NORMALIZACION

PRINCIPALES NORMAS INTERNACIONALES (1)

Las Normas Estandarizadas de reconocimiento Internacional - más usadas hoy en día son:

- (1) ANSI - American National Standards Institute
1430 Broadway, New York, N.Y. 11746, U.S.A.
- (2) ASTM - American Society of Testing and Materials
1916 Race St., Philadelphia, Penna. 19103 U.S.A.
- (3) B.S. - British Standards Institute
101 - 113 Pentonville Rd., London N1, United Kingdom.
- (4) DIN - Deutscher Normenausschuss
4 - 7 Burggatenstrasse, 1 Berlin 30, West Germany
- (5) I.S.O. - International Organization of Standardization
Central Secretariat, 1, Rue de Varembe,
1211 Geneva 20, Switzerland.
- (6) U.L. - Underwriter Laboratories
1285 Walt Whitman Rd., Melville
Long Island, N.Y. 11746 U.S.A.
- (7) MIL - Military Standardization
Department of Defense, Washington D.C. - U.S.A.

3.2 NORMAS ASTM e ISO PARA MATERIALES POLIMERICOS (16)

<u>Propiedades</u>	ISO	ASTM
<u>1. Propiedades Físicas</u>		
Gravedad Específica y Densidad	R1183	D792
Viscosidad en Soluciones Diluidas	1157	D1243
Absorción de Agua	62	D570
Densidad Aparente	60	D1895
<u>2. Propiedades de Permanencia</u>		
Resquebrajamiento	6252	D1693
Exposición a la Luz del Sol	877	E187
Exposición al Calor durante periodos largos de tiempo	2778	D794
Exposición al Calor en un Horno tubular Ventilado	1137	D1870
Exposiciones al Medio Ambiente	4607	D1435
<u>3. Propiedades Mecánicas</u>		
Esfuerzo de Compresión	604	D695
Esfuerzo de Tensión	R527	D638
Dureza por Medio de un Durómetro	868	D2240
Resistencia al Impacto, IZOD	180	D256
Propiedades de Flexión	178	D790
<u>4. Propiedades Eléctricas</u>		
Resistencia de Aislamiento	1325	D257

//...

5. <u>Propiedades Ópticas</u>	ISO	ASTM
Índice de Refracción	489	D542
6. <u>Propiedades Térmicas</u>		
Temperatura de Fragilidad	974	D746
Temperatura de Deflexión	75	D648
Índice de Fusión	1133	D1238
Punto Vicat	306	D1525
Velocidad de Combustión	1210	D635
7. <u>Propiedades Químicas</u>		
Resistencia a Sustancias Químicas	175	
8. <u>Condicionamiento</u>		
Humedad Relativa	R484	E104
9. <u>Terminología para Plásticos</u>		
Nomenclatura de los Materiales Poliméricos	1043	D1600
Vocabulario y Definiciones de Términos Variados	472	D883

APENDICE 3

3.3 RESUMEN DE ENSAYOS DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE
LOS POLIMEROS (2)

3.3.1 Propiedades Físicas

A. Gravedad Específica y Densidad

ASTM D-792

Alcance

Con este método se determina la gravedad específica y la densidad a 23°C de plásticos sólidos, por desplazamiento de volumen.

Significado

Esta propiedad sirve para identificar a un material o para determinar cambios físicos en éste, debido a cambios en la cristalinidad, volatilización de plásticos, absorción de solventes, etc.

Aparatos

1. Balanza Analítica

Con una precisión de 0.1 mg. y una exactitud de +0.05%

2. Plomada

Para especímenes que tienen una densidad menor que la unidad. Sus principales características deben ser: (a) Resistente a la corrosión, (b) De gravedad

específica mayor que 7.0 ,(c) Lo suficientemente pesado como para hundir al espécimen.

3. Recipiente para inmersión .

4. Picnómetro

De 25 ó 50 ml. de capacidad

5. Termómetro

Con una exactitud de $\pm 1^{\circ}\text{C}$

6. Baño constante de temperatura

Materiales

1. Agua destilada y libre de burbújas de aire

2. Otro líquido para inmersión

Si es que el agua afecta al material a ensayar (higroscópico). Sus principales características deben ser: (a) No afectar al espécimen de prueba (b) Tener una gravedad específica menor que el material a ensayar, (c) Tener una presión de vapor baja (d) Tener una presión de vapor baja, (e) De baja viscosidad.

Especímenes de Prueba

1. El espécimen debe ser una pieza unitaria del material a ensayar. Es conveniente un peso entre 1 y 5 grs., pero también se pueden usar especímenes de mayor peso.

2. Para materiales en forma de polvo de moldeo, hojue las o pellets, el ensayo se realiza sin hacerles alguna modificación.
3. Todos los especímenes de prueba deben estar libres de aceite, grasa o material extraño.

Procedimiento

1. Pesar la muestra en aire. Registrar este peso como "a".
2. Llenar un volumen determinado del recipiente de inmersión o picnómetro, con agua destilada u otro líquido y mantenerlo a 23°C. Registrar este peso como "b". Sumergir la muestra en el recipiente y si es preciso usar una plomada, si se usó, se registra como "c". También registrar el peso de la plomada como "p".
3. Si en el ensayo se utiliza otro líquido de gravedad específica menor que la del agua destilada, hallar este valor y registrarlo como "d".

Cálculos

1. Gravedad específica del XLPE (Polietileno de eslabonamiento cruzado) en bencina.

$$Sp-gr\ 23/23°C = \frac{a}{a + b - c} \times d$$

$a =$ Peso de la muestra (5.0292 g)

$b =$ Peso del picnómetro más bencina (75.6560 g)

$c =$ Peso del picnómetro con bencina y muestra
(76.6920 g)

$d =$ Gravedad específica de la bencina (0.7114)

Sp-gr 23/23°C = 0.9337

2. Densidad del XLPE

$D_{23°C}, g/cm^3 = Sp-gr_{23/23°C} \times 0.9975$

$D_{23°C}, g/cm^3 = 0.9314$

B. Viscosidad de PVC en soluciones diluidas

ASTM D-1243

Alcance

Con este método se determina la viscosidad de soluciones diluidas del policloruro de vinilo en ciclohexano.

Significado

Los valores de la viscosidad del PVC en soluciones diluidas están relacionados con el peso molecular del polímero.

Aparatos

1. Matraz de 100 ml, con tapa
2. Viscosímetro, Ubbelohde Serie U-1 o Cannon-Ubbelohde Nº 75.

3. Baño de agua, a $30\pm 0.5\text{C}$
4. Cronómetro, con exactitud al 0.1 segundos o menos
5. Termómetro, con lectura hasta de 100C

Materiales

1. Solvente, ciclohexanona de grado técnico para uso en laboratorios.

Procedimiento

1. Pesar 0.2 ± 0.002 g. de la muestra (con un contenido de humedad menor del 0.1 por ciento) y transferirla al matraz.
2. Adicionar de 50 a 70 ml. de ciclohexanona al matraz.
3. Calentar el matraz a $85 \pm 10\text{C}$ hasta que toda la resina se disuelva. El calentamiento no debe excederse de 12 hrs. y es preferible emplear el menor tiempo posible para minimizar degradación del polímero. Si se observan grumos o partículas de gels, preparar una nueva solución.
4. Enfriar la solución a la temperatura de prueba (30C) por un tiempo mínimo de 30 minutos en el baño. Enrasar la solución a un volumen de 100ml. Filtrar la solución a través de un filtro permeable (sinterizado) directamente en el viscosímetro.

5. Medir el tiempo de flujo de la solución a 30°C y también el tiempo de flujo del solvente puro (envejecido a 85°C + 10°C) en el viscosímetro.
6. Repetir la prueba cuantas veces sea necesario hasta obtener un resultado con un error de +0.1%.

Cálculos

1. Cálculo de la viscosidad relativa de la resina de homopolímero de PVC

$$\eta_r = t/t_0$$

t = Tiempo de flujo de la solución (178.5 seg)

t_0 = Tiempo de flujo del solvente puro (126.3 seg)

$$\eta_r = 1.4133$$

2. Cálculo de la viscosidad específica

$$\eta_{sp} = \eta_r - 1 = (t - t_0)/t_0$$

$$\eta_{sp} = 0.4133$$

3. Cálculo de la viscosidad reducida

$$\eta_{red} = \eta_{sp}/c$$

c = Concentración del polímero en la solución o peso de la muestra usada por 100 ml. de solución (0.2024 g.)

$$\eta_{red} = 2.0420 \text{ ml/g}$$

4. Cálculo de la viscosidad inherente

$$\eta_{inh} = (\ln \eta_r)/c$$

$$\eta_{inh} = 1.7091 \text{ ml/g}$$

C. Absorción de Agua

ASTM D-570

Alcance

Mediante este ensayo se determina la velocidad relativa de absorción de agua de los plásticos cuando estos están inmersos en agua.

Significado

El propósito de esta prueba es controlar la uniformidad del producto, particularmente aplicable a productos finales en forma de láminas, tubos, varillas, etc. Como consecuencia de éllo, las propiedades mecánicas y eléctricas pueden verse afectadas así como sus dimensiones.

El cambio en el contenido de humedad de los políme-ros es función de varios parámetros como son: (1) Tipo de exposición (por inmersión en agua o exposición en ambiente altamente húmedo, (2) Forma de la muestra y (3) De las propiedades inherentes del material.

Aparatos

1. Balanza, con capacidad de lectura hasta al 0.0001g.

2. *Horno, capaz de mantener una temperatura uniforme de $50 \pm 3^{\circ}\text{C}$ y de 105 a 110°C .*

Especímenes de Prueba

1. *La forma del espécimen de prueba para plásticos moldeados es de un disco de 2 pulgadas de diámetro y de 1/8 de pulgada de espesor.*
2. *El espécimen de prueba para plásticos laminados debe ser un paralelepípedo de 3 pulgadas de largo por 1 pulgada de ancho por el espesor del material.*
3. *Los especímenes de prueba para barras cilíndricas pueden ser de dos tipos: (1) Para diámetros de 1 pulgada o menos, 1 pulgada de longitud, (2) Para diámetros mayores de 1 pulgada, 1/2 pulgada de longitud.*
4. *Los especímenes de prueba para tubos pueden ser de dos clases: (1) Para diámetros de 3 pulgadas o menos, 1 pulgada de longitud, (2) Para tubos de más de 3 pulgadas preparar una muestra rectangular de 3 pulgadas de largo por 1 pulgada de ancho.*
5. *Todos los especímenes de prueba deben tener superficies pulidas.*

Acondicionamiento

Se deben acondicionar tres especímenes de prueba por

cada ensayo.

- 1. Para materiales cuyos valores de absorción de agua se afectan por la temperatura en las cercanías de 110°C, los especímenes se deben secar en un horno por 24 hrs. a 50 ± 3 °C, enfriar en un desecador y pesar la muestra inmediatamente.*
- 2. Los especímenes de materiales fenólicos y otros materiales cuyos valores de absorción de agua no se afectan apreciablemente con temperaturas mayores de 110°C, secar los especímenes en un horno por 1 hr. a 105-110°C.*

Procedimiento

- 1. 24 hrs. de inmersión*

Los especímenes previamente acondicionados se colocarán en un recipiente conteniendo agua destilada mantenido a 23 ± 1 °C, completamente inmersos, al término del tiempo retirar las probetas, secarlas y pesarlas inmediatamente.

- 2. 2 hrs. de inmersión*

Para materiales que tienen una relativa alta velocidad de absorción de agua.

- 3. Periodo Largo de Inmersión*

- Se repite la prueba igual que para las 24 horas de inmersión. Luego del cual se vuelve a ubicar en el baño y se vuelve a pesar la muestra al fi-

nal de una semana. Se repite la operación cada dos semanas tres veces consecutivamente, al término del cual al espécimen se le considera sustancialmente saturado.

- En el caso de dos horas de inmersión se repite la misma prueba y al cabo de las dos horas los especímenes se colocan en un recipiente con agua por 15 minutos más y se pesan los especímenes de prueba inmediatamente.

Cálculos y Reporte

1. Se reportan las dimensiones de los especímenes antes de la prueba.
2. Tiempo de acondicionamiento y temperatura
3. Procedimiento de inmersión usado
4. Tiempo de inmersión
5. Incremento en el peso durante la inmersión de las probetas expresado en porcentaje, así:

$$\text{Inc \%} = \frac{P_{hum} - P_{seco}}{P_{seco}} \times 100$$

Inc % = Incremento del peso en porcentaje

P_{hum} = Peso más agua absorbida

P_{seco} = Peso sin acondicionamiento

6. Cualquier observación adicional en el espécimen de prueba tal como cambia en su apariencia, etc.

3.3.2 Propiedades de Permanencia

A. Resquebrajamiento

ASTM D-1693

Alcance

Bajo ciertas condiciones de esfuerzo, los materiales poliméricos expuestos a la presencia de agentes surfactantes, jabones, agentes humectantes, detergentes o aceites, pueden presentar falla mecánica por rotura.

Significado

1. Este método se usa en inspecciones rutinarias, anotándose el número de probetas que fallan del total.
2. La falla o rotura por esfuerzo en un medio dado, es una propiedad que depende de la naturaleza y la intensidad del esfuerzo aplicado, así como de las condiciones de la prueba; desarrollándose altos esfuerzos multiaxiales locales a través de la introducción de una imperfección controlada en una de las caras de la probeta.

Aparatos

1. Porta-probetas, las dimensiones de la canaleta se dan en la figura 1.
2. Tubos de prueba de vidrio duro, de una longitud nominal de 200 mm. y un diámetro de 32 mm. con ta

pa.

3. Baño de temperatura, que se mantiene a 50°C para las condiciones A y B de la Tabla I y 100°C para la condición C.

Reactivo

El reactivo de prueba puede ser un agente activo surfactante, jabón o cualquier líquido orgánico que no sea apreciablemente absorbido por el polímero.

Se recomienda usar IGEPAL CO-630, que es el Nonilfenoxipoli(etilen-oxi) etanol.

Preparación de los especímenes de prueba

Se deben preparar probetas cuyas dimensiones son las siguientes: 1.5 ± 0.1 pulg por 0.50 ± 0.03 pulg. y el espesor de la probeta se especifica en la Tabla I.

Procedimiento

1. Generalmente los plásticos polietilénicos tipo I (definidos en la Norma ASTM D-1248) se prueban bajo la condición A. Los tipos II, III y IV bajo la condición B y los tipos II y IV altamente viscosos se prueban bajo la condición C. Las condiciones se especifican en la Tabla I.
2. A cada espécimen se le hace un corte (imperfección controlada) sobre una de sus caras como se mues-

tra en la figura 1.

3. Ubicar 10 especímenes con su respectivo corte en la canaleta. Los especímenes se doblan en "U".
4. Introducir la canaleta con los especímenes en el tubo de prueba e inmediatamente llenar el tubo con el reactivo, tapar el tubo y ubicarlo en el baño de temperatura a la temperatura de la condición seccionada.
5. Inspeccionar los especímenes al final del periodo de prueba: 48 horas, y registrar el número total de probetas falladas.

Reporte

El reporte debe incluir: (1) Identificación completa del material ensayado. (2) Reactivo y concentración, (3) Condición de la prueba (Tabla I), (4) Tiempo de duración, (5) Porcentaje de especímenes que han fallado.

Ejemplo para el Caso de Cables de Polietileno de Baja Densidad

- (1) LDPE en Solución de IGEPAL al 100%
- (2) Condición A por 48 Hrs.
- (3) De 10 probetas, ninguna falló (0%)

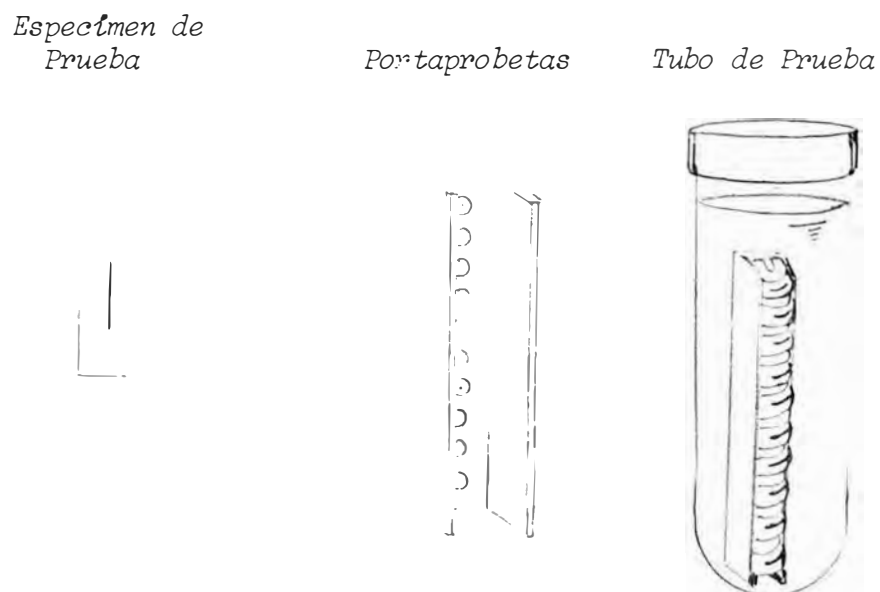
Tabla I.- Condiciones Estándares de Prueba

Condición	Espesor del Especimen (a)		Profundidad del corte (a)		T _o del Baño
	mm.	Pulg.	mm.	Pulg.	°C
A	Mín	3.00	0.120	0.50	50
	Máx	3.30	0.130	0.65	
B	Mín	1.75	0.070	0.30	50
	Máx	2.00	0.070	0.30	
C	Mín	1.75	0.070	0.30	100 ^(b)
	Máx	2.00	0.080	0.40	

(a) Los valores no son exactamente equivalentes.

(b) Cuando se usa el baño de 100°C se usa solución de Igepal, al 100% en lugar de una solución acuosa de Igepal, porque las soluciones acuosas tienden a cambiar su composición por la evaporación del agua durante el período de prueba.

Figura 1.- Equipo de Prueba



B. Resistencia de los Plásticos a Condición · Aceleradas del Medio

ASTM D-756

Alcance

Estos métodos cubren procedimientos para determinar cambios en el peso y forma de los plásticos bajo condiciones de servicio, tales como exposición directa a la luz, al medio ambiente, atmósferas corrosivas, cambios en la temperatura atmosférica y humedad.

Significado

Los procedimientos de ensayo descritos en esta norma, se encaminan a determinar los efectos sobre los plásticos ocasionados por cambios específicos en la temperatura y la humedad atmosférica.

Estos métodos sirven tanto para materiales termoplásticos como para los termoestables.

Aparatos

- 1. Balanza analítica, con un rango de exactitud de 0.005%*
- 2. Horno con circulación de aire*
- 3. Desecador*
- 4. Tela absorbente, para secar los especímenes*
- 5. Micrómetro*

6. Congelador

Procedimiento I

El ciclo de ensayo es el siguiente:

24 horas a $60\pm 1^{\circ}\text{C}$ y 88% de humedad relativa, seguido de otras 24 horas a $60\pm 1^{\circ}\text{C}$.

- 1. Pesar la muestra y medir sus dimensiones*
- 2. Exponer el espécimen por 24 horas en una solución saturada de sulfato de sodio para mantener una humedad relativa de 85 a 89% y a $60 \pm 1^{\circ}\text{C}$.*
- 3. Retirar el espécimen de la solución y colocarlo en el desecador hasta que alcance la temperatura del cuarto.*
- 4. Secar el espécimen, pesarlo y medir sus dimensiones. Inspeccionar visualmente cambios en la superficie, color, olor, etc.*
- 5. Volver a colocar el espécimen en el horno a $60 \pm 1^{\circ}\text{C}$ por 24 horas más.*
- 6. Colocar el espécimen en el desecador, pesar, medir sus dimensiones y examinar visualmente.*
- 7. Registrar todos los cambios producidos.*

Procedimiento II

El ciclo de ensayo es el siguiente:

72 horas a $60\pm 1^{\circ}\text{C}$ en un horno

- 1. Pesar y medir las dimensiones iniciales de la*

muestra.

2. Exponer el espécimen a 60°C por 72 horas.
3. Secar en el desecador, pesar y medir las dimensiones finales. Examinar visualmente la apariencia del espécimen.

Procedimiento III

El ciclo de ensayo es el siguiente:

24 horas a 70°C y 70 a 75% de humedad relativa, seguido de 24 horas a 70°C en un horno.

Semejante al procedimiento I, sólo que el espécimen se sumerge en una solución saturada de Cloruro de Sodio para mantener una humedad relativa de 70 a 75%.

Procedimiento IV

El ciclo de ensayo es el siguiente:

24 horas a 80°C en agua destilada, seguido de 24 horas a 80°C en un horno.

Semejante al procedimiento I, sólo que el espécimen se sumerge en agua destilada para mantener una atmósfera húmeda.

Procedimiento V

El ciclo de ensayo es el siguiente:

24 horas a 80°C y 70 a 75% de humedad relativa, seguido de 24 horas a -4°C o -57°C, luego 24 ho-

ras a 80°C y por último 24 horas a -40°C o -57°C.

Se siguen todos los pasos como en el procedimiento III registrando todos los cambios ocurridos luego de cada acondicionamiento.

Procedimiento VI

El ciclo de ensayo es el siguiente:

24 horas a 38°C y 100% de humedad relativa, seguido de 24 horas a 60°C en un horno.

Igual que en los procedimientos anteriores y la humedad relativa al 100% se consigue sumergiendo el espécimen en agua destilada.

Procedimiento VII

El ciclo de ensayo es el siguiente:

24 horas a 49°C y 100% de humedad relativa, seguido de 24 horas a 49°C en un horno.

Se siguen los pasos del procedimiento I y consiguiendo la humedad relativa al 100% con agua destilada.

Reporte

El reporte debe incluir:

- 1. Descripción del espécimen de prueba, tales como tipo de material, forma, etc.*
- 2. Procedimiento de prueba utilizado.*

3. *Valores promedios en porcentaje de cambios en el peso y dimensiones encontrados en cada paso del ciclo total.*
4. *Descripción cualitativa de cambios producidos en la apariencia del espécimen en cada paso del ciclo total.*

3.3.3 Propiedades Mecánicas

A. *Esfuerzo de Tensión*

ASTM D-638

Alcance

Con este método se determinan las propiedades mecánicas de los plásticos, Para éllo se preparan especímenes de prueba estándares, los cuales pueden acondicionarse a una determinada temperatura y humedad especificados.

Significado

La correlación de los datos obtenidos con este método sirve para propósitos de control y especificaciones de los materiales. También es útil en la investigación y desarrollo de los plásticos.

Aparatos

1. *Equipo de ensayo de tensión, a velocidad constante.*

2. *Micrómetro*
3. *Regla o cinta métrica*
4. *Pulidora*

Especímenes de Prueba

1. *El espécimen de prueba debe tener las dimensiones de la figura 1, el cual se puede preparar en una máquina de corte. Si las superficies de la probeta presenta irregularidades, se deben pulir éstas hasta eliminarlas completamente.*
2. *Para marcar la longitud inicial en la probeta es preferible hacerlo con tinta.*
3. *Se deben ensayar por lo menos cinco probetas de cada muestra, en el caso de materiales isotrópicos, Si el material es anisotrópicos, preparar cinco probetas a lo largo del eje principal de anisotropía y cinco perpendicular a éste.*

Velocidad de la Prueba

Es la velocidad de la separación de las dos grasas de la máquina o equipo de ensayo de tensión sin carga.

Se especifican 4 velocidades, las cuales son:

Velocidad A 0.13 cm. (0.05 pulg) por minuto

Velocidad B 0.51 a 0.64 cm (0.20 a 0.25 Pulg)

Velocidad C..... 5.1 cm (2.0 pulg) por minuto

Velocidad D..... 51. cm (20.0 pulg) por minuto

Procedimiento

1. Se mide el ancho y el espesor de cada probeta si estas tienen forma planar. Medir el diámetro de cilindros macizos. Si los especímenes tienen forma tubular medir su diámetro interior y exterior.
2. Hacer dos marcas en la probeta de una longitud determinada (puede ser una pulgada).
3. Ubicar la probeta en las grapas superior e inferior de la máquina de ensayo, aprisionando firmemente cada extremo de la probeta.
4. Seleccionar una determinada velocidad de prueba y comenzar la prueba.
5. Registrar la carga soportada por la probeta y su respectiva elongación, cada cierto tiempo, hasta rotura del material.

Cálculos

1. Esfuerzo de Tensión

Ejemplo de cálculo para tubos de PVC

$$T = \frac{Q}{A} \begin{matrix} \text{máx} \\ \text{mín} \end{matrix}, \text{ K/cm}^2$$

$Q_{m\acute{a}x}$ = Carga soportada por la probeta hasta rotura del material, 22.00 K.

$A_{m\acute{i}n}$ = Area de la secci3n transversal de la probeta, 14.92 mm².

$$T = 1.47 \text{ K/mm}^2$$

2. Porcentaje de Elongaci3n

Ejemplo de c3lculo para la misma probeta anterior

$$\% E = \frac{L_f - L_i}{L_i} \times 100$$

L_i = Longitud inicial entre las marcas, 2.54 cm

L_f = Longitud final hasta rotura del material, 7.62 cm.

$$\% E = 250$$

Reporte

1. Completa identificaci3n del material ensayado.
2. M3todo de preparaci3n del especimen de prueba.
3. N3mero de especimenes probados.
4. Velocidad de la m3quina de ensayo.
5. Esfuerzo de tensi3n como valor promedio
6. Porcentaje de elongaci3n como valor promedio.
7. Fecha del ensayo realizado.

B. Esfuerzo de Compresi3n en Pl3sticos R3gidos

ASTM D-695

Alcance

Mediante este método se determina las propiedades de compresión de los plásticos rígidos cuando están sujetos a la acción de una carga.

Significado

Muchos de los materiales plásticos se deforman por acción de la carga hasta tomar la forma de un disco y en este caso el material no presenta fractura, luego el esfuerzo de compresión no tiene un valor definido.

Para el caso de los materiales que se fracturan el esfuerzo de compresión tiene un valor determinado.

Aparatos

1. Máquina de ensayo, a diferentes valores de velocidades constantes, con escala de la carga aplicada.
2. Micrómetros, para medir las dimensiones de las probetas.

Especímenes de Prueba

1. Los especímenes de prueba estándares pueden ser de forma de un paralelepípedo, cuya longitud es el doble del ancho, sus dimensiones son 0.50 por 0.50 por 1.00 pulgadas.

2. Si las muestras son cilindros macizos, preparar probetas cuya longitud es el doble de su diámetro.
3. Si se desea ensayar sobre materiales laminados, se pueden colocar suficientes láminas como para formar altura de una pulgada.
4. Si el material presenta anisotropía, preparar probetas para ensayar sobre el eje paralelo y normal al eje de anisotropía.

Velocidad de Prueba

La velocidad estandar de prueba es 0.050 ± 0.010 pulgadas por minuto.

Procedimiento

1. Medir el ancho y el espesor del espécimen en diferentes puntos a lo largo de su longitud.
2. Ubicar el espécimen de prueba entre las superficies que van a comprimir al material.
3. Fijar la velocidad de la prueba y comenzar el ensayo.
4. Registrar la carga máxima soportada por el espécimen (generalmente la carga hasta rotura del material). Asimismo, registrar a diferentes intervalos de tiempo su deformación hasta rotura del material.

Cálculos

1. Esfuerzo de Comprensión

$$C = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{A_{m\acute{i}n}}$$

$Q_{m\acute{a}x}$ = Carga máxima soportada por la probeta
hasta rotura del material

$A_{m\acute{i}n}$ = Area mínima de la sección transversal de
la probeta

Reporte

1. Completa identificación del material ensayado
2. Método de preparación del espécimen de prueba
3. Número de especímenes ensayados
4. Velocidad de la máquina de ensayo
5. Esfuerzo de tensión como un valor promedio
6. Fecha del ensayo realizado

C. Dureza de los Plásticos por medio de un Durómetro

ASTM D-2240

Alcance

Este método cubre dos tipos de materiales poliméricos, los de naturaleza blando y los plásticos rígidos o duros.

Significado

Este método se basa en la penetración de un indented tador en la superficie del material polimérico bajo ciertas condiciones. La dureza del material es

inversamente proporcional a la penetración del indentador y depende del comportamiento viscoelástico del material. La forma del indentador y la fuerza aplicada sobre él influyen en los resultados del ensayo.

Aparatos

1. Durómetro, con un indentador y escala de lectura desde 0 hasta 100.

Especímenes de Prueba

1. Los especímenes de prueba deben tener por lo menos 6 mm. de espesor aunque también se obtienen buenos resultados con muestras de menores espesores.
2. La superficie de la probeta debe ser plana y con un área suficiente de manera que el presionador esté en contacto con el material.

Procedimiento

1. Ubicar la probeta en el asiento horizontal.
2. Aplicar el presionador con el indentador sobre el espécimen manteniendo el presionador paralelo a la superficie del espécimen.
3. Leer en la escala la lectura de la dureza del material inmediatamente luego que el presionador entró en contacto con el material.

4. Realizar cinco medidas de la dureza del material en posiciones diferentes y obtener el promedio aritmético de éste.
5. Si las medidas obtenidas con el Durómetro tipo A tienen valores mayores que 90 se recomienda usar el Durómetro tipo D. Si las medidas obtenidas con el Durómetro tipo D son menores de 20, se recomienda usar el Durómetro tipo A. (Durómetro tipo A generalmente para materiales duros, y el Durómetro tipo D para materiales blandos).

Reporte

1. Completa identificación del material
2. Espesor de cada espécimen y número de probetas ensayadas
3. Tipo y marca de Durómetro
4. Dureza del material como valor promedio
5. Fecha del ensayo realizado

Ejemplo de reporte para cintas de PVC:

A/62/5; significa Durómetro tipo A, dureza del material de 62 con un tiempo de 5 segundos del presionador sobre la muestra.

3.3.4 Propiedades Eléctricas

A. Fuerza Dieléctrica

ASTM D-149

Alcance

Este método es útil para determinar la fuerza dieléctrica de materiales aislantes poliméricos a diferentes frecuencias comerciales.

Significado

Este ensayo se realiza con propósitos de control de calidad y también para determinar cambios producidos en el material debido al deterioro de éste.

Aparatos Eléctricos

- 1. Transformadores, con escalas de lectura de hasta 50Kv.*
- 2. Equipo de protección del transformador, capaz de interrumpir la corriente cuando falla el material.*
- 3. Equipo de control de voltaje*

Especímenes de Prueba

Los especímenes deben ser representativos del material a ensayar y debe haber suficiente material disponible como para realizar cinco ensayos.

Acondicionamiento

La fuerza dieléctrica de muchos materiales aislantes varía ampliamente con la humedad y la temperatura. Por ello se debe acondicionar al material a

condiciones específicas. Por otro lado, es deseable determinar la fuerza dieléctrica del material a las condiciones de servicio.

Procedimiento

1. Aplicar voltaje sobre el material desde cero hasta rotura o deterioro del material. La velocidad de voltaje aplicado puede ser de 100, 500, 1000, 3000 volt/seg o más dependiendo del material.
2. La observación del deterioro del material evidencia la máxima fuerza dieléctrica que puede soportar el material. Cuando no hay evidencias físicas aparentes se vuelve a ensayar el material o se incrementa la razón de voltaje-tiempo.

Reporte

1. Espesor promedio del espécimen
2. Voltaje de ruptura del material, tanto el valor promedio, el valor máximo y mínimo.
3. la fuerza dieléctrica expresada como voltaje por espesor del material, generalmente en voltios por milésima de pulgada.
4. Temperatura ambiente
5. Humedad relativa en porcentaje

Ejemplo de reporte para cables de automóviles
de material termoplástico

0.118/18300/155; que significa espesor de 0.118 pulgadas, voltaje aplicado hasta rotura de 18,300 volt. con una fuerza dieléctrica de 155 volt/milésima de pulgada.

Ensayo realizado a 21°C y a 92% de HR.

B. Resistencia Eléctrica de Materiales Aislantes

ASTM D-257

Alcance

Este método cubre la determinación de la resistencia de aislamiento de materiales poliméricos.

Significado

Ciertos materiales poliméricos son usados para aislar componentes eléctricos y en estos casos es deseable que tengan una resistencia de aislamiento lo más alta posible así como buenas propiedades mecánicas, térmicas y químicas.

Definición

La resistencia de aislamiento entre dos electrodos que están en contacto con el espécimen de prueba es, la razón del voltaje directo aplicado a los electrodos a la corriente total que circula entre ellos.

Sistema de Electrodos

Los electrodos para materiales de aislamiento deben permitir un íntimo contacto con la superficie del espécimen. El material que constituye a los electrodos debe ser resistente a la corrosión bajo las condiciones de ensayo.

Aparatos

1. Generador de potencia
2. Puente Wheatstone
3. Galvanómetro-Voltímetro
4. Voltímetro-Amperímetro

Especímenes de Prueba

Los especímenes de prueba pueden tener la forma de placas planas, varillas o tubos.

Cuando se ubican las probetas en los equipos de medida se debe evitar pasos de conducción eléctrica entre los electrodos o entre los electrodos y tierra.

Procedimiento

1. Ubicar la probeta de ensayo en el equipo de medida tal como el puente Wheatstone.
2. Aplicar la corriente por 60 seg. y con un voltaje directo de 500 ± 5 Volt.

3. Leer en la escala directamente la resistencia de aislamiento.

Reporte

1. Identificación del material ensayado (Nombre, grado, color, fabricante).
2. Forma y dimensión del espécimen de prueba
3. Condiciones del ensayo: Temperatura y humedad relativa
4. Voltaje aplicado
5. Tiempo de duración del ensayo
6. Resistencia del material ensayado en valores: Mínimo, máximo y promedio

C. Resistencia al Arco

ASTM D-495

Alcance

Con este método se determina la resistencia que tienen los materiales poliméricos sólidos cuando se les aplica un voltaje alto y una intensidad de corriente baja.

Esta prueba no es aplicable a materiales que no producen superficie conductoras bajo la acción de un arco eléctrico o que se funden.

Significado

Este ensayo intenta simular las condiciones de ser-

vicio en un circuito de corriente alterna que opere con alto voltaje y con intensidad de corriente limitada a las unidades o decenas de miliamperes.

La resistencia al arco de un material se define por el tiempo total de operación durante la prueba hasta falla del material que se pueden manifestar en cuatro formas diferentes, a saber:

- (1) El material se torna incandescente si hay presencia de materia inorgánica dieléctrica.
- (2) El material se quema formándose flamas por la presencia de materiales orgánicos.
- (3) Cuando se observa un arco formado entre los electrodos.
- (4) Por carbonización de la superficie del material.

Aparatos

1. Equipo de ensayo de resistencia al arco, que consta de: Transformador, autotransformador variable, voltímetro, miliamperímetro, control de resistores, interruptores.
2. Electrodos, que pueden ser: (1) Electrodos de acero inoxidable desnudos, (2) Electrodos de tungsteno.
3. Cronómetro, con exactitud de ± 1 seg.

Especímenes de Prueba

Para propósitos de comparación los especímenes de prueba deben tener un espesor de 0.125 ± 0.010 pulg. y con superficie plana.

Procedimiento

1. Ubicar el espécimen en el equipo de ensayo y sobre la superficie de la probeta colocar el electrodo ya sea de acero inoxidable o de tungsteno.
2. Fijar el voltaje de operación a 12,500 Volt.
3. Se aplicará al intensidad de corriente por un determinado periodo de tiempo, si no falla el material se irá incrementando el tiempo hasta falla del material.

Así tenemos:

Corriente (mA)	10	10	10	10	20	30	40
Tiempo Total (seg)	60	120	180	240	300	360	420

4. Cuando falla el material interrumpir el circuito y registrar el tiempo total del ensayo.
5. Realizar por lo menos cinco ensayos para cada material.

Reporte

1. Identificación del material ensayado
2. Espesor del espécimen
3. Clase de electrodo usado

4. Cuando falla el material interrumpir el circuito y registrar el tiempo total del ensayo.
5. Realizar por lo menos cinco ensayos para cada material.

Reporte

1. Identificación del material ensayado
2. Espesor del espécimen
3. Clase de electrodo usado
4. Tiempo de resistencia al arco mínimo y promedio

3.3.5 Propiedades Ópticas

A. Índice de Refracción

ASTM D-542

Alcance

Este método cubre la medida del índice de refracción de materiales poliméricos transparentes.

Se describen dos procedimientos, (1) Con refractómetro y (2) con microscopio

Significado

Esta propiedad óptica es útil para controlar las impurezas del material y para diseño de autopartes ópticas.

Acondicionamiento

Acondicionar los especímenes de prueba a $23 \pm 2^\circ\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ de humedad relativa por lo menos durante 40 horas antes de comenzar la prueba.

Condiciones de la Prueba

La prueba se realizará a $23 \pm 2^\circ\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ humedad relativa, a menos que se especifique otra cosa.

Procedimiento

1. Método del Refractómetro

Aparato

a. Refractómetro Abbé, con luz blanca y con líquido humedecedor. Se recomiendan los siguientes líquidos según los materiales a ensayar:

Plásticos	Líquido Humedecedor
Resina fenol-formaldehído	α -Bromonaftaleno
Acetato de Celulosa	"
Nitrato de Celulosa	"
Resinas Acrílicas	Solución acuosa saturada de Cloruro de Zinc ligeramente ácida
Resinas Vinílicas	α -Monobromonaftaleno
Resinas Estirénicas	Solución acuosa saturada de Iodo, Potasio y Mercurio (Solución Thoulet o de Sonstadt)

Especimens de Prueba

Se recomienda que las dimensiones de la probeta sean de:

0.25 pulg. por 0.5 pulg.

La superficie que estará en contacto con el prisma debe ser plana y libre de asperezas.

Descripción del Método

- a. Colocar una gota del líquido humedecedor sobre una de las superficies pulidas de la probeta.
- b. Ubicar la probeta en el refractómetro haciendo contacto con el prisma y procurando que la luz incida sobre la probeta.
- c. Determinar el Índice de Refracción del material ensayado.

2. Método del Microscopio

Aparato

Microscopio, con una potencia de por lo menos 200 diámetros.

Especímenes de Prueba

Se recomienda que las dimensiones de la probeta sean de 0.25 pulg. por 0.5 pulg.

Descripción del Método

1. Ubicar la probeta en el microscopio

2. Anotar el desplazamiento recorrido por el lente cuando se enfoca la luz sobre la parte superior de la probeta.
3. Anotar el desplazamiento recorrido por el lente cuando se enfoca la luz sobre la parte inferior de la probeta.
4. La diferencia entre estas dos lecturas es el espesor aparente del espécimen de prueba. El índice de refracción se encuentra al dividir el espesor real entre el espesor aparente de la muestra.

Reporte

1. Nombre del Método usado
2. Índice de refracción de la muestra
3. Temperatura de la prueba

B. Transparencia de los Plásticos

ASTM D-1746

Alcance

Este método describe la medida de la transparencia de los plásticos laminados en términos de transmitancia (T).

Significado

Un material es más transparente cuando transmite sin dificultad la luz.

Los resultados de esta prueba, se ven influenciados por el diseño del instrumento usado, por ejemplo, la resolución es función de la abertura del equipo.

Aparatos

1. Equipo para medir la transmitancia, que consiste en una fuente de luz, sistema de lentes, detector fotoeléctrico, con los siguientes requerimientos:
 - a. Lámpara de arco incandescente.
 - b. Un sistema de abertura de lentes para que provea haces de luz incidentes.

Estándares

Se deben tener dos o más especímenes de transmitancia conocida como patrones para chequear algún cambio en el alineamiento mecánico.

Especímenes de Prueba

1. Todos los especímenes de prueba deben ser incolores y transparentes.

Procedimiento

1. Calibrar el instrumento a la lectura de "cero" sin luz.
2. Con la luz encendida calibrar a 100% de lectura, o leer la intensidad del haz de luz sin es

pecímen (I_o).

3. Ubicar el espécimen el equipo de manera que quede centrado y perpendicular al haz de luz.
4. Registrar el valor máximo de luz transmitida cuando incide el haz de luz sobre la muestra
5. Repetir la misma operación con otros espécime-
nes o en otras posiciones.

Cálculo

1. Transmitancia de la muestra ensayada:

$$T = \frac{100 I_f}{I_o}$$

I_f = Intensidad de la luz que atraviesa el espécimen.

I_o = Intensidad de la luz del haz incidente sin muestra.

Reporte

1. Instrumento usado
2. Valor de la transmitancia promedio
3. Número de especímenes ensayados
4. Fecha del ensayo

3.3.6 Propiedades Térmicas

A. Coeficiente Linear de Expansión Térmica

ASTM D-696

Alcance

La expansión térmica que ocurre en los materiales plásticos se manifiesta en cambios en su longitud debido a cambios en el contenido de humedad, curado (grado de polimerización), pérdida de plasti-ficantes o solventes, etc.

Significado

El procedimiento se lleva a cao en un Dilatómetro cuya ventaja es su simplicidad, el cual no es apli-cable a polímeros muy blandos tales como los elastómeros, pero si es muy útil para materiales ter-moplásticos.

Aparatos

1. Dilatómetro, con una exactitud de +10%
2. Baño de temperatura, para controlar la temperatura de los especímenes de prueba.

Especímenes de Prueba

El espécimen de prueba debe tener una sección transversal circular o cuadrada, cuyo perímetro debe ser ligeramente menor que el diámetro del tubo del dilatómetro y de una longitud de 2 a 4 pulgadas.

Procedimiento

1. Se mide la longitud de la probeta a la tempera

2. Ubicar la probeta en el dilatómetro.
3. Mantener la temperatura del baño a -30 ± 0.2 C y acondicionar la probeta a esta temperatura.
4. Registrar la lectura en el dial del dilatómetro de la expansión del espécimen.
5. Repetir el ensayo pero la temperatura del baño se mantendrá a $+30 \pm 0.2$ C.

Cálculo

El coeficiente lineal de expansión térmica se define así:

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L \times \Delta T}$$

Donde:

- α - Coeficiente lineal de expansión térmica por $^{\circ}$ C
- ΔL Cambio de longitud del espécimen de prueba debido al enfriamiento o al calentamiento.
- L - Longitud inicial de la probeta a la temperatura del laboratorio
- ΔT = Diferencia de temperaturas sobre el cual se produce el cambio en longitud.

Reporte

1. Identificación del producto
2. Forma y dimensiones del espécimen de prueba
3. Identificación del aparato usado

4. *Temperatura entre las cuales se determinó el coeficiente lineal de expansión térmica.*
5. *Valor promedio del coeficiente lineal de expansión térmica.*

B. Temperatura de Deflección de Plásticos bajo carga

ASTM D-648

Alcance

Este método cubre la determinación de la temperatura a la cual el espécimen se deforma una cierta cantidad arbitraria por acción de la temperatura, carga y por las características intrínsecas del material.

Este método es aplicable a materiales moldeados o laminados cuyo espesor es igual o mayor que 1/8 de pulgada.

Aparatos

1. *Equipo similar al mostrado en la figura 1, que consiste en soporte de especímenes (distanciados 4 pulgs.), aplicación de la carga vertical y en el centro de la muestra.*
2. *Baño de inmersión, con un líquido apropiado como medio de transferencia de calor y con agitador.*
3. *Cargas, un juego de pesas de manera que el espécimen pueda soportar un esfuerzo de $264 + 6.6$*

psi y de 66 ± 1.65 psi.

4. Termómetros, cuyos rangos deben oscilar entre:
-20 y +150°C; -5 y +300°C.

Especímenes de Prueba

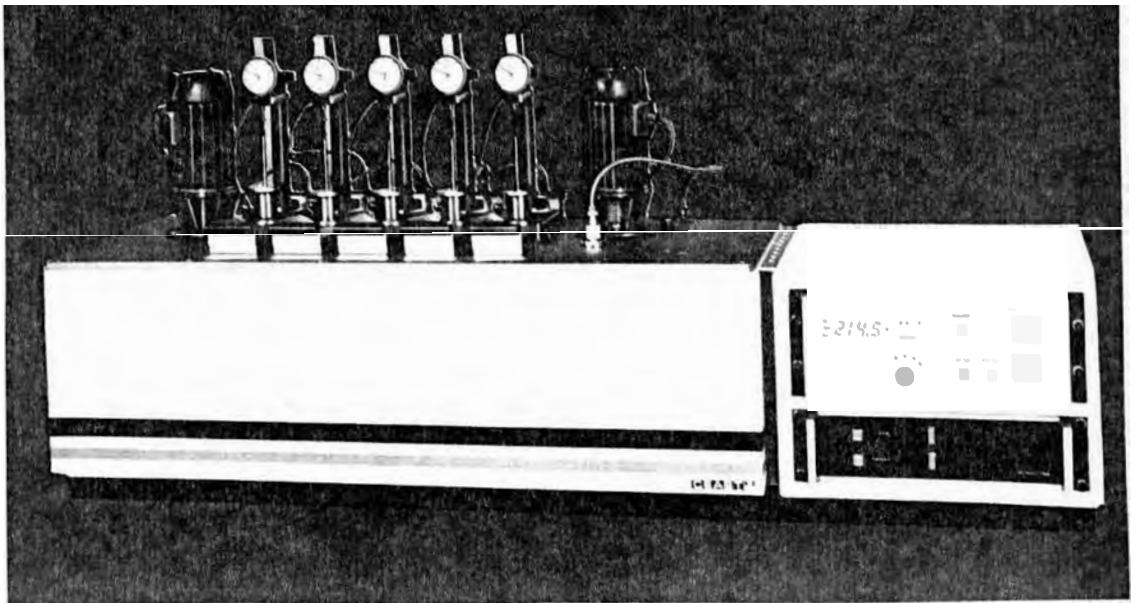
Se deben ensayar por lo menos dos especímenes cuyas dimensiones deben ser: 5 por 0.5 pulgadas y con un espesor entre 1/8 y 1/2 pulgada.

Procedimiento

1. Ubicar el espécimen de prueba en el equipo de ensayo.
2. La temperatura del bajo inicialmente debe ser de 23°C.
3. Ajustar la carga de manera que el material soporte un esfuerzo de 264 psi.
4. Dejar que la carga actúe por cinco minutos y tomar la lectura de la escala como "cero".
5. Comenzar el calentamiento
6. Reportar la temperatura a la cual la barra ha deflecionado 0.010 pulgada (0.25 cm) como la temperatura de deflección a 264 psi de esfuerzo a la fibra.
7. Repetir el mismo procedimiento excepto que la carga se debe ajustar de manera que la muestra soporte un esfuerzo de 66 psi.

Reporte

1. Dimensiones del material previamente identificado.
2. Temperatura de deflexión y su respectivo esfuerzo a la fibra.
3. Cualquier característica peculiar observada durante el ensayo realizado.



C. Velocidad de Flujo de Termoplásticos por medio de un Plastómetro de Extrusión

ASTM D-1238

Alcance

Este método cubre la medida de la velocidad de ex

trusión de polímeros a través de una longitud y diámetro especificados, bajo condiciones prescritas de presión y temperatura.

Significado

Este método es muy útil para pruebas de control de calidad de termoplásticos que tengan bajas velocidades de fusión. La velocidad de flujo obtenida con el plastómetro de extrusión no es una propiedad fundamental del polímero. Empíricamente se define como un parámetro críticamente influienciado por las propiedades físicas y estructura molecular del polímero y las condiciones de medida.

Aparatos

1. Plastómetro, con pistón de peso muerto, con un orificio en el extremo inferior, calentador eléctrico, termoregulador.
2. Termómetros, con un rango de 40C graduados en divisiones de 0.20C.
3. Accesorios como juego de pesas, herramientas para cargar la muestra al cilindro, limpieza del equipo.
4. Cronómetro
5. Balanza analítica

Especímenes de Prueba

La muestra debe estar en cualquiera de estas formas: Polvo, gránulos, tiras de películas, etc.

Procedimiento

1. Seleccionar las condiciones de temperatura y carga de la Tabla 1.

Tabla 1: Condiciones Estándares de Prueba

Condición	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Temperatura	125	125	150	190	190	190	200	230	230
Carga y pistón	325	2160	2160	325	2160	21600	5000	1200	3800

Condición	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
Temperatura $^{\circ}\text{C}$	265	275	230	190	190	300	190	235	235
Carga y pistón	12500	325	2160	1050	10000	1200	5000	1000	2160

2. Las siguientes condiciones han sido halladas satisfactorias para los materiales anotados:

	<u>Condición</u>
Acetales	E, M
Acrílicos	H, I
ABS	G
Esteres de celulosa	D, E, F
Nylon	K, Q, R, S
PCTFE	J
PE	A, B, D, E, F, N
PC	D
PP	L
PS	G, H, I, P
Vinil acetal	C

3. Cargar el cilindro con 3.5 a 4 grs. de la muestra, colocar el pistón y carga y arrancar el contador (cronómetro).
4. Luego de 6 minutos cortar y descartar la porción extruída.
5. Al cabo de 10 minutos más cortar nuevamente la parte extruída, guardar esta porción.
6. Descargar el residuo del material ensayado y limpiar el equipo.
7. Pesar el extruído lo más próximo a un mg. cuando éste está frío.

Reporte

1. Identificación del material
2. Condiciones estándares del ensayo
3. La velocidad de flujo del material como: Peso en gramos del material extruído por 10 minutos de prueba.

Ejemplo de reporte para muestras de PE:

1. LDPE, Lotreno (Fabricante)
2. Condición E
3. Velocidad de flujo - 0.380 g/10 mn.

D. Flamabilidad de Plásticos cuyos espesores sean mayores de 0.050 pulgadas.

ASTM D-635

Alcance

Este método se aplica a plásticos cuando están en la forma de láminas o tiras.

Significado

Este método sirve para comparar la flamabilidad de los plásticos en forma de láminas o como medida indirecta del deterioro del material por envejecimiento de éste.

La flamabilidad o velocidad de combustión del ma-

terial variará con el espesor del material.

Aparatos

- 1. Campana extractora, con el fin de eliminar residuos de la combustión*
- 2. Mechero Bunsen*
- 3. Soporte universal*
- 4. Cronómetro*

Especímenes de Prueba

Por lo menos se ensayarán 10 especímenes de prueba. Las dimensiones de éstos deben ser: 5 pulgadas de longitud por 0.5 pulgadas de ancho, por el espesor del material.

Cada probeta debe ser marcada con tinta a una pulgada de cada extremo.

Procedimiento

- 1. Colocar la probeta en el soporte en posición horizontal.*
- 2. Prender el mechero de manera que la llama azul toque el extremo libre de la probeta.*
- 3. Al cabo de 30 segundos retirar la flama y si la muestra no continúa quemándose, volver a repetir el proceso para una segunda ignición también por 30 segundos. Si el material no combustiona en el segundo intento el material no se quema por este método.*

4. Si el material continúa quemándose luego del primer o segundo intento, comenzar el conteo del tiempo cuando la flama pasa por la primera marca (a 1 pulgada del extremo libre) y registrar el tiempo empleado cuando la flama alcanza la segunda marca (Tiempo registrado en segundos).

Estos especímenes que se queman durante el ensayo se denominan inflamables. Si no se quema hasta la segunda marca se denominan autoextinguibles y se registra la extensión de quemado.

Cálculos

Determinar la velocidad de combustión dividiendo la longitud de la muestra quemada entre el tiempo empleado, así:

$$V_c = 180 \text{ pulg/min}$$

Reporte

1. Identificación del material
2. Espesor del material
3. Extensión de quemado para los autoextinguibles, velocidad de combustión para los materiales que sí combustionan y reportar como materiales que

no se queman aquellos que no se inflaman.

4. Número de especímenes ensayados.

Ejemplo de reporte para un material termoplástico usado en los cables de automóviles:

Termoplásticos GP (usos generales), autoextinguibles cuya extensión de quemado es 0.46 pulgadas.

3.3.7 Propiedades Químicas

A. Resistencia de los Plásticos a los Agentes Químicos

ASTM D-543

Alcance

Este método de ensayo se utiliza para probar la resistencia química que tienen los materiales plásticos como: Productos moldeados, laminados, resinas, etc.

Significado

La especificación de las condiciones de prueba es base para estandarización del ensayo.

Aparatos

1. Balanza
2. Micrómetro
3. Hornos o baño constante de temperatura

Reactivos Estándares

Se recomienda el uso de reactivos puros y soluciones frescas.

Especímenes de Prueba

Va a depender de la prueba posterior a este ensayo. Por ejemplo si se desea probar su propiedad mecánica deberá tener la forma de las probetas estandarizadas para el ensayo de tracción.

Se deben preparar por lo menos tres probetas.

Procedimiento

- 1. Pesar y medir las dimensiones de la probeta de ensayo.*
- 2. Colocar los especímenes en un recipiente adecuado con el reactivo elegido para el ensayo, totalmente inmerso en la solución, por 7 días.*
- 3. Remover la solución cada 24 horas.*
- 4. Al cabo de los siete días, sacar los especímenes de la solución e inmediatamente pesar y volver a tomar sus dimensiones.*
- 5. Anotar cualquier característica que pudiera aparecer luego del ensayo.*

Reporte

- 1. Completa identificación del material ensayado.*
- 2. Temperatura de la prueba.*

3. *Reactivos químicos usados, concentración.*

4. *Tiempo de inmersión.*

5. *Peso y dimensiones antes del ensayo.*

6. *Porcentaje del incremento o decremento del peso y de sus dimensiones luego del ensayo.*

Ejemplo para el Poliestireno de alto impacto tipo cristal.

Resistencia del PS a la bencina: Es soluble, luego de media hora empieza a disolverse el PS en la bencina.

APENDICE 4

COMERCIALIZACION DE MATERIALES PLASTICOS DEL MERCADO ANDINO

1. LDPE

Importadores Potenciales

- Bakelita y Anexos S.A.
- Carlos Roch Trattss
- Comercial Industrial Tico Plast S.A.
- El Condor S.A.
- Indeco Peruana S.A.
- Perú Plast S.A.
- Policel del Perú S.A.
- Técnica Comercial Peruana S.A.
- Termoplast S.A.

2. PS

Importadores Potenciales

- Autoglass Peruana S.A.
- Compañía Peruana se Envases S.A.
- Compañía Peruana de Pinturas S.A.
- Duotex S.A.

3. PU

Importadores Potenciales

- Espumas Plasticas S.A.
- Fábrica de Calzado El Diamante S.A.
- Productos Paraíso del Perú S.A.
- Química Aplicada S.A.
- Tecnoquímica S.A.

Cont... APENDICE 4

4. Tubos y Accesorios de PVC

Importadores Potenciales

- Bayer Industrial S.A.
- Brown Boveri Industrial Cánepa Tabini S.A.
- Comercial e Industrial Branfisa S.A.
- Industrial Alfa
- Industrias Pacocha S.A.
- Leche Gloria S.A.
- Luis Guillermo Ostolaza
- Phillips Peruana S.A.
- Sociedad Paramonga Ltda. S.A.
- Southern Perú Copper Corporation

5. Compuesto de PVC

Empresas Productoras y/o Exportadoras de PVC

- Fábrica de Calzado Peruano S.A.
- Plásticos El Pacifico
- ▼ *Productos Plásticos Industriales*
- Sociedad Paramonga Ltda. S.A.

Importadores Potenciales

- Autoglass Peruana S.A.
- Bakelita y Anexos S.A.
- Cromox Peruana S.A.
- Industrias Plásticas Rocío

6. Resinas Acrílicas y Polimatacr licas

Empresas Productoras y/o Exportadoras

Cont... APENDICE 4

- *Amtex S.A.*
- *Hoechst Peruana S.A*
- *Industrias Vencedor S.A.*
- *K.J. Quinn del Perú S.A.*
- *Química Universal S.A.*
- *Resinas y Latex S.A.*
- *Tecnoquímica S.A.*

Importadores Potenciales

- *Autoglass Peruana S.A.*
- *Bakelita y Anexos S.A.*
- *Cromox Peruana S.A.*
- *Industrias Plásticas Rocío*

7. *Derivados Acrílicos y Polimetacrílicos*

Empresas Productoras y/o Exportadoras

- *Amtex S.A.*
- *Hoechst Peruana S.A.*
- *Industrias Vencedor S.A.*
- *K.J. Quinn del Perú S.A.*
- *Química Universal S.A.*
- *Resinas y Latex S.A.*
- *Tecnoquímica S.A.*

Importadores Potenciales

- *Aurora Fábrica de Productos Químicos Industriales S.A.*
- *Interquímica S.A.*
- *Intipharm S.A.*
- *Plásticos El Pacífico S.A.*

Cont.... APENDICE 4

- *Plásticos Fort. S.A.*
- *Sherwin Williams Peruana*
- *Sociedad Paramonga Ltda. S.A.*
- *Tecnoquímica S.A.*

*Referencia: Red Andina de Información Comercial, Junta del Acuerdo de
Cartajena (Grupo Andino), Sept., Octb., Dic. de 1981 y Junio de 1982*

APENDICE 5

RELACION DE COMPAÑIAS PRODUCTORAS DE EQUIPOS PARA ANALISIS Y EN-
SAYOS DE LOS MATERI ALES PLASTICOS

Muchas compañías productoras de equipos para análisis y ensayos di-
versifican su producción al poner en el mercado diferentes equipos
para ensayar sus propiedades físicas y químicas:

- 1 *Propiedades Físicas*
- 2 *Propiedades de Permanencia*
- 3 *Propiedades Mecánicas*
- 4 *Propiedades Eléctricas*
- 5 *Propiedades Ópticas y de Color*
- 6 *Propiedades Térmicas*
- 7 *Propiedades Químicas*

La relación de compañías y sus direcciones que se da a continuación:
producen los equipos para ensayar las propiedades anteriormente
mencionadas, las cuales están referidas dentro del paréntesis.

- ANACON INC. (1,5,6,7)

140 Main ST., Ashland, Mass., 01721 , USA.

- AXELVOD NORMAN N. ASSOCIATES (1,2,3,5)

445 E. 86th St., New York. NY, 10028, USA.

- BECKMAN INSTRUMENT, INC. (1,2,3,4,5,6,7)

2500 Harbor Blvd., Fullerton, Calif. 92634. USA.

- Brookfield ENGINEERING LABORATORIES, INC (1)

240 Cushing St., Stoughton, Mass. 02072, USA

- BRABENDER OHG. DUISBURG (1,2,6,7)
D-4100 Duisburg 1. Kulturstrabe 51-55. Alemania.
- CEAST: COMPAGNIA EUROPEA APPARECCHI SCIENTIFIC TORINO (2,3,4,5,6)
CEAST S.p.A. Via Asinari Di Bermezzo 70, Torino 10146, Italia.
- CUSTOM SCIENTIFIC INSTRUMENTS INC. (1,2,3,4,6,7)
13 Wing Dr., Whippany, new Jersey N.J. 07981, USA.
- DU PONT DE NEMOURS, E.I. & CO., (1,2,3,4,5,6,7)
1007 Market St., Wilmington, Del. 19898, USA.
- FISHER SCIENTIFIC CO. (1,2,4,5,6,7)
711 Forbes Ave., Pittsburgh, Pa. 15219, USA.
- FOXBORO COMPANY (4,7)
140 Water Street, Box 5449, South Norwalk, CT 06856, USA.
- GARDNER LABORATORY INC. (1;2;3;5)
5521 Landey Lane, Bethesda, Md. 20014, USA.
- GCA PRECISION SCIENTIFIC (1,2,3,6,7)
3737 W. Cortland St., Chicagc , Illinois 60647, USA.
- HUNTING HIVOLT LIMITED (4)
Avenfield House, 118-127 Park Lane, London W1Y 4HN, Inghaterra.
- KAYENESS INC. (1,3)
RD3, Box 30, Honeybrook, Pa. 19344, USA.
- MORGAN H. M. CO. (1,2,3,6)
31 Clark St., Norwood, Mass. 02062, USA.

- *PERKIN ELMER CORP. (1,2,3,5,6,7)*
Main Ave. Norwalk, Connecticut 06856, USA.
- *SARTORIOUS GMBH (6)*
3400 Gottingen, Weender Landstrabe 94/ 108, Alemania
- *TESTING MACHINES INC. (1,2,3,4,5,6,7)*
400 Bayview Ave., Aneityville, N.Y. 11701, USA.
- *TINIUS OLSEN TESTING MACHINES (3,6)*
Easton Road, Willow Grove, Pa. 19090, USA.
- *WATERS ASSOCIATES (7)*
Maple Street, Milford, Mass. 01757, USA.

Relación de las Casas Representantes de Ventas en el Perú, de los Equipos seleccionados en la sección 4.3:

1. *ARSA REPRESENTACIONES SA.*
340 Av. E. Canaval Moreyra, San Isidro, Lima. (Telf.: 402105)
2. *BALCAV INTERAMERICANA SA.*
675 - Of. 202 Av. La Paz, Miraflores, Lima. (Telf.: 459223)
3. *KESSEL SA. H. W.*
312 Av. E. Canaval Moreyra, San Isidro, Lima. (Telf.: 413485)
4. *PERKIN ELMER*
182 Av. José Pardo, Miraflores, Lima. (Telf.: 455817)

BIBLIOGRAFIA

- (1) *Annual Book of ASTM Standards, Part 26: Plastics Specifications*. 1973. ASTM.
- (2) *Annual Book of ASTM Standards, Part 27: Plastics General Methods of Testing*. 1973. ASTM
- (3) *Plastics Engineering Handbook of the Society of the Plastics Industry, Inc. 3rd Edition (SPI)*. Reinhold Publishing Corporation. 1972.
- (4) Billmeyer, J. R., Fred. *"Ciencia de los Plásticos"*. Editorial Reverté. 1975.
- (5) Brown, William E., ed. *"Testing of Polimers"*. Vol. 4. Pub. by Wiley-Interscience. 1979
- (6) Dan Grizegorczik, George. *"Handbook of Plastics in Electronics"*. 1979.
- (7) Haslam, J. et al. *"Identification & Analysis of Plastics"*. 2nd ed. Crané Russak Co. 1972.
- (8) Lever, A. E. & Rhys, J. H. *"Properties & Testing of Plastics Materials"*. 3rd ed. 1968.
- (9) Morrison Boyd. *"Química Orgánica"*. Fondo Educativo Interamericano, SA. 1976.
- (10) Prados, Joel. *"Plastics Engineering Handbook of the SPI"*. 4th ed. 1979.

- (11) *Souto Lyra, Mario. " Manual de Controle de Qualidade na Industria Plástica " . Direitos Reservados. 1982.*
- (12) *Tager, A. " Physical Chemistry of Polymers " . Mir Publishers, Moscow. 1974.*
- (13) *Canadian Plastics. A Southam Business Publication . Feb., June 1981 and March 1982.*
- (14) *Modern Plastics International. A McGraw-Hill Publication. March 1976; Feb., July, Dec. 1977; Aug., Sept., Nov. 1979; Jan., June, Oct. 1980.*
- (15) *La Industria Química en el Grupo Andino. Catálogo de la Sociedad de Industrias. 1981.*
- (16) *Plásticos Universales (revista Kunststoffe en español) Nov., Dic. 1981.*
- (17) *Datos Estadísticos de la Comercialización de Materiales Poliméricos y Productos Manufacturados de los años 1979, 1980 y 1981 de la Oficina de Estadística del Ministerio de Comercio.*
- (18) *Dr. Singh, B. N. " Basic Quality Control Concepts ". 1er Curso Internacional sobre Normalização e Qualidade Industrial. 1982.*